UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

MICHELLY DE CARVALHO FERREIRA

# OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA CELULAR NAS PROVAS DO ENEM: REFLEXÕES COM BASE NA MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

CAMPINA GRANDE-PB
2018

**MICHELLY DE CARVALHO FERREIRA**

# OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA CELULAR NAS PROVAS DO ENEM: REFLEXÕES COM BASE NA MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

**Área de concentração:** Metodologia, Didática e Formação do Professor no Ensino de Ciências.

**Orientadora:** Profª. Drª. Márcia Adelino da Silva Dias.

**CAMPINA GRANDE-PB**
**2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F383c Ferreira, Michelly de Carvalho.
Os conteúdos de Biologia celular nas provas do ENEM [manuscrito] : Reflexões com base na matriz de referência de Ciências da natureza / Michelly de Carvalho Ferreira. - 2018.
108 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Márcia Adelino da Silva Dias , Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."
1. Biologia celular. 2. Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM. 3. Ensino-aprendizagem. 4. Ciências da natureza. I. Título
21. ed. CDD 571.6

Elaborada por Giulianne M. Pereira - CRB - 15/714 BC/UEPB

MICHELLY DE CARVALHO FERREIRA

# OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA CELULAR NAS PROVAS DO ENEM:REFLEXÕES COM BASE NA MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

**Orientadora:** Profª. Drª. Márcia Adelino da Silva Dias.

Aprovada em 17 / 12 / 2018

**BANCA EXAMINADORA**

Profa. Drª. Márcia Adelino da Silva Dias - UEPB
(Orientadora)

Prof. Dr. Paulo César Geglio - UFPB
(Examinador interno)

Thiago Emmanuel Araujo Severo - UFRN
(Examinador Externo)

*A Deus, minha força e direção em todos os momentos; aos meus pais, por toda a motivação e o incentivo;*
*ao meu esposo Jean, pela compreensão e pelo apoio durante essa caminhada.*

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, minha fonte de inspiração, sabedoria, discernimento, meu tudo!

A alguns colegas de trabalho e alunos que torceram por mim.

Aos funcionários de apoio e à ex-secretária, Lara de Figueiredo, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, sempre agradáveis e dispostos a atender aos nossos pedidos e reivindicações;

Aos professores do Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEPB, Campus I, pelas disciplinas ministradas e as trocas de experiências compartilhadas;

Ao Governo do estado da Paraíba, que firmou parceria com a Universidade Estadual da Paraíba e nos ofereceu a seleção para ingressar neste Curso de Mestrado, um meio formativo para ascender na profissão do Magistério na esfera estadual.

À Professora Dra. Márcia Adelino, pela postura crítica, madura e experiente, ajudando-me a refletir tanto no percurso da orientação quanto nas aulas que ministrou;

Aos meus *companheiros* de turma, de modo especial, a Danielly Almeida, Anna Karolina, Amanda Ricelli e Élcio Batista, com quem compartilhei alegrias, angústias e dificuldades no decorrer do caminho;

A minha "Grande Família"; irmãos, cunhadas e sobrinhos, que sempre torcem por minhas conquistas;

Aos meus pais, Lourdes e Roberto, que sempre apostaram em mim e me aplaudem no *palco da vida*;

Ao meu esposo Jean, companheiro, cúmplice e amigo.

Minha gratidão!

*A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo o que a elas propõe.*

(Jean Piaget)

## RESUMO

As pesquisas sobre as dificuldades de aprender os conteúdos de Biologia Celular têm interessado aos pesquisadores, pelo fato de essa área ser considerada pelos alunos como difícil de entender e/ou abstrata. O objetivo desta pesquisa consistiu em investigar como os conteúdos de Biologia Celular são abordados nas provas do ENEM, conforme as exigências da matriz de referência da área de Ciências da Natureza. Assim, a pesquisa em questão apresenta uma análise documental, em que se verificou, nas provas da área de Ciências da Natureza, no período de 2010 a 2016, quais foram os conteúdos de Biologia Celular delimitados em temas/subtemas explorados, assim como a estrutura dessas questões. O percurso metodológico foi realizado sob a abordagem qualitativa descritiva, e os instrumentos utilizados para coletar os dados foram as provas do ENEM e os relatórios pedagógicos fornecidos pelo site do INEP. Como fruto desta pesquisa, foi desenvolvido um produto final no modelo de Cartilha Didática, que traz orientações segundo a matriz de referência da área de Ciências da Natureza, destinado aos professores de Ciências. Foram construídas tabelas e categorias de análise, a fim de auxiliar as interpretações do estudo. Esta dissertação foi organizada em cinco capítulos: a introdução e os capítulos: 1º- A Biologia Celular no Ensino Médio; 2º- O Exame Nacional do Ensino Médio; 3º - O percurso metodológico da pesquisa; 4º- Resultados e discussões; e 5º- Considerações finais. O estudo mostrou, com base nas provas analisadas, que o conteúdo de Biologia Celular é bastante explorado no ENEM. Quanto às questões, algumas trazem os aspectos da contextualização e da interdisciplinaridade, e outras são mais específicas da área de Biologia. Ao separar outra categoria como subtema, percebi que a área de Biotecnologia também é bastante discutida, relacionada a temas atuais. Os conceitos científicos estão devidamente empregados e em consonância com a matriz de referência, porquanto expressam um caráter explicativo e discursivo sobre a temática abordada. Sobre as pesquisas afins ao tema Biologia Celular, o estudo indicou que é preciso, com urgência, sistematizar os conteúdos, promover formação continuada para professores, atualizar os materiais didáticos, além de inovar o trabalho pedagógico, aplicando estratégias didáticas, a fim de facilitar a compreensão dos conceitos. Assim, espero que os professores repensem suas práticas e busquem alternativas que os auxiliem a melhorar o processo do ensino-aprendizagem.



**Palavras-chave:** Biologia Celular. ENEM. Ensino-aprendizagem.

## ABSTRACT

The researches on the learning difficulties of the contents of Cellular Biology have been interested to researchers, because the students as difficult to understand and / or abstract consider this area. The objective of this research was to investigate how the contents of Cellular Biology are approached in the ENEM tests, according to the requirements of the reference matrix of the area of Natural Sciences. Thus, the research in question presents a documentary analysis, where it was found, in the tests of the area of Natural Sciences in the period from 2010 to 2016, what were the contents of Cellular Biology delimited in themes/ sub-themes explored, as well as the structure of these questions. The methodological course was performed under a qualitative descriptive approach, the instruments used for data collection were the ENEM evidence and the pedagogical reports, provided by the INEP website. As a result of this research, was developed the final product, in the Didactic Primer model, which brings guidelines according to the reference matrix of the area of Natural Sciences, and is intended for Science teachers. Tables and categories of analysis were constructed, in order to aid the interpretations of this study. This dissertation was organized in five chapters: the introduction and chapters: 1st Cell Biology in High School; 2º The National Examination of High School; 3º The Methodological Research Route; 4º Results and Discussion and 5º Final Considerations. The study showed, based on the evidence analyzed, that the contents of Cellular Biology are extensively explored in the ENEM. As regards questions, only some of them bring the aspects of contextualization and interdisciplinarity, and others are more specific in the field of Biology. By separating another category as a sub-theme, I realized that the area of Biotechnology is also quite discussed, related to current issues. The scientific concepts are properly employed and in line with the reference matrix, because they express an explanatory and discursive character on the subject addressed. Regarding research related to the topic of Cell Biology, the study indicated that it is necessary, urgently, to systematize content, promote continuing education for teachers, updating the didactic materials, besides innovating the pedagogical work, applying didactic strategies, in order to facilitate the understanding of the concepts. Thus, I hope teachers will rethink their practices and seek alternatives that will help them improve the teaching-learning process.



**Keywords:** Cellular Biology. ENEM. Teaching-Learning.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1 –** Eixos cognitivos comuns a todas as áreas do conhecimento..... **31**

**Tabela 2 –** Competências e habilidades da matriz de referência de Ciências da Natureza relacionadas ao conteúdo de Biologia Celular..... **32**

**Tabela 3 –** Temas e subtemas explorados nas questões de provas de múltipla escolha no ENEM entre 2010 e 2016..... **43**

**Tabela 4 –** A contextualização e a interdisciplinaridade nas questões da área de Ciências da Natureza de 2010 a 2016 das provas do ENEM..... **46**

**Tabela 5 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2010 - 1ª aplicação)..... **50**

**Tabela 6 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2010 - 2ª aplicação)..... **52**

**Tabela 7 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2011).... **54**

**Tabela 8 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2012).... **55**

**Tabela 9 –** Questões da área de Ciências da Naturezado ENEM (2013)... **57**

**Tabela 10 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2014).. **58**

**Tabela 11 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2015).. **60**

**Tabela 12-** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2016)... **62**

**Tabela 13 –** Questões de Biotecnologia do período de 2010 a 2016 nas provas do ENEM da área de Ciências da Natureza..... **64**

## LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

| | |
|---|---|
| ANEB | Avaliação Nacional de Educação Básica |
| BNCC | Base Nacional Comum Curricular |
| DCNEM | Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica |
| EJA | Educação de Jovens e Adultos |
| ENEM | Exame Nacional do Ensino Médio |
| IDEB | Índice de Desenvolvimento da Educação Básica |
| IES | Instituições de Ensino Superior |
| INEP | Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases da Educação |
| OCDE | Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PCN+ | Parâmetros Complementares Nacionais |
| PISA | Programa Internacional de Avaliação de Estudantes |
| PNAD | Plano Nacional de Avaliação e Desenvolvimento |
| PROUNI | Programa Universidade para Todos |
| OCNEM | Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio |
| SAEB | Sistema de Avaliação da Educação Básica |
| SEE/PB | Secretaria Estadual da Educação da Paraíba |
| SISU | Sistema de Seleção Unificada |
| TCT | Teoria Clássica dos Testes Teoria da Resposta ao Item |
| TRI | Teoria da Resposta ao Item |
| UEPB | Universidade Estadual da Paraíba |

**SUMÁRIO**

**INTRODUÇÃO**..... **11**

**CAPÍTULO 1 A BIOLOGIA CELULAR NO ENSINO MÉDIO**..... **17**

1.1 A BIOLOGIA CELULAR SEGUNDO OS DOCUMENTOS OFICIAIS..... **18**

1.2 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR..... **23**

1.3 PESQUISAS SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR..... **25**

**CAPÍTULO 2 EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO – ENEM**..... **28**

2.1 DISCUSSÕES SOBRE AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA..... **34**

**CAPÍTULO 3 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA**..... **39**

3.1 FONTES DE COLETA DOS DADOS..... **39**

3.2 CATEGORIAS DE ANÁLISE..... **41**

3.3 PRODUTO EDUCACIONAL: TAREFAS DIDÁTICAS COM O USO DAS COMPETÊNCIAS E DAS HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA PROPOSTAS EM CONSONÂNCIA COM O ENEM..... **42**

**CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**..... **43**

4.1 OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA CELULAR (TEMAS E SUBTEMAS) EXPLORADOS NAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DO ENEM..... **43**

4.2 ANÁLISES DAS QUESTÕES SOBRE A CONTEXTUALIZAÇÃO E A INTERDISCIPLINARIDADE..... **45**

4.3 ANÁLISES DAS QUESTÕES DE BIOLOGIA CELULAR SEGUNDO A MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA..... **49**

4.4 ANÁLISES DAS QUESTÕES SOBRE A ÁREA DE BIOTECNOLOGIA..... **63**

**CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**..... **66**

**REFERÊNCIAS**..... **69**

**APÊNDICE A** - PRODUTO EDUCACIONAL - CARTILHA DIDÁTICA..... **77**

**APÊNDICE B -** PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO ENEM - PERÍODO 2010 a 2016..... **93**

## INTRODUÇÃO

A Biologia Celular é uma área da Biologia que envolve as atividades vitais do meio interno da célula, cujo estudo, conhecimento e evolução passaram a ser possíveis com a criação e o desenvolvimento da microscopia, um instrumento que possibilitou a observação e a compreensão das estruturas e de suas respectivas funções, porquanto explica a dinâmica da vida representada pelas diferentes espécies de seres vivos. Exemplos disso são a variedade de plantas e de animais, de grande ou de pequeno porte, assim como os microrganismos que só foram conhecidos e estudados depois de visualizados por meio de lentes de aumento, nesse caso, com o auxílio dos microscópios, e hoje são compreendidos por bactérias, fungos e vírus, que estão presentes em todos os lugares, alguns, parasitas, e outros, benéficos ao homem, inclusive utilizados na fabricação de queijos, iogurtes, medicamentos, dentre outros.

A Biologia Celular explora as atividades que ocorrem no interior de uma célula e aborda diversos aspectos microscópicos e submicroscópicos da vida, como moléculas e macromoléculas, ligações químicas e energia, organelas e ambientes químicos. É difícil compreender esses conceitos, sobretudo os estudantes que estão vivendo uma fase importante de transição escolar e pessoal em plena era da informação. Os conceitos abstratos decorrentes dos aspectos microscópicos parecem estar entre as principais dificuldades desse processo de ensino e aprendizagem (CARLAN, 2014).

Vê-se que cada organismo tem características próprias. Exemplo disso é que esses conhecimentos são parte fundamental ou princípio elementar que explica a gênese da vida e sua biodiversidade. Tal fato justifica que todos os seres vivos são dotados de células e resultados dos arranjos e das combinações com a junção de estruturas celulares diferentes, como, por exemplo, os gametas masculino e feminino, nos seres sexuados, que formam um novo ser e, consequentemente, perpetuam a transmissão dos caracteres hereditários.

Sobre o contexto onde me insiro como professora de Biologia, faço um recorte de minha prática docente desde quando ingressei na rede estadual da Paraíba, no ano de 2012, até os dias atuais, atuando em uma escola do município de Belém-PB, que ofertava o Ensino Fundamental II, o Ensino Médio e a Educação de Jovens e Adultos - EJA. Nesse momento, a instituição entrou em transição e está

passando por uma nova fase para se adequar ao modelo de Cidadã Integral. Assim, só funcionará com as turmas dos anos finais do Ensino Fundamental II (8ºs e 9ºs anos) e o Ensino Médio.

Estar nessa escola como professora, especificamente do ensino médio, possibilitou-me conhecer e vivenciar experiências grandiosas, que me motivaram a repensar minha prática e refletir sobre o processo do ensino-aprendizagem. Porém, embora já tivesse um título de especialista quando nela ingressei em 2013, abracei uma nova oportunidade e consegui fazer outro Curso de Especialização sobre práticas pedagógicas, embasado nos fundamentos da Educação, cujos conhecimentos e reflexões me fizeram desbravar algumas produções científicas e, em minhas inquietudes de educadora, conduziram-me a chegar até aqui. Assim, por intermédio de um convênio firmado entre a Secretaria Estadual da Educação da Paraíba (SEE/PB) e a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) com o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, foi ofertada uma seleção especial apenas para docentes da rede estadual, pela qual me interessei. Assim, inscrevi-me e fui aprovada nas etapas da seleção, pois reconhecia a importância dessa formação de Mestrado para minha vida profissional e para a disciplina que ministro como professora.

Então, por meio das leituras, das discussões e das atividades próprias das disciplinas estudadas durante o Curso de Mestrado e dos encontros do grupo de estudo de que participei, gradativamente, fui configurando a ideia de focar meu projeto de pesquisa no conteúdo da Biologia Celular, para uni-lo às realidades do dia a dia da sala de aula, pensar nas formas de enfrentar as dificuldades de aprendizagem, interligar a complexidade de ensinar/avaliar e amadurecer essas questões sob a orientação da Profª. Drª. Márcia Adelino. Isso me levou a pensar nas provas avaliativas do ENEM, que passaram a ser a principal fonte de pesquisa de minha investigação.

Por saber o quanto esses conteúdos são importantes para a formação básica, e como professora de Biologia, preocupo-me bastante, sobretudo porque já ouvi relatos de diferentes alunos sobre suas dificuldades, como, estes, por exemplo: “Gosto de Biologia, mas tem muitos nomes difíceis”; “Nossa! temos que decorar esses detalhes todos da célula?”; “Acho muito complicado, leio, leio, mas não consigo entender quase nada”.

Também nessa trajetória, observei e ouvi falas instigantes de colegas professores mencionando suas práticas de ensino, a comentar: “Não planejo minhas aulas, chego na sala e vou improvisando... sou desorganizado mesmo”; “Peço que tragam os livros, ou então, não podem assistir minhas aulas”; “Escrevo bastante no quadro, assim eles se ocupam”. Há, ainda, os diálogos nos planejamentos pedagógicos, em que alguns demonstravam certa insegurança para ministrar os conteúdos e a falta de interesse em utilizar diferentes métodos, melhorar ou modificar sua prática. Alguns até faziam “pouco caso” sobre parar para conversar e acrescentar algo, a fim de trocar ideias e inovar a proposta de trabalho.

Assim, partindo das situações do ambiente escolar, essas experiências me fizeram questionar: O que nós, professores, temos ensinado? Será que nossa prática tem alcançado a compreensão e a resolução das dúvidas de nossos alunos? Por que os alunos demonstram tanta dificuldade de interpretar os conteúdos que foram estudados e de transcrevê-los?

Então, com base nessa caminhada da profissão e do percurso formativo, e por repensar *o ensino* e o *chão da escola* diariamente e reconhecer os fundamentos da Biologia Celular como conhecimentos indispensáveis a ser integrados a outros conhecimentos da Biologia ou de áreas afins, considero necessário pensar na didática, na metodologia e na formação dos professores.

Como os conteúdos de Biologia Celular sempre me chamaram à atenção, devido à riqueza de informações que detêm, e por pensar nos aspectos relatados anteriormente, surgiu o interesse em averiguar as provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e de refletir sobre o ensino e as vivências, de acordo com as dificuldades de aprendizagem observadas nos alunos.

Portanto, considerando as análises das provas, posso afirmar que esta pesquisa concorre para uma compreensão significativa do conteúdo de Biologia Celular, que faz parte das questões de Biologia, próprias da área de Ciências da Natureza, nos anos de 2010 a 2016, visando verificar como esses assuntos são abordados nas provas do ENEM, na perspectiva de que se torne um material de reflexão para a prática de ensino dos docentes.

Nesse contexto, para o processo do ensino de Biologia, a célula é um conceito-chave na organização do conhecimento biológico. No entanto, para os alunos, é complexo e abstrato o que se constrói em suas mentes (PALMERO;MOREIRA, 2001). Mas, estudar esses conteúdos é essencial,

principalmente para jovens e adolescentes egressos do Ensino Médio, a fim de que tenham conhecimentos e informação acerca das atividades celulares que movem o funcionamento do corpo, como, por exemplo, o gasto e a produção de energia decorrentes do trabalho celular, além de construir argumentos e opiniões para conviver e atuar na sociedade com ética sobre questões que envolvem o DNA, a genética e a hereditariedade, dentre outros.

Olhando para o contexto escolar, esses conteúdos não podem ser desconsiderados, pois tratam de informações com base na essência da vida. Por isso, precisam ser discutidos e podem ser articulados com outros temas, como as questões de Biotecnologia, os transgênicos, as células-tronco e as terapias gênicas, por exemplo, para articular discussões com outros conhecimentos.

No que diz respeito a dialogar com outras áreas do conhecimento, os documentos oficiais - os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 1999), os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ (BRASIL, 2002) e as Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio - OCNEM (BRASIL, 2006) - já apontavam para os aspectos da contextualização e da interdisciplinaridade e sugeriam ao professor orientações pedagógicas, a fim de trabalharem com as diferentes áreas do conhecimento de modo integrado.

Como as Ciências da Natureza têm caracteres da observação e da compreensão dos fenômenos naturais, entendo que devem provocar o estudante para interpretar, refletir e exercitar sua criticidade, posicionando-se com levantamento de hipóteses, questionamentos e/ou dedução de problemas, em paralelo com a contextualização e a interdisciplinaridade provocada, a partir da leitura e da apreciação das questões sobre conteúdos que lhes são apresentados.

De acordo com os exames e as observações feitas acerca das provas da área de Ciências da Natureza do ENEM, emergiram algumas questões norteadoras: 1 - Como o conteúdo de Biologia Celular foi explorado nas provas da área de Ciências da Natureza no ENEM, no período de 2010 a 2016? 2 - As questões de provas analisadas estão em consonância com a matriz de referência da área de Ciências da Natureza? 3 - A contextualização e/ou a interdisciplinaridade estão presentes nessas provas de Ciências da Natureza?

Para alcançar as intenções deste trabalho, o objetivo geral foi o de investigar como os conteúdos de Biologia Celular são abordados nas provas do ENEM e de

analisar sua correspondência com as exigências da matriz de referência da área de Ciências da Natureza. Para isso, elenquei os seguintes objetivos específicos:

a) Verificar o conteúdo e os temas discutidos na área de Biologia Celular, nas provas de Ciências da Natureza no ENEM, no período de 2010 a 2016;
b) Averiguar se as provas do período de 2010 a 2016 trazem aspectos da contextualização e/ou da interdisciplinaridade nas provas observadas.

Assim, espero que esta pesquisa colabore como referencial para futuros trabalhos, amplie a discussão a respeito do assunto e instigue os docentes a refletirem sobre suas práticas de ensino, nas situações de dificuldades de aprendizagem dos alunos.

Para subsidiar as discussões teóricas sobre o Ensino de Biologia Celular no Ensino Médio, apoiei-me nos pressupostos teóricos de autores como Pozo (2002), Monero (2003), Alarcão (2005), Canavarro e Ponte (2005), Moraes, Galiazzi e Ramos (2012), dentre outros. Sobre as pesquisas e os autores que abordam o Ensino de Biologia Celular, tomei as considerações de Borges (1997), Carvalho (2004), Krasilchik (2004), Mochetti (2016), Souza (2017) e Vigário (2017). No que concerne às provas do ENEM, quanto a sua estrutura e à organização, contribuíram com as discussões: Garcia (2005); Demars (2010); Santos (2011), Moreira (2014); Brasil (2013); Brasil (2015) e Brasil (2016).

Este trabalho foi esboçado na sequência de cinco capítulos, organizado da seguinte forma: a introdução, em que apresento o motivo pelo qual me interessei pela pesquisa e os objetivos propostos. Depois, seguem-se os capítulos, detalhados mais adiante.

No Capítulo 1, apresento algumas considerações teórico-práticas e reflexões sobre as dificuldades de lecionar o conteúdo de Biologia Celular no Ensino Médio, com orientações para auxiliar o trabalho docente, e uma abordagem sobre alguns pesquisadores e suas experiências com temas semelhantes ao desta pesquisa, o que me possibilitou fazer essa conexão; no Capítulo 2, faço uma breve retrospectiva histórica do ENEM, falo sobre a matriz de referência da Área de Ciências da Natureza e teço algumas considerações teóricas acerca da política de avaliação em larga escala, além de dados de adolescentes ausentes da vida escolar e o baixo

desempenho em relação à prova do PISA; no Capítulo 3, discorro sobre o percurso metodológico da pesquisa, sobre as fontes de coleta dos dados, a subdivisão das categorias de análise e a elaboração do produto final; no Capítulo 4, mostro os resultados e as discussões da pesquisa, em consonância com as questões norteadoras e os objetivos previamente traçados para este trabalho, e no Capítulo 5, as conclusões que permearam desde os capítulos teóricos até as compreensões das análises.

## CAPÍTULO 1 A BIOLOGIA CELULAR NO ENSINO MÉDIO

Atualmente, vivenciamos, como docentes, muitas dificuldades na prática pedagógica, principalmente no que diz respeito à utilização ou à escolha do método mais adequado. Uma pergunta tem me inquietado constantemente, como se "batesse a minha porta”: Qual a metodologia que devo aplicar para auxiliar minhas práticas de ensino?

Devido aos desafios diários que os professores vivenciam na escola, onde convivem com avanços tecnológicos cada vez mais atrativos, têm dificuldades de atrair a atenção dos alunos e, por isso, sentem-se intimidados e desmotivados, eles se perguntam: Como apresentar os conteúdos? Como conquistar os discentes para que se interessem pelos assuntos que são abordados nas aulas?

A partir das experiências em sala de aula como docente, em relação aos conteúdos de Biologia Celular, é possível identificar as dificuldades próprias do processo de ensino-aprendizagem, que limita o progresso no desenvolvimento dos estudantes. Partindo do observado no desempenho dos discentes, essas situações me inquietaram a questionar sobre quais são os motivos reais dessa baixa aprendizagem.

Para Pozo (2002), ensinar e aprender são processos distintos, embora relacionados. O primeiro envolve planejar e propor, condições externas (seleção e organização do conhecimento, estratégias, interações e recursos), e o segundo requer a mobilização de processos internos (afetivos e cognitivos). Esses processos se encontram quando o primeiro promove o segundo, o que requer não só o planejamento, mas também a disponibilidade dos envolvidos. No entanto, reconheço que o comportamento do professor influencia o modo como os alunos encaram a aprendizagem, especialmente como ele apresenta o tema, o clima afetivo que promove, os problemas que propõe, a interação que favorece e como avalia a aprendizagem (MONERO, 2003).

Ao analisar as opiniões de Pozo e Monero, percebo que ambos se complementam e apontam o trabalho docente como preponderante para que a aprendizagem seja alcançada. Sobre esse raciocínio, aponto algumas estratégias didáticas, como meios norteadores para a obtenção de resultados positivos, como, por exemplo, o lúdico, os jogos e a observação de campo. Essas estratégias didáticas podem dinamizar o ensino e atrair a atenção dos discentes. Quando o/a

professor/a emprega diferentes metodologias, aproxima o que parece abstrato ou distante do nosso meio, a fim de despertar a curiosidade, a observação e a participação ativa dos alunos em sala de aula.

Na busca por caminhos que potencializem as práticas que visam promover discussões da natureza da ciência e transformar as aulas de Ciências em locais de reflexões, é preciso considerar as perspectivas do professor, suas crenças sobre o ensino e seus objetivos. Esse olhar para a prática docente deve pautar-se na dinamicidade do processo educacional, de forma a considerar a produção de conhecimentos em sua prática diária, moldados na ação cotidiana (VITAL e GUERRA, 2014).

Por isso, direcionei esta discussão, pensando, principalmente, na etapa do Ensino Médio, que não pode se limitar à transmissão de conteúdos, tampouco está voltada diretamente para a prova do ENEM ou outros exames seletivos. Mas, o ensino precisa contribuir para que o estudante tenha condições formativas que o ajudem a vivenciar sua cidadania, influenciar sua criticidade e conduzi-lo para além dos muros da escola, ressignificando esses conhecimentos para que tenham sentido em suas realidades diárias.

## 1.1 A BIOLOGIA CELULAR SEGUNDO OS DOCUMENTOS OFICIAIS

As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM), ao discutir acerca do ensino da Biologia Celular, afirmam que são assuntos centrais sobre o estudo da identidade dos seres vivos e a transmissão da vida e defendem que se possibilite a articulação com temas afins, criando condições para que o aluno compreenda as relações entre os vários assuntos (BRASIL, 2006, p.23).

Esse documento defende e argumenta sobre o conteúdo de Biologia Celular e propõe aos docentes da área a seguinte reflexão:

> É preciso compreender a célula como um sistema organizado, no qual ocorrem reações químicas vitais, e que está em constante interação com o ambiente, distinguir os tipos fundamentais de célula e a existência de organelas com funções específicas, conhecer a transmissão dos caracteres hereditários. O aluno deve compreender como as informações genéticas codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características dos organismos (BRASIL, 2006, p.24).

Essas orientações podem contribuir para que o professor de Ciências e de Biologia possa refletir sobre seu trabalho pedagógico, pois destaca o conteúdo de Biologia Celular e aponta desde as reações químicas e as relações ambientais até a diferenciação dos tipos celulares e suas funções específicas, além de citar as questões que envolvem a hereditariedade com ênfase no DNA.

Ainda apoiada nas Orientações Curriculares sobre os conteúdos de Biologia, eles devem propiciar condições para que o educando compreenda a vida como manifestação de sistemas organizados e integrados (BRASIL, 2006). Isso implica dizer que, quando a vida se manifesta, interage constantemente com o meio, como um ambiente físico-químico, e dessas relações estabelecidas pelas diversas formas de vida, cada qual, em seu habitat natural, reproduz-se e perpetua suas espécies, aumenta a biodiversidade e evolui, além de realizar outras atividades, a depender do tipo de nicho ecológico.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, o ensino de Biologia deve servir como um [...] “meio para ampliar a compreensão sobre a realidade, recurso graças ao qual os fenômenos biológicos podem ser percebidos e interpretados como instrumento para orientar decisões e intervenções” (BRASIL, 2009, p. 20). Logo, vê-se que a Biologia tem um importante papel de explicar os fenômenos que acontecem nas situações do cotidiano da população, de forma geral, e de orientar o cidadão comum acerca desses conhecimentos biológicos, para que sejam compreendidos, questionados e interpretados.

Sobre as orientações que tratam dos documentos curriculares oficiais, como, por exemplo, os Parâmetros Nacionais, Sacristán (2000) contesta certos aspectos normativos, no tocante à prática de ensino, e define os documentos como um conjunto de orientações, que chama de “currículo prescrito”, um “compêndio” de “conteúdos ordenados”, proposto pelos órgãos políticos e administrativos (SACRISTÁN, 2000).

Para Alarcão (2005), a escola reflexiva deve ser como um organismo vivo, pulsante, composto de docentes capazes de escolher e traçar os próprios caminhos. Canavarro e Ponte (2005) afirmam que o papel do professor em relação a um currículo preestabelecido ou à construção curricular pode ir desde a passividade e a execução até a criticidade e a autonomia em busca de soluções para problemas que demandam de sua atividade pedagógica.

Com suas argumentações acerca dos documentos oficiais, esses autores demonstram não concordar com a ideia de um currículo apresentado como sequências ordenadas, pois consideram o sentido de “controlar” temas a serem discutidos, limitam a autonomia e a identidade cultural de determinada região e dificultam a tomada de decisões e de atitudes que correspondam à realidade da comunidade escolar.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Educação Básica, especificamente na área de Ciências da Natureza, deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para que possam fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas (BRASIL, 2017).

Sobre alguns pontos apresentados na BNCC, ao fazer um recorte direcionado ao ensino da área de Ciências, surgiu este questionamento: A intenção desse documento é, realmente, de formar um estudante emancipado, questionador e autônomo para expor seus argumentos? Em relação a esses itens, docentes de todo o país têm se mobilizado contra essas propostas, demonstrando insatisfação e repúdio a essas proposições. Esses discursos mais parecem ser teoria do que prática.

Quando o professor possibilita que o estudante participe das decisões em sua aula, modifica sua concepção de currículo e cria condições para que suas vivências e seus interesses sejam considerados nesse processo de formação. Assim, a pesquisa em sala de aula se constitui a partir da reconstrução do conhecimento dos estudantes, buscando respostas para os questionamentos que eles mesmos levantam (MORAES; GALIAZZI; RAMOS, 2012).

A partir do momento em que o professor convida os alunos para participarem mais ativamente do processo educativo, isso aquece as discussões, as ideias e os diálogos em sala de aula, e a estrutura curricular e o planejamento mudam de forma, pois se abre um espaço de interlocução e de trocas de experiências entre todos os sujeitos e surgem oportunidades para que participem ativamente da construção de conhecimentos conjuntos, quebrando alguns paradigmas entre aluno e professor.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais apontam como principais temas biológicos os seguintes conteúdos: a compreensão da vida na Terra, as consequências dos avanços tecnológicos e a intervenção humana, os quais podem nortear o professor de Biologia para organizar seu plano pedagógico pautado em

seis temas estruturadores como referência: 1) Interação entre os seres vivos; 2) Qualidade de vida das populações humanas; 3) Identidade dos seres vivos; 4) Diversidade da vida; 5)Transmissão da vida, ética e manipulação gênica e 6) Origem e evolução da vida (BRASIL, 2009). As Orientações Curriculares nos advertem que não se trata simplesmente de mudar o planejamento para que a ação pedagógica se enquadre nos temas estruturadores, mas de utilizar esses temas biológicos como instrumentos da aprendizagem significativa, de forma que o aluno seja capaz de relacionar o que é apresentado na escola com sua vida, sua realidade e seu cotidiano (BRASIL, 2009).

Quanto à importância de despertar nos alunos o interesse em estudar temas atuais, próprios do nosso cotidiano, destaco alguns conteúdos, entrelaçados com a Biologia Celular, como células-tronco, terapias gênicas, transgênicos, reprodução assistida, entre outros, pois visam compreender as interações bióticas que envolvem a vida.

Complementando ainda esse raciocínio, as OCNEM corroboram acrescentando:

> O aluno deve compreender como as informações genéticas codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características dos organismos. Deve também conhecer o princípio básico de duplicação do DNA e saber que esse processo está sujeito a erros (mutações) que originam novas versões (alelos) do gene afetado e podem, ou não, ser causadores de problemas para os diferentes organismos. É preciso ressaltar que as mutações são a fonte primária da variabilidade e, portanto, permitiram a constituição da biodiversidade hoje existente (BRASIL, 2006, p.24).

As Orientações Curriculares Nacionais para o ensino médio reforçam a importância atribuída ao conteúdo de Biologia Celular, pois são esses pequenos fragmentos, chamados de *genes*, que definem a estrutura, o metabolismo e o funcionamento vital dos seres vivos e constituem o material genético (DNA), por isso as mutações ocorridas determinam praticamente a identidade de cada ser vivo.

Os Parâmetros Curriculares complementares para o Ensino Médio (PCN+), ao discutir acerca da variabilidade genética, argumentam:

> A transformação relacionada à produção da diversidade biológica depende do fenômeno chamado mutação, que pode acontecer, por exemplo, por um "*acidente químico*" que introduza um nucleotídeo numa posição da "*frase genética*", onde ele antes não estava. Nessa transformação, contudo, conservam-se os aspectos essenciais da vida: há a conservação das *letras*, dos já complexos *tijolos* elementares, e há a conservação do código genético, ou seja, da regra de combinação das letras em palavras que façam sentido (BRASIL, 2002, p. 28).

As informações sobre esses mecanismos, próprios da unidade vital dos seres vivos - *a* célula - através dos processos de mutação, podem contribuir para que se possam compreender certas doenças, como os tumores, causados por células "anormais", que são conhecidas popularmente por câncer. Esse é um tema mencionado com frequência pela ciência, pela mídia e pela população de modo geral.

Ressalte-se, porém, que os estudantes precisam reconhecer essa área de estudos não como um alerta de perigo ou como fator que coloque a saúde da população em risco, mas para compreender que, nos estudos científicos e tecnológicos, já ocorreram muitas descobertas, e grandes são os avanços e os benefícios que têm correspondido positivamente a problemas vivenciados pela humanidade. Portanto, essas questões reforçam a importância de aprender e conhecer os progressos da Ciência. Desse modo, a abordagem problematizada passa a fazer sentido, e isso estimula o estudante a refletir criticamente, a organizar suas ideias e a articular suas competências.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares (PCN+) nos revelam os conhecimentos de Biologia Celular, intercalam informações sobre o tema *biounidade* e destacam a célula como base estrutural da vida:

> A biologia molecular escreve as frases fundamentais da vida, no DNA, com letras ou tijolos elementares já mais complexos, os nucleotídeos. Essas poucas letras se combinam três a três, formando palavras, que codificam cerca de duas dezenas de aminoácidos. O código genético é essa "linguagem natural" que traduz "letras nucléicas" em "palavras aminoácidos", de cuja combinação depende a formação de proteínas. "Versos completos", no DNA, correspondem a genes, que são estruturas funcionais mais elaboradas, e assim vai se organizando a complexidade dos organismos vivos (BRASIL, 2002, p. 25).

Os PCN+ trazem considerações sobre o grande arranjo das moléculas que, ao serem combinadas, traduzem o significado do código da vida. Portanto, cabe ao docente de Ciências e de Biologia encontrar meios e estratégias na prática metodológica que ajudem o estudante a compreender, de modo singular, o mundo vivo, embora diverso, e a reconhecer as diferenças estruturais dos vários tipos celulares existentes entre os seres vivos e, consequentemente, em meio às suas adaptações, entender as relações naturais.

## 1.2 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

De acordo com Krasilchik (2004, p.11), [...] “a Biologia pode ser uma das disciplinas mais relevantes e merecedoras da atenção dos alunos, ou uma das disciplinas mais insignificantes e pouco atraentes, dependendo do que for ensinado e de como isso for feito”. De fato, ensinar Biologia ou outra área do conhecimento implica muitos desafios, e ministrar os conteúdos de Biologia celular exige estratégias e metodologias que motivem o estudante à curiosidade e à participação, do contrário, dificilmente a matéria será interessante e, tampouco, atrativa.

Borges (1997) refere que as dificuldades de compreender e de interpretar o mundo vivo em função dos problemas de conceitualização são relativas à estrutura e ao funcionamento celular. Quanto a essas considerações, explica-se sobre a estrutura celular que:

> Tratando-se de célula, vale ressaltar que, por ser microscópica, sua presença e observação não é tão óbvia para os alunos de Ensino Médio. Mesmo com a utilização de inúmeros livros de Biologia, que contém representações em formas de fotografia, desenhos e esquemas representando toda a gama imaginável de escalas, secções e idealizações dos seres vivos, de suas estruturas e seus componentes, os alunos possuem dificuldades na hora de interpretar ou desenhar suas observações (LIMA; TEIXEIRA & FAVETTA, 2008, p.1).

Isso confirma que, para os estudantes, o universo microscópico ainda é estranho e geralmente inimaginável/abstrato, pois, na maioria das vezes, só lhes é apresentado através de imagens e de textos. Sobre os fatores que envolvem esse tipo de ensino-aprendizagem, Carvalho (2004, p. 23) comenta:

> [...] o ensino demanda conflitos de percepções e deve propor uma postura ativa, levantamento de hipóteses e reflexão, possibilitando a resolução dos problemas de modo consciente e dando maior significado ao conhecimento, pois o melhor aprendizado se dá quando há relações estabelecidas entre conhecimentos prévios e os novos por parte do aluno.

Para que essas relações ocorram, [...] "é necessário que toda informação faça sentido" MIRAS (2006, p.18). No que tange ao contexto educativo e a todo o processo de aprendizagem, são mais complexos, porquanto envolvem diferentes atores. Por isso, nas experiências vivenciadas, são necessários comprometimento, esforço e reflexão constantemente. Logo, cabe ao professor direcionar o ensino de modo significativo, e ao estudante, ser ativo, participando diretamente do processo de ensino-aprendizagem.

Ainda sobre esses aspectos, Mendes (2010) apresenta propostas aos docentes que são consideradas ferramentas/metodologias para auxiliar nas práticas de ensino, explicadas pelo uso e/ou pela implementação de meios que auxiliarão o alunado a visualizar bem mais os conteúdos de Biologia Celular. Mendes (2010, p.36) afirma que:

> O uso de animações como ferramenta no ensino de Biologia Celular e Molecular facilita o processo de ensino-aprendizagem, pois a utilização de animações guia o estudante na abstração de transformações de uma imagem ao longo do tempo e também ajuda a economizar tempo,já que é mais fácil aprender quando se observa um processo do que quando apenas lê sua explicação. Vídeos e animações são materiais que apresentam informações visuais e auditivas, considerados como bons instrumentos, os quais promovem a flexibilidade cognitiva e a formação de conhecimentos.

Os recursos didáticos podem favorecer as metodologias, proporcionar a integração entre o aluno e o professor e tornar o ambiente da sala de aula mais agradável e participativo, para despertar o interesse do estudante e aproximá-lo das informações abstratas. Isso proporciona uma formação com conhecimentos mais consistentes.

Krasilchik (2004) assevera que os jogos educacionais podem auxiliar os alunos a refletirem sobre os conteúdos por meio do raciocínio e a assimilá-los. Uma forma de promover a interação e de exercitar o conhecimento adquirido é com o uso de modelos explicativos, feitos de materiais simples, de baixo custo e de fácil

acesso. Essas sugestões podem ser positivas como modelos didáticos e podem inspirar o ensino de Ciências e de Biologia. Afinal, utilizar estratégias metodológicas diferenciadas pode ser produtivo, como a aplicação de jogos, uma vez que transmite o dinamismo por meio dos desafios, e isso resulta em envolvimento, curiosidade e interesse, estimula a participação ativa e transforma o processo de ensino.

Stockdale (1998) criou com seus alunos uma célula gigante. Essa estratégia minimizou suas dificuldades de assimilar o conteúdo de Biologia Celular, porquanto os alunos se envolveram diretamente na atividade proposta, trocaram informações, observaram os detalhes da estrutura da célula e desenvolveram a criatividade através do material lúdico, o que auxiliou na mediação do processo de ensino-aprendizagem.

O trabalho com o lúdico, próprio da produção de materiais didáticos, também pode ser uma prática favorável, porque, de modo simples e dinâmico, aguça a criatividade, a curiosidade e a interação dos envolvidos. Isso se justifica porque, quando se desenvolvem as habilidades manuais, também se exercitam a observação e a leitura dos conteúdos para produzir concretamente informações de interesse.

## 1.3 PESQUISAS SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

Nos níveis de organização biológica, tudo começa com uma partícula chamada de átomo, da qual se formam as moléculas, de que se constituem as células. Quando duas ou mais células se juntam, originam-se os tecidos e se inicia a organização de um ser/vida propriamente (AMABIS, 2013).

Então, é a partir desses conhecimentos científicos que se sobressaem os resultados das pesquisas e das observações em laboratórios, por meio de nossas vivências rotineiras de casa, seja nos medicamentos e nas vacinas que tomamos ou nas formas de prevenir a proliferação de insetos/mosquitos e hábitos de higiene. Isso implica dizer que o homem sempre está pesquisando, questionando e investigando o que está acontecendo ao seu redor e curioso sobre as modificações que percebe e sente em seu corpo. E essas indagações é que devem nos conduzir, como educadores, a contextualizar o conhecimento científico e relacioná-lo ao que passa em nosso meio e induzir os discentes a perceberem que essas informações ocorrem no dia a dia de suas vivências.

Marandino (2004) defende que é necessário haver interação entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar, com a finalidade de transpor as barreiras da Ciência e chegar ao mundo real. Quando os discentes relacionam as discussões ocorridas na escola à sua realidade e às experiências pessoais, logo começam a associar aos fatos que são divulgados na mídia, nas revistas, na TV, na internet, entre outros. Exemplos disso são as informações que tratam do vírus HIV, os alimentos transgênicos, a responsabilidade de cuidar do próprio corpo em relação à higiene e os cuidados e a prevenção de doenças sexualmente transmissíveis, aspectos que são de sua responsabilidade com a vida sexual.

Quando essas questões são abordadas na escola, abrem espaços para que os discentes enxerguem a Ciência não apenas voltada para os profissionais que usam jalecos brancos, confinados nos laboratórios, com os conhecimentos que descobrem e que, depois, são publicados pela Ciência, o que faz com que essas informações cheguem a todos nós. Alguns desses conhecimentos ficam disponíveis nos livros didáticos, nas revistas e nas redes sociais, como meios de orientara vida em sociedade.

Encontrei algumas pesquisas do meio acadêmico, que discutem acerca do ensino de Biologia Celular, fazem uma *ponte* com a prática de ensino e refletem sobre experiências escolares em suas produções, objetivando saber o que outros pesquisadores têm escrito sobre esse tema.

Em seu trabalho, Vigário (2017) visou compreender como ocorre o ensino de Biologia Celular nas escolas públicas de Ensino Médio, nos estados de Goiás e de Minas Gerais. Para isso, aplicou questionários a alunos/as, entrevistou professores/as, observou diferentes livros didáticos utilizados por esses/as docentes e discutiu sobre a produção acadêmica na área de ensino de Biologia Celular. Como resultado, concluiu que é preciso sistematizar os conteúdos de Biologia Celular de forma integrada e considera importante a formação continuada para professores, a fim de melhorar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem desses conteúdos.

Em sua pesquisa, Silva (2017) partiu da argumentação, como objeto de estudo, e elaborou e aplicou uma unidade didática chamada de “DNA: diálogo, genética e argumentação”, que resultou em um produto educacional destinado tanto para professores quanto para alunos da educação básica. Nesse sentido, planejou uma sequência de atividades e promoveu diálogos e argumentações em sala de

aula, com foco de trabalho nos conteúdos de genética e de biotecnologia. Os resultados revelaram que as habilidades argumentativas dos alunos podem ser melhoradas por intermédio de atividades escritas e faladas.

Mochetti (2016) investigou como os registros e as representações por meio de imagens facilitam o entendimento de conceitos e aproximam o aluno da teoria que está em estudo. Para isso, aplicou atividades didáticas diferenciadas em momentos distintos, como: modelagem, baralho, quebra-cabeça, observação de lâminas e montagem de um modelo tridimensional de uma célula. Os alunos demonstraram dificuldades, principalmente ao observar as imagens em microscopia, razão por que eram recorrentes os equívocos em relação aos conceitos de cromossomos. Entretanto, com base nos resultados, o autor entendeu que é necessário variar as metodologias a serem empregadas para ensinar os conteúdos abstratos, como a Biologia Celular.

Souza (2017) realizou uma análise das provas do ENEM, especificamente sobre as questões da área de Ciências da Natureza, do período de 1998 a 2015. Verificou as questões sobre genética e, em paralelo, observou como os conteúdos são cobrados nos livros didáticos. Dessa análise de provas do ENEM, foram identificadas 40 questões com o conteúdo de genética. Ao relacionar os conteúdos cobrados no ENEM com os livros/apostilas selecionados, os resultados apontaram que os livros didáticos precisam ser reformulados com frequência, porquanto são instrumentos fundamentais no processo de ensino e aprendizagem.

Outro autor que também contribuiu com esse trabalho foi Leão (2018), que constatou a importância da aplicação de estratégias didáticas usando-se representações não linguísticas e jogos cooperativos para o ensino de Biologia Celular, que promovem o protagonismo e a participação ativa dos estudantes. De acordo com as avaliações realizadas pelos alunos, Leão concluiu que os melhores resultados foram das atividades dinâmicas, que estimularam a participação e um aprendizado mais significativo em relação às práticas pedagógicas tradicionais.

Convém enfatizar que a seleção desses trabalhos me estimulou a produzir esta pesquisa e a concluir que a produção de outros trabalhos poderá contribuir para que se possa refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Biologia Celular, posto que destacam a importância do tema para a continuidade de outras produções.

## CAPÍTULO 2 EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO - ENEM

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi criado com o intuito de avaliar os estudantes concluintes do Ensino Médio. A princípio, era uma prova simplesmente avaliativa, ou seja, em que se verificavam os conhecimentos adquiridos durante a trajetória da formação básica. Depois que foi implantado e de continuar em evidência, passou a ser mais abrangente e transcendeu o sentido de diagnóstico para analisar o desempenho dos candidatos em suas competências e habilidades. Foi idealizado pelo Ministério da Educação, criado pela Portaria nº 438, de 28 de maio de 1998, e se estabeleceu como prova avaliativa, assessorado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão competente do Ministério da Educação que responde pela organização, pela execução, pela correção, pela análise de dados e pela divulgação dos resultados.

O ENEM, inicialmente, era um exame de cunho meramente avaliativo. Porém, como essa não era uma característica muito atrativa, inicialmente, o número de candidatos interessados em se submeter à prova era muito pequeno. De acordo com a primeira edição do seu Relatório Pedagógico (BRASIL, 2015), o ENEM contou com cerca de 115.600 participantes. Em 2008, atingiu a marca de 4.018.050 de inscritos, dos quais 2.920.560 estiveram presentes no exame. A edição de 2010 alcançou um patamar superior a 4.600.000 inscritos, 3.242.77 dos quais participaram do exame. Já em 2015, foi superada a marca de 8,4 milhões de inscritos. Ao comparar com as edições anteriores, constatou-se que houve uma participação expressiva, e o número de participantes nas provas foi aumentando gradativamente, em razão das adesões aferidas pelas Universidades aos programas do governo, integrando-as a partir do processo seletivo, ao utilizar a nota obtida como meio de ingresso em cursos superiores.

Em 2004, o ENEM passou a ser utilizado como critério de seleção do Programa Universidade para Todos (ProUni) do Ministério da Educação (MEC), que foi criado pelo Governo Federal e oferece bolsas de estudo, integrais e parciais, em instituições particulares de Educação Superior (BRASIL, 2016). As Instituições de Ensino Superior (IES) já usavam o resultado do ENEM para selecionar estudantes para ingressarem no Ensino Superior (BRASIL, 2016).

Dez anos depois de ser implantado, o Exame Nacional passou por uma reformulação, cujas estruturas e finalidades da prova foram mudando - a elaboração,

a aplicação e as atribuições de notas em relação ao desempenho dos candidatos. Nesse caso, passou a servir como forma de ingresso em várias universidades do país. De acordo com Santos (2011), o caráter opcional da avaliação na edição inicial fez com que cerca de 90% dos concluintes não participassem da prova. Houve, então, um visível esforço para que as universidades brasileiras incluíssem a nota do ENEM no processo de seleção para o ingresso em seus cursos superiores.

A princípio, nos anos de 1998 a 2008, o exame apresentava 63 questões objetivas, em caráter de múltipla escolha, e redação. Essas características estruturais eram reunidas em um único dia de aplicação de provas. A nota atribuída aos participantes correspondia ao total de questões corretas respondidas, que contabilizavam de 0 a 100 pontos, e a da redação, também equivalente a 100 pontos.

A partir de 2009, esse modelo de prova foi reformulado e passou a ser chamado de ‘Novo ENEM’, com 180 questões e uma redação. A prova foi dividida em quatro partes e subdividida em quarenta e cinco questões para cada prova: a primeira, para avaliar temas e competências relacionados às linguagens, aos códigos e suas tecnologias e à redação; a segunda, em que são avaliadas a Matemática e suas tecnologias; a terceira, conhecimentos de História, Geografia, Filosofia e Sociologia; e a quarta, relacionada à Química, à Física e à Biologia (BRASIL, 2013). Com essa reformulação, a partir de 2009, o ENEM modificou a metodologia da prova, que, além de avaliar conhecimentos e encaminhar o estudante para cursos superiores, apresentava apenas uma matriz de referência para todas as questões da prova.

Atualmente, além da matriz comum, que reúne todas as áreas de conhecimentos, temos cinco eixos cognitivos e, mais especificamente, uma matriz direcionada a cada área do conhecimento e a Teoria de Resposta ao Item (TRI), por meio da qual o candidato pode acompanhar seu desempenho em cada prova realizada e saber a quantidade de erros e de acertos.

Segundo Costa (2015), a Teoria de Resposta ao Item é um conjunto de modelos matemáticos que descreve a interação entre os avaliados e os itens de um teste. Para Demars (2010), a resposta ao item pode ser dicotômica, com duas categorias, como certo ou errado, sim ou não, concordar ou discordar. Assim, foram compostos cinco eixos cognitivos para direcionar a matriz de referência, o que é comum a todas as áreas, objetivando dominar linguagens, compreender fenômenos,

enfrentar situações-problema, construir argumentação e elaborar propostas, e de forma distinta, uma matriz específica para cada uma das áreas, com uma lista de competências e habilidades.

Como estou tratando de alunos que estão concluindo ou já concluíram o Ensino Médio, considero pertinente refletir sobre as características da matriz de habilidades e competências do ENEM. Para isso, debrucei-me nos seguintes questionamentos: Esses jovens e adolescentes dominam as linguagens e compreendem as questões-problema? Ou será que só aprenderam esses conteúdos ou foram "treinados" para atingir bons resultados nas avaliações?

Para Freire (2006), formar é muito mais do que treinar o educando. Ou seja, se o estudante se reconhece forçado a estudar somente para dominar conteúdos e fórmulas, de fato, durante um tempo, vai corresponder se for avaliado, mas, talvez, não consiga demonstrar esses conhecimentos no dia a dia, porque, com o passar do tempo, poderá esquecer ou nem fazer sentido. Então, a formação para a vida, como cidadão autônomo, crítico e emancipado, está para além dos muros das escolas e das universidades. E isso deve ser uma resposta diária dos indivíduos no meio social.

O artigo 22 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) diz que a Educação Básica tem a finalidade de formar o sujeito para exercer sua cidadania, proporcionar meios para progredir no trabalho e seguir em estudos posteriores (BRASIL, 2012). Sobre a descrição deste artigo, aliada à estrutura de elaboração das provas do ENEM, ouso perguntar: Houve mudanças significativas em relação aos antigos vestibulares? O que realmente mudou com a criação do ENEM?

Segundo Moreira (2014, p. 166), o que mudou foi a referência da avaliação. O que era Vestibular hoje é o ENEM, com a diferença de que se altera a estrutura curricular das escolas, para se adequar à nova prova, “alterando a ênfase da transmissão do conhecimento para o desenvolvimento de competências, transpondo uma realidade educacional crítica”. Para Garcia (2005), o ensino de competências e habilidades traz benefícios, inquestionavelmente, já que possibilita ao aluno desenvolver aptidões gerais que o tornarão capaz de enfrentar situações reais em diferentes áreas.

O Ministério da Educação aponta o ENEM como inovador e necessário para quebrar os paradigmas da chamada “educação bancária”, que:

> [...] concebe o processo de ensino e aprendizagem como uma simples transferência do conhecimento do professor para o aluno, visto como um depositário passivo de quem não se espera mais do que o esforço mecânico de memorização de fatos, regras e conceitos. Ao invés de testar a retenção de conteúdos das diversas disciplinas que compõem o currículo da educação básica, como fazem os vestibulares tradicionais, o Enem exige que o aluno demonstre o domínio de competências e habilidades na solução de problemas, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos na escola e na sua experiência de vida. (MEC, 2010)

Gomes e Borges (2009) enunciam que o ENEM difere consideravelmente de avaliações tradicionais, focadas na memorização, na mera explicitação de definições conceituais, exigindo processos cognitivos complexos do avaliado. Aliado aos documentos oficiais, o Exame Nacional explora os elementos da contextualização e da interdisciplinaridade, sempre presentes na elaboração de provas, que unem conhecimentos, que se inter-relacionam e envolvem situações do cotidiano.

Nesse contexto, considero interessante destacar os cinco eixos cognitivos estabelecidos para o Exame Nacional, que configuram, de modo comum, todas as áreas do conhecimento, dispostos na tabela a seguir:

**Tabela 1 –**Eixos cognitivos comuns a todas as áreas do conhecimento

| EIXOS COGNITIVOS | DESCRIÇÃO COMUM AOS CONHECIMENTOS |
|---|---|
| Dominar linguagens (DL): | Dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa. |
| Compreender fenômenos (CF): | Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos históricos geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas. |
| Enfrentar situações-problema (SP): | Selecionar, organizar relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema. |
| Construir argumentação (CA): | Relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente. |
| Elaborar propostas (EP): | Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural. |

**Fonte:** BRASIL - Ministério da Educação. Matriz de referência do ENEM. Brasília: INEP, 2009.

Tendo em vista esses cinco tópicos abordados como eixos cognitivos, compreendo que as competências são itens de grande importância para o desempenho e a realização do exame, como a interpretação das diferentes formas de linguagem e idiomas, o conhecimento acerca de processos históricos, culturais e geográficos, a organização das ideias relativas às questões-problema e o

posicionamento argumentativo, com concepções e pontos de vista pessoais de acordo com o mundo contemporâneo.

Além dos eixos temáticos comuns a todas as áreas do conhecimento, cada área, de forma específica, apresenta uma matriz de referência, organizada em competências e habilidades afins. Como este trabalho trata de conteúdos da área de Biologia Celular, selecionei algumas habilidades que têm características afins com os conhecimentos de Biologia, Física e Química, porquanto pode haver um diálogo entre essas áreas.

Abaixo, apresento uma tabela com essas competências e habilidades:

**Tabela 2 –** Competências e habilidades da matriz de referência de Ciências da Natureza relacionadas ao conteúdo de Biologia Celular

| COMPETÊNCIAS | HABILIDADES |
|---|---|
| Competência 3: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos. | H11: Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos. |
| Competência 4: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular, aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais. | H13: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.<br>H14:Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros. |
| Competência 5: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos. | H17: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.<br>H18:Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam. |
| Competência 6: Apropriar-se de conhecimentos da Física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas. | H23: Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. |
| Competência 7: Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas. | H26: Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos. |
| Competência 8: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas. | H29: Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais. |

**Fonte:** BRASIL. Ministério da Educação. Matriz de Referência da Área de Ciências da Natureza. Brasília: INEP, 2009.

Analisando a competência de nº 3, que trata de intervenções sobre tecnologias, e relacionando à habilidade 11, que reconhece os aspectos éticos da Biotecnologia, compreendo que podemos refletir sobre essas práticas biotecnológicas, com destaque para o DNA, a fim de gerar produtos de interesse, como plantas transgênicas, por exemplo.

A competência de nº4, que trata das interações entre os organismos e o ambiente, conjugada à habilidade H13, que estuda os mecanismos de transmissão da vida, e à H14, que identifica padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, temos os mecanismos da transmissão hereditária, que estudam as formas como se manifestam as características dos seres vivos e a atividade metabólica, em relação a cada tipo de célula, observando as funções e os sistemas dos organismos.

Entender as tecnologias e os fenômenos aplicados às Ciências Naturais e observados em diferentes situações, desde a representação por gráficos, incluindo figuras e tabelas, é o objetivo da competência nº 5, que visa entender os diferentes métodos associados à habilidade H17, apresentada em diferentes formas de linguagem, e à H18,que relaciona propriedades físicas, químicas ou biológicas e compõem o quadro das que abrem possibilidades de haver diálogo entre a Biologia, a Química e a Física.

O trabalho da atividade celular liga-se à competência de nº 6, que se apropria de conhecimentos da Física e corresponde, paralelamente, à H23, que avalia as possibilidades de gerar, usar ou transformar energia. Nesse caso, a Física é sinalizada de modo específico, pois há afinidade entre as áreas e o entrecruzamento dos conhecimentos.

Sobre adquirir conhecimentos advindos da Química, como apresenta a competência de nº 7, pode favorecer o estudante a respondera diversas questões-problema, pois, de acordo com a H26, são propostas situações de natureza ambiental, de fontes energéticas e minerais e ocorrem transformações químicas que, em muitas circunstâncias, interligam-se à Biologia. Na elaboração das provas do ENEM, são comuns as questões de Biologia Celular unidas com a Química.

Devido ao crescimento da área da Biotecnologia, tomando como referência os transgênicos, essa técnica se enquadra na competência de nº 8, que se apropria de conhecimentos da Biologia, unida com a H29, que se refere a questões sobre saúde da população, quando manipulados genes dos seres vivos, com a finalidade de

melhorar alimentos, e na indústria, por exemplo, na produção de medicamentos. Então, considero que as competências e as habilidades correlacionadas às questões do ENEM podem ser associadas a diferentes conteúdos, com temas problematizadores, contextualizar situações do cotidiano e dialogar com as diferentes áreas das Ciências Naturais.

Segundo Morin (1991), é quase incompreensível o fato de ainda convivermos com o paradigma disciplinar de que Física, Biologia e Antropologia são disciplinas distintas, separadas, não comunicantes e que coexistem a possibilidade e a necessidade de unidade da Ciência. Isso significa, como trata Morin, que, embora as disciplinas sejam diferentes, devem se aproximar nos diálogos e nas conexões, como um meio de socializar conhecimentos. Para complementar o pensamento anterior, Santomé (1998, p. 111) reforça:

> As disciplinas escolares são ensinadas, em geral, de forma absolutamente independentes, naquilo que chamamos de disciplinaridade *feroz.* Essa dinâmica atua como fator agravante do repúdio às disciplinas científicas, já que os alunos não são levados a perceber as ligações existentes entre os diferentes conteúdos, ou entre esses e as questões dos seus cotidianos, contribuindo para o incremento do desinteresse pelos estudos. Uns poucos conseguem, por si mesmos, ligar informações de uma com outra disciplina, e com seus conhecimentos anteriores, e aprendem, mas a estrutura de disciplinas desanima, não incentiva iniciativas dos estudantes para o estudo nem para a pesquisa autônoma. Não estimula a atividade crítica nem a curiosidade intelectual. (*Grifo do autor*)

Como advoga Santomé, também concordo que a forma como as disciplinas são organizadas, os horários das aulas e os currículos propostos pela maioria de nossas escolas podem ser fatores que contribuem para desmotivar os alunos, o que poderá resultar em não aprendizado e, muito menos, em progressão estudantil.

## 2.1 DISCUSSÕES SOBRE AVALIAÇÃO EM LARGA ESCALA

Castro (2009), ao analisar os sistemas de avaliação da educação básica do Brasil, considera alguns avanços nos últimos anos, ao relacionar as formas de avaliar o sistema nacional de educação.

As iniciativas das avaliações em larga escala, com o objetivo de medir a qualidade do sistema de ensino no país, referem-se ao final dos anos 1980. O marco

inicial foi a implementação do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Público do 1º grau - SAEP, que deu origem ao atual Sistema de Avaliação de Educação Básica – SAEB (BONAMINO; FRANCO, 1999). Nesse panorama, atualmente, em nosso país, constituiu-se um conjunto de vários tipos de provas que compõem o SAEB e reúnem a Prova Brasil, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), todos voltados para registrar dados numéricos quanto ao desempenho dos estudantes da educação básica.

Essa autora compreende que o sistema de avaliação nacional é um meio responsável de acompanhar as políticas públicas que movem a educação nacional. É um "[...] instrumento de prestação de contas à sociedade e de enriquecimento do debate público sobre os desafios da educação no país" (CASTRO, 2009, p.6). Assim, o sentido de avaliar deve ser pautado nessa intenção, porque, quando são apresentados os resultados avaliativos, é possível discutir e estabelecer estratégias para alcançar os objetivos e vencer os obstáculos diários da prática de ensino.

Minhoto (2015) explica que a avaliação em larga escala foi criada com o objetivo de entender o baixo desempenho dos alunos brasileiros em escolas públicas e auxiliar na propositiva de novas formas de intervir no processo de ensino e aprendizagem com vistas à sua qualificação.

Além das avaliações nacionais, o Brasil participa do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), que é realizado a cada três anos pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), assessorado pelo Inep, responsável pela aplicação das provas em todo o País. Essa participação tem o intuito de situar o desempenho dos alunos brasileiros no contexto da realidade educacional internacional e de possibilitar o acompanhamento das discussões nas áreas de conhecimento das provas de Leitura, Matemática e Ciências (INEP, 2007). Os resultados da última aplicação de provas do PISA mostraram uma queda de pontuação nas três áreas avaliadas no Brasil: Ciências, Leitura e Matemática. Essa pontuação também refletiu na posição do país no ranking mundial, que ficou na 63ª posição em Ciências, na 59ª, em Leitura, e na 66ª, em Matemática.

A amostra brasileira contou com 23.141 estudantes de 841 escolas, que representam uma cobertura de 73% com 15 anos de idade. Em cada edição, o PISA dá ênfase a uma das três áreas. Neste ano, o foco foi em Ciências. Vejam-se os resultados: em 2015, a nota do país em Ciências foi de 405, e na edição anterior, de 2012, 401; em Leitura, o desempenho do Brasil, que era de 410, passou para 407; já

em Matemática, a pontuação dos alunos brasileiros caiu de 391 para 377. Os resultados dos estudantes em Ciências e em Leitura são distribuídos em uma escala de sete níveis de proficiência (1b, 1a, 2, 3, 4, 5 e 6). Em Matemática, a escala é de 1 a 6. O nível mínimo esperado é o 2, considerado básico para "a aprendizagem e a participação plena na vida social, econômica e cívica das sociedades modernas em um mundo globalizado". No Brasil, em todas as três áreas, mais da metade dos estudantes ficaram abaixo do nível 2[1] (MEC, 2016).

Isso reforça o pressuposto de que o nível educacional dos nossos jovens e adolescentes brasileiros está ruim, o que resultou na atribuição de péssimo desempenho, segundo os dados da avaliação do PISA, assim considerado por causa das notas baixas nas três provas, praticamente estacionados, conforme observado nos últimos dez anos de edição.

Como o foco deste estudo é a educação básica, mais especificamente, o Ensino Médio, recordo um breve comentário acerca do período colonial que o Brasil vivenciou, quando era privilégio de poucos prosseguirem seus estudos. Daquela época até os dias atuais, ainda há resquícios da desigualdade social, que impede que alguns perseverem e concluam, ao menos, essa etapa formativa do ensino (BRASIL, 2013).

Segundo dados do IBGE, em 2016, a população brasileira tinha 87,9% de adolescentes de 15 a 17 anos de idade matriculados na escola; 32,8% dos com 18 a 24 anos de idade estavam frequentando a escola, e 23,8% cursavam o ensino superior. Assim, 24,8 milhões de pessoas com idades de 14 a 29 anos não frequentavam a escola nem haviam concluído todo o ciclo educacional, até concluir o ensino superior. Desse grupo, 52,3% eram homens, mais da metade dos quais declararam não estar estudando por causa do trabalho, e 24,1% disseram que não têm interesse em continuar os estudos. Quanto às mulheres, 30,5% não estudavam por causa de trabalho, 26,1%, dos afazeres domésticos ou do cuidado de pessoas, e 14,9%, por não terem interesse.[2](IBGE, 2018)

De fato, temos muitas questões que se assemelham ao longo de toda a extensão territorial do país, independentemente de região ou do estado geográfico. Fatores como o contexto socioeconômico, a gravidez na adolescência, a formação

[1]Texto extraído do artigo portal do MEC. Disponível em: <www. http://portal.mec.gov.br/>. Acesso em: 02 jan. 2019.

[2]Texto extraído do artigo Agência IBGE notícias. Disponível em: <www.agenciadenoticias.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 jan. 2019.

familiar precoce, o ingresso no mercado de trabalho, a desmotivação, a infraestrutura de instituições comprometidas e a relação entre o aluno e o professor contribuem para a evasão ou abandono da vida escolar.

Existe uma dualidade considerável em relação a essas questões, pois, de um lado, existem alunos que cursam e concluem o Ensino Médio normalmente, porque reconhecem a importância de prosseguir com os estudos e valorizam o processo formativo. Porém, para outros, essa realidade parece não fazer parte de seu mundo. E como o meio onde o sujeito se encontra inserido influencia diretamente seu comportamento, há casos em que a família não se interessa nem faz cobranças. Esses são indicativos de responsabilidade. O que resta, muitas vezes, é a escola criar meios para incentivar os alunos a continuarem na escola, na perspectiva de que tenham sucesso escolar.

Há que se ressaltar que a interpretação dos resultados é importante na escala de certos níveis prefixados, partindo da ideia de selecionar itens cujo poder de discriminação se situa ao redor desse nível, e a partir deles, descrever as proficiências dos alunos, observando o que sabem e são capazes de fazer (BEATON e ALLEN, 1992). Essa intenção de acompanhar o desempenho numa escala de níveis pode contribuir para se compreender o desenvolvimento dos estudantes. Todavia, é preciso observar os resultados da proficiência, a interpretação e o raciocínio e criar medidas de intervenção para o crescimento formativo desses discentes.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação, em seu Art. 35º, aponta que uma das finalidades do ensino no nível médio é de “aprimorar o educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”(BRASIL, 2012). Logo, têm-se em destaque os aspectos essenciais para o prosseguimento educacional do aluno que está nessa etapa, e objetiva um caminho promissor ao concluir a educação básica.

Moreira (2014) afirma que os elaboradores dos documentos oficiais, como as Orientações Curriculares e os Parâmetros Curriculares, erraram ao não consultar professores, alunos e gestores envolvidos com a educação brasileira, porque:

> Esses documentos emergiram no mesmo contexto político e socioeconômico conduzido pela influência dos organismos multilaterais, cujos maiores expoentes são o Banco Mundial (BM), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Fundo Monetário Internacional (FMI), a Organização a Ciência e a Cultura (Unesco), a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal) etc. Portanto, não se pode desconsiderar a materialidade discursiva desses documentos, filiada à formação discursiva do mercado e à função ideológica que os conteúdos desses documentos e normatizações das políticas educacionais exercem sobre o contexto educacional concreto, a escola e a sociedade como um todo. (MOREIRA, 2014, p.179)

Acredito que, para melhorar a qualidade da educação, é necessário ouvir e analisar a realidade dos discentes, conhecer a unidade escolar, o trabalho da gestão e a equipe docente, a fim de mover ações e investimentos e acompanhar devidamente o desempenho da escola, ao invés de simplesmente apontar negativamente, observando apenas os dados ou percentuais numéricos de determinada instituição. Contudo, não devemos ignorar os dados divulgados pelos sistemas avaliativos, porque é por meio deles que temos a ideia de como o ensino tem chegado aos estudantes e devemos perceber que, quando os indicadores apresentam resultados insatisfatórios, funcionam como uma via para especular os altos índices de repetência, evasão e abandono escolar, que traduzem o baixo desempenho dos estudantes.

# CAPÍTULO 3 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Foi utilizada uma abordagem qualitativa descritiva, partindo de uma análise documental acerca dos elementos percebidos no exame das provas avaliativas do ENEM, especificamente da área de Ciências da Natureza, no período de 2010 a 2016, e dos relatórios pedagógicos disponíveis no site do INEP.

Segundo Sá-Silva, Almeida e Guindani (2009), a pesquisa documental, assim como outros tipos de pesquisa, propõe-se a produzir novos conhecimentos, criar novas formas de compreender os fenômenos e dar a conhecer a forma como eles têm sido desenvolvidos.

No que tange à pesquisa descritiva, exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar e descreve os fatos e os fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987). Nesse sentido, a pesquisa documental se insere na perspectiva de criar conhecimentos baseados nas análises de interesse do objeto de estudo e de descrever os detalhes dos documentos observados e contribui, especificamente, nessa produção científica, com o ensino da área de Ciências da Natureza, cuja reflexão é direcionada aos professores dessa área de conhecimentos.

## 3.1 FONTES DE COLETA DOS DADOS

Para proceder à coleta e à análise dos dados, selecionei as provas da área de Ciências da Natureza do ENEM e recortei as questões afins aos conteúdos de Biologia Celular, presentes no período de 2010 a 2016.

As provas discutidas nesta pesquisa foram aplicadas no primeiro dia do exame, de acordo com o ano de cada avaliação, com caráter seletivo e, portanto, eliminatório. As questões prescritas trazem conhecimentos específicos da área e objetivam avaliar a leitura, a interpretação e o domínio dos conteúdos nas situações-problemas.

Como selecionei as provas e as questões do ENEM pelo site do portal do INEP, em relação ao ano de 2010, utilizei as provas azuis, porque o site só disponibiliza os cadernos dessa cor. Nos anos seguintes, optei pelas provas dos cadernos de cor amarela, pois todas estavam disponíveis para acesso. Ainda em relação ao ano de 2010, devido a uma fraude, foram liberadas questões, motivo pelo

qual a prova foi aplicada em duas etapas nesse mesmo ano. Para os anos seguintes, só analisei uma prova referente a cada ano. Então, analisei oito edições de provas distintas, no período de 2010 a 2016.

Como se tratada análise de uma grande área de conhecimentos - Ciências Naturais – a maioria dessas questões não é separada especificamente em uma única área. Portanto, as áreas de Biologia, Química e Física se interpenetram nas discussões. De modo geral, identifiquei trinta questões (67%) e selecionei as que são específicas dos conhecimentos da Biologia Celular, foco de interesse desta pesquisa, pertencente à Biologia, e analisei outras situações-problema que envolviam a contextualização e a interdisciplinaridade, contemplando os conhecimentos da Química com a Biologia, como também da Biologia com a Física, ou ainda, mesclando as três áreas, cujos conteúdos de Biologia Celular encontram-se de forma implícita, e verifiquei 33% das provas observadas.

Depois de fazer essa seleção, recortei apenas as questões afins aos conteúdos de Biologia Celular, associadas aos temas: Moléculas, células e tecidos; Genética e hereditariedade e Ecologia e Ciências Ambientais e distribuídos nos subtemas: Estrutura, Fisiologia, Bioquímica e Metabolismo Celular; Aplicações da Biotecnologia; DNA e Transmissão Hereditária; Ecossistemas e Interações entre os Seres Vivos. Na Tabela 3, está disposto o quantitativo das questões para o período de 2010 a 2016.

Para auxiliar a análise dessas questões, recorri à tese de Dias (2008), para estruturar as categorias de análise no que diz respeito à discussão dos conteúdos, para observar a estrutura da questão (os enunciados e a exploração dos temas) e os aspectos da contextualização e da interdisciplinaridade contidos nas questões.

Em seguida, relacionei as questões aos objetivos do trabalho, com foco no conteúdo de Biologia Celular e nas temáticas afins, e observei se apresentavam a contextualização e a interdisciplinaridade em suas abordagens, assim como sua correspondência com a matriz de referência da área de Ciências da Natureza.

Para proceder à última parte das análises das questões de provas de Ciências da Natureza do período de 2010 a 2016, separei a área de Biotecnologia para essa etapa, visando enriquecer minha discussão, uma vez que, a cada ano avaliado, constatei uma constância de problemas sobre temas relacionados a essa área. Assim, distribuí as informações que averiguei e organizei-as em três subtemas

- Transgênicos, Células-tronco e Células-tumorais - e comentei suas aplicações e benefícios, de acordo com o ano e a questão correspondente.

Para a primeira parte da análise, elaborei uma tabela que indicava o ano de prova contemplado pela análise e o número que identificava a questão, a temática abordada e as áreas de aplicação dos conhecimentos. Para a segunda parte, distribuí diferentes tabelas, de acordo com o ano correspondente ao período de 2010 a 2016 das provas do ENEM, apresentadas em sequência dos anos observados, identifiquei as questões, os conhecimentos e as temáticas abordadas e associei as competências e as habilidades propostas na matriz de referência da área de Ciências da Natureza. E para a terceira parte, fiz a descrição em uma tabela, subdividi em subtemas, aplicações e benefícios e relacionei-os à questão e ao ano de provas indicados.

## 3.2 CATEGORIAS DE ANÁLISE

As categorias de análise são agrupamentos de natureza distinta, que organizam as informações e auxiliam as discussões acerca das ideias descritas no decorrer dos capítulos.

Na exploração do material, os dados são codificados a partir da unidade de registro (UR), que “é a unidade de significação a codificar e corresponde ao seguimento de conteúdo a considerar como unidade de base, visando à categorização e a contagem frequencial” (BARDIN, 2010, p.130). Nessa análise, essas unidades de registro são os dados extraídos das situações-problema que contêm os conteúdos de Biologia Celular, discutidos com base nas provas selecionadas da área de Ciências da Natureza do ENEM.

A categorização é uma operação empregada para classificar os elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são classes que reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) (BARDIN, 2010, p.145). Essas categorias serão apresentadas conforme os dados da análise das questões de provas selecionadas, organizadas em uma sequência de três partes, a saber: 1) Análise das questões sobre a contextualização e a interdisciplinaridade; 2) Análise das questões de Biologia

Celular segundo a matriz de referência de Ciências da Natureza; e 3) Análise das questões sobre a área de Biotecnologia.

## 3.3 PRODUTO EDUCACIONAL: TAREFAS DIDÁTICAS COM O USO DAS COMPETÊNCIAS EDAS HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA PROPOSTAS EM CONSONÂNCIA COM O ENEM

Como fruto desta pesquisa, elaborei um produto educativo, nos moldes de *Cartilha Didática* (APÊNDICE A), com orientações pautadas na matriz de referência de Ciências da Natureza, com base na competência 5, que busca “Entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos”, e recortei as habilidades 17 e 18, que se referem, respectivamente, a relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação, associando a propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

Sobre essas orientações da matriz, sugeri algumas atividades propostas, descritas em três modelos de plano de aula direcionado especificamente às áreas de Biologia, Química e Física, a partir de um pequeno recorte, extraí questões do ENEM do período de minha análise e mencionei as afinidades em comum, próprias dessas áreas do conhecimento, com o intuito de estimular os professores de Ciências a empregarem novas metodologias em sua prática de ensino.

# CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 4.1 OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA CELULAR (TEMAS E SUBTEMAS) EXPLORADOS NAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DO ENEM

Antes de apresentar as análises e as discussões das provas, considerei necessário organizar os conteúdos selecionados, dispostos em temas e subtemas, conforme observado no trabalho de Dias (2008), para compreender o que foi explorado nessas questões de provas. Minha intenção não foi de separar os conteúdos de Biologia, mas de facilitar as análises, identificar o quantitativo de questões e dividi-las nessas categorias, tomando como base os conteúdos programados para as provas do ENEM, disponíveis no ícone 'editais e portarias' do site do INEP. Selecionei de acordo com a aproximação com a área de Biologia Celular e apresento-os na tabela a seguir:

**Tabela 3 –**Temas e subtemas explorados nas questões de provas de múltipla escolha no ENEM entre 2010 e 2016

| TEMAS | SUBTEMAS | Quantidade de questões relativas ao tema | Quantidade de questões relativas ao subtema |
|---|---|---|---|
| Moléculas, células e tecidos | Estrutura, metabolismo celular e energético;Fisiologia; Aspectos bioquímicos celulares;Histologia, Células-tronco, clonagem, transgênicos e tecnologia do DNA recombinante; Aplicações de Biotecnologia; DNA e investigações científicas: teste da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos;Ética, Biotecnologia e sustentabilidade. | 05 | 21 |
| Genética Hereditariedade e diversidade da vida | Transmissão de características hereditárias; Antígenos e anticorpos; Neoplasias; Mutações gênicas e cromossômicas. | 02 | 02 |
| Ecologia e ciências ambientais | Ecossistemas; Interações entre os seres vivos; Ciclos Biogeoquímicos. | 02 | 02 |

**Fonte:** Autoria própria - 2018

Nesse quadro de referência, descrevo os assuntos das oito provas analisadas de Ciências da Natureza do ENEM, do período de 2010 a 2016, e faço um recorte destacando o quantitativo de questões para os temas e os subtemas: *Moléculas, células e tecidos* – cinco questões; *Genética e hereditariedade* – duas questões; e *Ecologia/Ciências ambientais* - também duas *questões.* Desse conjunto de questões selecionadas nessas categorias, fiz o estudo das análises, o que totalizou 30 questões. Esses dados revelam um número considerável de questões, o que significa que esses conteúdos são explorados recorrentemente e que é preciso ensiná-los aos estudantes do Ensino Médio. Sobre os conteúdos citados nos editais do INEP previstos para a elaboração de provas, acredito que se confirma a importância de tais temáticas com as questões identificadas nessa análise de provas.

Os conteúdos de Biologia Celular e os temas/subtemas a eles relacionados também são bastante explorados nas questões de provas do ENEM. Isso indica que a Biologia Celular é base dos fundamentos da vida e que ela se interliga a outros conhecimentos, o que repercute desde a atividade vital dos seres vivos e a hereditariedade até a sua evolução natural.

Esses aspectos deixam claro que os estudantes, especificamente os egressos do ensino médio, devem saber esses conteúdos de forma concisa e que poderão se deparar com questões que tratem desses conteúdos e temáticas nas provas. De acordo com os conteúdos programados para a disciplina Biologia, geralmente cobrados na elaboração de provas do ENEM, no que diz respeito à Biologia Celular, há uma coerência com a grade curricular, já que também estão presentes nos livros didáticos e são explorados e ministrados na rotina escolar.

Quanto à abrangência de questões exploradas nos subtemas, observei a maciça presença na abordagem sobre a estrutura celular, a delimitação de sua fisiologia, as organelas citoplasmáticas e suas funções, respectivamente. Sobre os assuntos discutidos a respeito da Bioquímica Celular, também ocorre certa interação, principalmente entre a Biologia e a Química. Os temas que tratam das aplicações da Biotecnologia e da própria técnica do DNA recombinante são sempre comuns, porquanto contemplam várias questões, em diferentes edições de provas, o que considero muito pertinente, porque, atualmente, é uma área relevante, que contribui progressivamente para os avanços da Ciência.

Ao ser citada a área da Ecologia, que envolve a interação entre os seres vivos, comentam-se situações relativas às questões ambientais, com foco na ação de poluentes e abordando desde os efeitos danosos à vida, até a poluição do ar ou do solo de determinado ecossistema. Assim, há certa integração e diálogo entre as diferentes áreas das Ciências da Natureza, mas é mais comum a ligação com a Química.

Ressalte-se, entretanto, que considero pertinentes os conteúdos verificados nas provas de Ciências da Natureza, no que diz respeito à área da Biologia Celular, pois retratam questões em diversos contextos que, geralmente, aproximam-se do cotidiano dos estudantes, com temas que são bastante propagados nos meios de comunicação, com o intuito de lhes chamar a atenção para recordar informações essenciais, para aguçar a reflexão e o raciocínio, e explorar as competências e as habilidades nos problemas propostos.

## 4.2 ANÁLISES DAS QUESTÕES SOBRE A CONTEXTUALIZAÇÃO E A INTERDISCIPLINARIDADE

O termo contextualização não é tão mencionado nos sistemas educacionais, e isso pode ser um problema para alguns docentes, principalmente para vivenciar a prática de ensino nos dias atuais. Contudo, concordo com Santos Neto (2006, p. 27), para quem a contextualização é a “[...] forma de induzir uma conexão entre um conteúdo e seus significados como forma de situar o aprendiz e a partir daí promover a apreensão significativa de um conhecimento”. O ensino mediado pela contextualização é um meio de relacionar o conhecimento científico às vivências do cotidiano do aluno e de estimular o interesse pela aprendizagem, porquanto ele irá encontrar soluções ou informações que o orientem até para solucionar situações de sua vida diária. Os significados encontrados para o termo contextualização estão atrelados à noção de realidade, vivência, cotidiano, trabalho, contexto social, histórico e cultural, bem como aos conhecimentos prévios dos alunos (WHARTA; SILVA; BEJARANO, 2013).

A contextualização do ensino, presente nas diretrizes para o ensino médio, envolve o princípio de uma abordagem interdisciplinar do conhecimento, por meio da qual a contextualização visa integrar o conteúdo de determinada área aos das demais disciplinas. Ao contextualizar os conteúdos curriculares na direção do

cotidiano, naturalmente surge a necessidade de fazer isso com outras disciplinas escolares, “[...] pois somente na perspectiva das disciplinas escolares se completará o processo iniciado na perspectiva anterior, que é o de relacionar aquilo que é aprendido com aquilo que é vivenciado no cotidiano” (KATO; KAWASAKI, 2011, p. 47).

Captar os conteúdos curriculares e traduzi-los para a realidade do contexto social é uma forma de facilitar a compreensão dos alunos, que, ao perceber essas informações e associá-las à sua curiosidade e às situações pessoais do dia a dia, geralmente participam, expõem suas opiniões e questionam, porque veem sentido no que está sendo tratado. Além disso, supre as dificuldades que os alunos encontram em outras disciplinas, que, quando discutidas em conjunto, uma pode auxiliá-los a compreender a outra.

De acordo com o observado nas questões selecionadas, percebi essa relação em algumas questões em que o conteúdo de Biologia Celular aparece, mais de forma muito discreta, como "*pano de fundo*", porém contextualizada nos problemas propostos.

Então, seguem as discussões, com base nas questões que compreendem a contextualização e a interdisciplinaridade, conforme demonstrado na tabela a seguir:

**Tabela 4–** A contextualização e a interdisciplinaridade nas questões da área de Ciências da Natureza de 2010 a 2016 das provas do ENEM

| Ano/ nº Questão | Tema | Área sem que os conhecimentos são aplicados |
|---|---|---|
| **2010 / 53 -1ª Aplicação** | Ecologia/Sustentabilidade | Química/Biologia |
| **2010/ 63 - 1ª Aplicação** | Ecologia/Transformação de Energia | Química/Física/Biologia |
| **2010/ 77 - 1ª Aplicação** | Química Orgânica/ Respiração Celular | Química/Biologia |
| **2010/ 89 - 2ª Aplicação** | Infectologia Hospitalar | Química/Biologia |
| **2012/ 77** | Estrutura Celular | Química/Biologia |
| **2012/82** | Osmose/Células Humanas | Química/Biologia |
| **2015/ 81** | Respiração Celular/Células Humanas | Química/Biologia |
| **2016/ 55** | Estrutura Celular/ Respiração Celular | Química/Biologia |
| **2016/ 64** | Eletromagnetismo/Células Tumorais | Física/Química/Biologia |
| **2016/ 78** | Transformação de Energia/ Respiração Celular | Física/Química/Biologia |

**Fonte**: Própria autoria - 2018

A tabela apresenta o ano indicado como referência e o número da questão consecutivamente e o tema explorado sobre a contextualização. Quanto à interdisciplinaridade, aponta as áreas de conhecimentos das quais a situação-problema foi desenvolvida.

A questão de nº 53 - 1ª aplicação de 2010 - envolve um contexto exploratório relativo ao tema ‘Ecologia’ e cita a importância do elemento químico do fósforo para o solo na situação apresentada. Esse íon está comprometido ou escasso em relação à interferência humana, fator que ameaça impactos ambientais e indica a necessidade de práticas sustentáveis para repor esse elemento. Outro aspecto apresentado nessa questão é o fato de o conteúdo de Biologia Celular também ser mencionado, com destaque para o íon fosfato como parte estrutural das células e das moléculas do DNA. Embora a Biologia Celular esteja implícita, não é o tema central do problema. Então, de acordo com o contexto da questão, constatei que a Química e a Biologia estão associadas e compõem as áreas de aplicação dos conhecimentos.

A questão de nº 63 - 1ª aplicação de 2010 - aborda o tema ‘Ecologia’ e enfoca a produção de energia elétrica, cuja fonte de eletricidade se dá por meio da transformação de energia química, convertida em eletricidade. Assim, é proposta uma nova tecnologia, chamada de células a combustível de hidrogênio/oxigênio, que resulta no subproduto água. Essa é uma medida para minimizar os danos causados ao meio ambiente. Quanto às áreas contempladas nessa questão, percebi que a Física dialoga com a Química diretamente, e que a Biologia só se apresenta no contexto do impacto ambiental. De modo comparativo, a questão traz uma imagem ilustrativa, semelhante à característica da permeabilidade celular, idealizada para se criar uma tecnologia produtora de energia elétrica, impulsionada pelo trabalho dos elementos químicos moleculares. Isso implica dizer que essa tecnologia visa trazer benefícios para a humanidade e proporcionar um diferencial em relação a outros processos prejudiciais ao ambiente.

A questão de nº 77 - 1ª edição de 2010 - debate sobre o tema que envolve o importante processo da respiração celular e perpassa um efeito nocivo devido à intoxicação causada por um composto molecular, chamado de monofluoracetato de sódio, representado pela química orgânica, principal *ator* da trama dessa questão. Portanto, depreendi que, embora as áreas de conhecimento sejam distintas, nesse

caso, a Química e a Biologia se entrelaçam nesse contexto, uma vez que, bloqueado o ciclo biológico de Krebs, compromete-se a respiração celular e, consequentemente, a circulação desses animais.

A questão de nº 89 - 2ª aplicação de 2010 - apresenta o tema ‘infectologia hospitalar’, com base na pesquisa desenvolvida com nanocristais de dióxido de titânio - $TiO_2$, que, sob a ação da luz solar, destroem paredes celulares de determinados microrganismos e demonstram a capacidade de decompor partículas de sujeira em tecidos. Percebi que foram aplicados conhecimentos das áreas de Química e de Biologia, na tentativa de prevenir infecções em tecidos de camas hospitalares. A intenção dos pesquisadores foi bastante pertinente, pois utilizaram o micro composto molecular (nanocristais), uniram a intensidade de luz solar e observaram a incidência dos raios, a fim de atuar nas sujeiras e, consequentemente, em microrganismos presentes nos tecidos. Para tal prática, foi realizado o teste em leitos hospitalares. Alguns resultados foram positivos, porém outros só tiveram êxito em presença de luz solar, pois, sem essa iluminação, demonstrou-se pouca eficiência na limpeza dos tecidos.

Interessante ressaltar que,em relação aos anos de 2011, 2013 e 2014, não identifiquei nenhuma questão que tratasse da Biologia Celular e articulasse problematizações e diálogos em comum com as outras áreas de Ciências da Natureza, apenas discussões muito específicas da Biologia. Por isso, separei essas questões para a última parte das etapas de minhas análises.

A questão de nº 77 do ano de 2012 cita o tema Estrutura Celular e demonstra, por meio de uma ilustração, o comportamento das membranas celulares quando em presença de água. Nessa questão, é evidente a aproximação entre as áreas de Química e Biologia, em que se destacam os fosfolipídios, elementos e moléculas essenciais aos componentes da estrutura celular.

Na questão de nº 82, também do ano de 2012, apresenta-se o tema osmose em células humanas, um processo de manutenção natural que acontece nas células de todos os seres vivos. Nesse caso, temos uma situação que envolve a Química ligada à Biologia, quando aparece uma solução de cloreto de sódio (NaCl), visando equilibrar a concentração ideal nas células humanas.

A questão de nº 81/ 2015 trata do processo de respiração celular a partir do consumo de glicose das células humanas, com destaque para as moléculas de ATP. Esse problema é apresentado em forma de gráfico, em que se associam os

conhecimentos biológicos aos dados numéricos para o consumo de glicose devido ao aumento do oxigênio, o que confirma a discussão entre as áreas de Química e Biologia.

A questão de nº 55/ 2016 aborda o tema ‘estrutura celular e respiração celular, sucessivamente, partindo de uma pesquisa desenvolvida com nanopartículas, na tentativa de manipular proteínas em células específicas, a fim de bloquear o ciclo de krebs para destruir células cancerosas. Contudo deve ser endereçado a uma organela citoplasmática, que desempenha a função energética, objetivando o resultado de interesse. Então, compreendo que o *enredo* dessa questão explora conhecimentos muito específicos da Biologia e foca a estrutura e a respiração celular. No entanto, a Química também se aplica à situação, embora discretamente, ao ser citada a pesquisa com nanopartículas e as moléculas de proteínas.

A questão de nº 64/ 2016 contextualiza o tema ‘eletromagnetismo e células tumorais’, cuja situação apresenta a aplicação da Física unida com a Química, inseridas no procedimento terapêutico chamado de magneto-hipertermia (atreladas às nanopartículas no campo magnético), com a finalidade de elevar a temperatura e de atingir as células tumorais. Assim, a área da Biologia aparece no desfecho da situação, apontada segundo as células de interesse citadas.

A questão de nº 78 - 2016 - é sobre o tema ‘transformação de energia e respiração celular’. É criada uma tecnologia denominada de biocélula, para substituir as baterias convencionais, com a manipulação de bactérias que oxidam substratos orgânicos.Nesse contexto, estão contidas como áreas de aplicação de conhecimentos a Física, a Química e a Biologia, que associam a produção de combustíveis, auxiliam os circuitos de correntes elétricas, a partir da inserção das biocélulas, e promovem a sustentabilidade.

## 4.3 ANÁLISES DAS QUESTÕES DE BIOLOGIA CELULAR SEGUNDO A MATRIZ DE REFERÊNCIA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Nessa etapa da análise, apresento tabelas em que constam o período de provas do ENEM equivalente aos anos de 2010 a 2016, apresentadas em sequência, as questões, os conhecimentos e as temáticas abordadas, discutindo

segundo a matriz de referência da área de Ciências da Natureza, também objeto de estudo desta pesquisa.

A matriz de referência do ENEM traz os conteúdos a serem cobrados nas provas assim como as competências que orientam os estudantes sobre como resolverem as questões (BRASIL, 2009 p. 62).

**Tabela 4 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2010 -1ª aplicação)

| **Prova azul** | **ENEM 2010 - 1ª aplicação** | | |
|---|---|---|---|
| Questão | Conteúdo (s) | Temática | Competência (s) e habilidade (s) |
| 53 | Química Inorgânica | Sustentabilidade | C1 (H4), C3(H8), C8 (H30) |
| 63 | Transformação de Energia | Sustentabilidade | C1 (H4), C3(H8), C5(H17), C6(H23) |
| 76 | Genética | Transgênicos | C3 (H11), C5(H19) |
| 77 | Química Orgânica/Respiração Celular | Respiração Celular | C5 (H17) |

**Fonte:** A autora, 2018.

Como tema de relevância, a questão de nº 53 do ano de 2010 (1ª aplicação de provas) é sobre a sustentabilidade com foco no elemento fósforo, presente nas membranas celulares e nas moléculas de DNA e de ATP, além de ser utilizado em fertilizantes agrícolas. Devido à constante exploração dos solos, as reservas estão escassas, e isso afeta a disponibilidade desse íon. Então, uma forma de minimizar esse problema e de abraçar a causa da sustentabilidade pode ser a reciclagem dos resíduos biológicos, que resulta na produção de adubo orgânico para o solo.

Na situação apresentada, relacionam-se a C1H4, que visa compreender as Ciências Naturais e as tecnologias associadas a construções humanas e os papéis nos processos de produção e de desenvolvimento econômico e social da humanidade; a C3H8, que objetiva associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental; e a C8H30, que visa se apropriar de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Na sequência, a questão de nº 63, do ano de 2010 (1ª aplicação), configura, de forma interdisciplinar, as três áreas de Ciências da Natureza - Química, Física e Biologia - na discussão sobre o tema e trata da produção de energia em suas transformações como progresso tecnológico. Porém, atualmente, é uma causa de preocupação, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica, porque sua produção compromete negativamente o ambiente natural.

Pensando nesse problema de produção e de consumo desenfreado, foi proposta uma nova tecnologia, construída à base de células de combustível de hidrogênio/oxigênio, como um meio para evitar danos ao ambiente, porquanto converte energia química em energia elétrica de forma natural. Correlacionando a esse contexto, seguem-se as competências e as habilidades: C1H4 – que compreende as Ciências Naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas e avalia propostas de intervenção no ambiente de forma sustentável; a C3H8 associa intervenções a instrumentos ou ações científico-tecnológicas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos; a C5H17 tem o objetivo de entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos, apresentadas em diferentes formas de linguagem; e a C6H23, que aborda sobre a apropriação de conhecimentos da Física para, em situações-problema, interpretar ou planejar intervenções científico-tecnológicas, avaliando possibilidades de gerar, usar ou transformar energia, considerando implicações ambientais.

O enfoque da questão de nº 76 do ano de 2010 (1ª aplicação) é uma temática bem atual, pois se trata de um problema de saúde pública, no tocante à disseminação do vírus da dengue, em razão da multiplicação reprodutiva do mosquito. Investigadores desenvolveram uma variedade de *Aedes aegypti* geneticamente modificada (uma espécie de transgênicos) para dificultar a contaminação e a reprodução da doença.

Assim, de acordo com o exposto no prenúncio do problema, a C3H11 reconhece os benefícios, as limitações e os aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos, e a C5H19 avalia métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental. Essas habilidades afirmam a importância de aplicar determinadas técnicas, a fim de minimizar os números e os casos de

infecção viral, como um problema de saúde pública e, de forma ética, contribuir com a sociedade.

A questão de nº 77 do ano de 2010 - 1ª aplicação - aborda uma fatalidade e cita um número considerável de animais mortos em um zoológico do estado de São Paulo. Como os estudos técnicos apontam suspeitosamente para um tipo de intoxicação, apresentou-se um composto molecular, o monofluoracetato de sódio, que bloqueia a ação da atividade natural da respiração em determinados animais.

Nesse sentido, associamos a C5H17, que visa entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos, às informações apresentadas em diferentes formas de linguagem representadas pelas Ciências Químicas e Biológicas.

**Tabela 5 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2010 - 2ª aplicação)

| **Prova azul** | **ENEM 2010 - 2ª Aplicação** | | |
|---|---|---|---|
| Questão | Conteúdo (s) | Temática | Competência (s) e Habilidade (s) |
| 50 | Histologia | Células-tronco | 3(H11), C5(H19) |
| 66 | Sistema Imunológico | Transgênicos | C2 (H7), C8(H29) |
| 78 | Células nervosas | Dores de cabeça | C5 (H18), (H19) |
| 89 | Estrutura Celular | Infectologia Hospitalar | C5 (H18), (H19), C7(H25) |

**Fonte:**A autora - 2018

Seguindo com as questões do ano de 2010 (2ª aplicação), recortei a de nº 50, que trata das células-tronco, utilizadas como autotransplante, através da terapia medicinal, que objetiva substituir os transplantes tradicionais, para evitar problemas de rejeição do próprio indivíduo.

Então, relacionei a C3H11, que busca associar intervenções resultantes em ações científico-tecnológicas e reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, e a C5H19, que visa avaliar os procedimentos das Ciências Naturais que contribuem para solucionar problemas. Esse tipo de terapia pode ser uma resposta positiva, como técnica biotecnológica, principalmente no que diz respeito à imunidade e à reação compatível do indivíduo que necessita de algum tipo de transplante.

A questão de nº 66 aborda sobre uma pesquisa feita pela produção de um tipo de soja transgênica, que resultou em um aumento de 50% das alergias apresentadas nos consumidores. Essa realidade apontada se encaixa na C2H7, que seleciona testes de controle, parâmetros ou critérios para comparar materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de sua vida, e C8H29, que objetiva interpretar experimentos ou técnicas em que se utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde e a produção de alimentos.

Portanto, de forma coerente com o problema, a matriz tem algumas características importantes: desde a realização de testes para liberar o consumo com base na avaliação do procedimento, fato que contribui com a sociedade ao explicar sobre a técnica desenvolvida, e busca descobrir implicações, principalmente quanto ao consumo e aos efeitos prejudiciais à saúde da população.

A questão de nº 78é sobre a ação da substância cafeína agindo no sistema nervoso. A pergunta é sobre a propriedade dessa substância como elemento comum e a composição de medicamentos indicados para combater sintomas de dores de cabeça.

A C5H18 relaciona as propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam, e a C5H19 avalia métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social.

Assim, a presença da substância cafeína, unida com a atividade das células nervosas, pode atuar positivamente contra as dores de cabeça, como uma forma de contrair os vasos sanguíneos e diminuir o atrito entre as terminações nervosas dessas células. Essa condição é um fator a ser observado quanto aos efeitos, a fim de corresponder ao diagnóstico do problema de cefaleia.

A questão de nº89apresenta uma pesquisa desenvolvida com nanocristais de dióxido de titânio - $TiO_2$ - sob a ação da luz solar, ao demonstrar a capacidade de decompor partículas de sujeira em tecidos. Com esse mesmo intuito, testou-se a eficiência de prevenir infecções em tecidos de camas hospitalares, a fim de destruir as paredes celulares de microrganismos. Conforme o que foi exposto na questão, compreendo que a C5H18 relaciona propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se

destinam,e C5H19 avalia métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuem para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social.

A intenção dos pesquisadores foi significativa, porquanto eles fizeram o mesmo procedimento, apenas direcionaram os testes a leitos hospitalares, visando amenizar o problema de infecções. Desse modo, obteve-se como resultados uma ação reagente positiva, todavia, apenas quando em presença de luz solar, pois, sem essa iluminação, houve pouca eficiência na limpeza dos tecidos.

**Tabela 6 –** Questões da área de Ciências da Naturezado ENEM (2011)

| Questão | Conteúdo | Temática | Competência (s) e habilidade (s) |
|---|---|---|---|
| 62 | Molécula de DNA | Processo de Replicação do DNA | C4(H13), C4(H15) |
| 66 | Genética | Epigenética | C4(H13) |
| 67 | Biotecnologia | Transgênicos | C3(H11) |

**Fonte:** A autora - 2018

A questão de nº 62 aborda a estrutura da molécula do DNA e o papel que desempenha na hereditariedade e detalha o processo de replicação. Sobre essas informações,a competência C4H13 reconhece os mecanismos de transmissão da vida, prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos, e a C4H15 interpreta modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos. Portanto, essas competências e habilidades enfatizam a hereditariedade, explicam a molécula do DNA e citam sua estrutura e seu funcionamento.

A questão de nº 66 aborda um tema intrigante – a transmissão de um gene hereditário pelos mecanismos da Epigenética. Esse fator possibilita que se alterem as atividades de determinados genes, com mudanças nas bases nitrogenadas. Quanto à C4H13, reconhece mecanismos de transmissão da vida e prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos. Essa habilidade é bastante específica e se enquadra nesse caso, porquanto visa compreender como ocorre ou se processa esse tipo de transmissão hereditária. Uma pesquisa realizada sobre esse aspecto retratou 100 casos comprovados de traços adquiridos, devido à inativação de determinados genes, e defende a ação da Epigenética.

A questão de nº 67, relativa aos transgênicos, tece considerações a respeito de uma pesquisa norte-americana, a partir da criação de uma célula sintética,

introduzindo determinado material genético, em outra espécie de bactéria. Essa prática se revela na competência C3H11, que visa reconhecer os benefícios, as limitações e os aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos de interesse. Isso reforça seus benefícios, como a geração de produtos como medicamentos na manipulação de diferentes espécies.

**Tabela 7 –** Questões da área de Ciências da Naturezado ENEM (2012)

| **Prova amarela** | **ENEM 2012** | | |
|---|---|---|---|
| Questão | Conteúdo | Temática | Competência (s) e habilidade (s) |
| 47 | Biotecnologia | Transgênicos | C3(H11), C4(H13), C5(H19) |
| 60 | Biotecnologia | Transgênicos | |
| 77 | Estrutura Celular | Bioquímica | C4(H14) |
| 82 | Estrutura Celular | Osmose | C7(H25),C8(H29) |

**Fonte:** A autora - 2018

Prosseguindo com as questões do ano de 2012, a de nº 47 trata da criação humana de peixes híbridos e da modificação da prática pesqueira ao incentivar o desenvolvimento de peixes transgênicos.

A aplicação dessas técnicas em seres vivos relaciona-se com a C3H11, que visa reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos, e com a C4H13, que busca reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prever ou explicar a manifestação de características dos seres vivos, e com a C5H19, em que se avaliam métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental. Como se trata de uma das práticas da Biotecnologia, é necessário acompanhar desde a produção até o desenvolvimento dessas espécies de seres vivos e, só depois, avaliar esses procedimentos para saber se são bons ou negativos para a humanidade.

A questão de nº 60 menciona a produção do milho transgênico a partir da escolha de um gene de interesse, retirado de outra espécie de organismo e introduzido para melhorar a genética da planta. Para isso, relacionei as competências C3H11, C4H13 e C5H19, apresentadas anteriormente, pois me refiro

a uma prática da Biotecnologia, a transgenia, que envolve princípios da ética, observações, testes e para a sociedade, de forma geral, que ainda espera por mais informações sobre a produção, a circulação e o consumo desses produtos, para assegurar a saúde e o bem-estar da população.

A questão de nº 77 demonstra, por meio de uma ilustração, o arranjo molecular presente nas membranas celulares, que formam a camada dos fosfolipídios, reúnem elementos químicos em processos biológicos e mostram seu comportamento em ambiente aquático.

A C4H14 comenta sobre os padrões dos fenômenos e dos processos vitais dos organismos, evidencia o comportamento dos fosfolipídios na presença da água e destaca o movimento de formas opostas, em que uma é hidrofílica, e a outra, hidrofóbica.

Na questão de nº 82, apresenta-se o processo de manutenção e equilíbrio natural que ocorre nas células de todos os seres vivos, biologicamente chamado de osmose. Nesse caso, aparece uma solução de cloreto de sódio (NaCl) para verificar se o nível de concentração é adequado quando imerso nas células humanas.

A osmose, como um processo biológico, ocorre com a participação do cloreto de sódio em presença de água. Em células humanas, especificamente, moléculas de água são transferidas do interior da célula para a solução. E como esse processo envolve seres vivos, através do metabolismo, é preciso acompanhar e verificar se houve ou não equilíbrio do meio interior para o exterior.

Para essa situação, a C7H25 caracteriza substâncias, identifica etapas, rendimentos ou implicações biológicas e sociais de sua obtenção ou produção, e a C8H29 interpreta experimentos ou técnicas em que se utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

**Tabela 8 –** Questões da área de Ciências da Naturezado ENEM (2013)

| **Prova amarela** | **ENEM 2013** | | |
|---|---|---|---|
| Questão | Conteúdo | Temática | Competência (s) e habilidade (s) |
| 50 | Estrutura Celular | Transgênicos | C3(11), C8(29) |
| 73 | Genética | Teste de paternidade | C4(H13), C5(H17) |
| 75 | Genética | DNA mitocondrial | C3(H11), C4(H13) |

**Fonte:** A autora -2018

No que se refere às questões do ano de 2013, inicio com a de nº 50 sobre plantas transgênicas e que propõe que seja feito o mesmo procedimento em organismos não fotossintetizantes, como as leveduras, por exemplo, para ampliar o ciclo de fermentadoras, utilizando as mitocôndrias, um tipo específico de organela com capacidade de multiplicar e de produzir energia.

Nesse contexto, as C3H11 e C8H29 reconhecem os benefícios, as limitações e os aspectos éticos da Biotecnologia, considerando as estruturas e os processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos, e buscam interpretar experimentos ou técnicas em que se utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, as matérias-primas ou produtos industriais.

A questão de nº 73 apresenta um estudo de caso, pois se trata de uma investigação para comprovar, por meio do *famoso* exame de DNA, a paternidade/maternidade biológica. Na descrição do problema, são apresentados cinco casais, cujas características específicas são comparadas com as informações genéticas do bebê.

Os conteúdos de Genética exigidos pelo ENEM compreendem os aspectos gerais das moléculas carregadoras da informação genética (DNA e RNA), sua composição química e sua estrutura, os mecanismos de transferência e hereditariedade e os conceitos mais complexos, como clonagem gênica e aplicação em outras áreas, na produção de fármacos, alimentos transgênicos, vacinas, investigação forense, entre outras (INEP, 2016c, p. 20-21). Assim, para responder a essas questões, o aluno deverá utilizar diferentes habilidades, como interpretar textos, gráficos, tabelas e imagens; fazer cálculos e interpretar os resultados, relacionar diferentes conteúdos ou aplicar o conhecimento em diferentes situações (TEMP & BARTHOLOMEI-SANTOS, 2015).

A C4H13 reconhece mecanismos de transmissão da vida, prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos, enquanto a C5H17 relaciona informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e de representação usadas nas Ciências Biológicas, como texto discursivo, gráficos e tabelas.

Em síntese, percebi que essas competências e habilidades apresentamos seguintes aspectos: empregam uma linguagem representativa e identificam características hereditárias, representadas na questão por meio de esquemas denominados de bandas de DNA, próprio dos passos da pesquisa biológica,

distribuídos em faixas verticais que demonstram a identidade dos indivíduos investigados. Esse teste de identificação biológica retira dúvidas dos interessados e contribui com a sociedade.

A questão de nº 75 segue traços semelhantes aos da investigação anterior, mas se revela de forma diferente, pelo fato de se referir a uma vítima de acidente que precisava ser identificada. A C3H11 reconhece os benefícios, as limitações e os aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos, e a C4H13 reconhece os mecanismos de transmissão da vida e prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos. Isso reforça a importância do teste de identificação, pois, a partir do DNA nuclear, é que se aprofunda a análise investigativa, minimizando as dúvidas. Nesse caso, a comparação do DNA mitocondrial da avó materna com o do sujeito do acidente contribuiu para identificar o material biológico.

**Tabela 9 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2014)

| Questão | Conteúdo (s) | Temática | Competência (s) e habilidade (s) |
|---|---|---|---|
| 48 | Genética | Transgênicos | C3(H11), C4(H13), (H15) |
| 51 | Células-tronco | Biotecnologia | C3(H11), (C5H19) |
| 57 | Genética | Herança de Sexo | C4(H13), C5(H17) |
| 64 | Estrutura Celular | Evolução Biológica | C4(H15), C(H16) |

**Fonte:** A autora - 2018.

Quanto ao ano de 2014, inicio com a questão de nº 48, que aborda a área de Genética, especificamente sobre o tema‘transgênicos’.Trata da manipulação de um gene de interesse de uma bactéria resistente a pragas de plantas. Nesse contexto, apropria-seda C3H11 e indica os benefícios, as limitações e os aspectos éticos da Biotecnologia, considerando as estruturas e os processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos, a C4H13, que reconhece mecanismos de transmissão da vida, prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos, e a C4H15, para interpretar modelos e experimentos e explicar fenômenos ou processos biológicos.

As habilidades selecionadas reforçam as informações sobre a transmissão hereditária, manifestada nas características dos seres vivos, até a execução dos experimentos. É interessante ressaltar que o problema apresentado esquematiza as etapas de acordo com a sequência do processo e revela o passo a passo da produção dos transgênicos, demonstrada com ilustrações e palavras-chave.

A questão de nº 51 aborda um tema polêmico, mas de grande relevância para o meio científico – as células-tronco embrionárias - que têm alto potencial de diferenciação e são alvo de interesse nas pesquisas, em razão dos resultados positivos, principalmente para utilização de práticas terapêuticas.

Assim, a C3H11 está voltada para reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando as estruturas e os processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos, e a C5H19 avalia métodos e/ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social.

Por acreditar nos benefícios que as células-tronco podem trazer para muitas realidades, concordo que essas pesquisas sejam desenvolvidas, desde que realizadas de forma ética, e como se trata de vidas, esses procedimentos devem ser devidamente acompanhados e avaliados. Só assim, será possível julgar tais procedimentos.

A questão de nº 57 traz um esquema representativo de um heredograma, típico da área de Genética, sobre uma doença hereditária rara transmitida de pai para filho. Associando a matriz de referência, aponto que a C4H13 reconhece mecanismos de transmissão da vida e prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos, e a C5H17 relaciona informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e de representação usadas nas Ciências Biológicas, como texto discursivo e linguagem simbólica. Então, entendo que, por meio da Genética, é possível investigar a transmissão hereditária de doenças de pais para filhos, representada na questão supracitada pelos símbolos no esquema como modelo representativo.

A questão de nº 64 faz uma abordagem reflexiva sobre o processo evolutivo das estruturas celulares, menciona as células eucarióticas e as procarióticas, destaca as organelas mitocôndrias e os cloroplastos e relata desde as características ancestrais até as descobertas mais recentes.

Com foco nas C4H15 e C4H16, compreendo, dentre outros aspectos, que a primeira interpreta modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos, enquanto a segunda visa compreender o papel da evolução na produção de padrões e de processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.Essas habilidades estão em consonância com os aspectos por meio dos quais foi construído o problema da questão, inicialmente apresentados pelos dois tipos de estruturas celulares: o modelo eucariótico e o procariótico, e, em seguida, pela evolução ocorrida nos seres vivos, no que diz respeito aos estudos da taxonomia.

**Tabela 10 –** Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2015)

| Questão | **Conteúdo (s)** | **Temática** | **Competência (s) e habilidade (s)** |
|---|---|---|---|
| 47 | Genética | Herança de sexo | C4(H13) |
| 54 | Biotecnologia | DNA recombinante | C3(H11), C4(H15) C5(H19) |
| 74 | Biologia Celular | Células pluricelulares | C4(H13) |
| 81 | Biologia Celular | Respiração celular | C5(H17), (H18) |

**Fonte:** A autora - 2018

A questão de nº 47 trata da transmissão hereditária, a partir de um fenômeno biológico chamado de *microquimerismo fetal*, que envolve uma pequena população de células ou DNA presente em alguns indivíduos - quando carrega mais de uma população de células geneticamente distintas. O curioso dessa descoberta é que se encontram nos tecidos femininos células masculinas. Essas características só foram encontradas em mulheres que tiveram filhos homens. Isso,naturalmente, deva ter ocorrido por causa da troca de células entre o feto e a mãe durante a gravidez.

No que diz respeito a essa questão, depreendi que a C4H13 reconhece mecanismos de transmissão da vida e prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos.

A questão de nº 54 relembra historicamente a origem da Biotecnologia e a criação da insulina humana produzida por bactérias. De forma sucinta, a Biotecnologia é citada na questão, que apresenta uma alternativa de promoção de saúde para pessoas com diabetes. Sobre as informações mencionadas nessa questão, considero que três habilidades se entrelaçam a esse raciocínio: a C3H11 reconhece benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando

estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos; a C4H15 interpreta modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos; e a C5H19 avalia métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuem para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

A questão de nº74 descreve as características dos organismos pluricelulares e justifica a variedade de estruturas celulares, cujas diferenças são perceptíveis e expressas de acordo com a constituição do genoma. Constatei que a C4H13 reconhece mecanismos de transmissão da vida e prevê ou explica a manifestação de características dos seres vivos. Partindo do princípio da hereditariedade, os conhecimentos que tratam da manifestação das características dos seres vivos buscam, nesse caso, compreender os mecanismos da variabilidade genética.

Ao analisar a questão de nº 81, constatei que ela aborda o processo de respiração celular, a partir do consumo de glicose das células humanas, e destaca as moléculas de ATP que desempenham essa função biológica. Para associar a questão proposta, recortei a C5H17, que relaciona informações apresentadas com diferentes formas de linguagem e representação usadas nas Ciências Físicas, Químicas ou Biológicas, como textos discursivos, gráficos, relações matemáticas em linguagem simbólica, e a C5H18, que relaciona propriedades físicas, químicas ou biológicas e sistemas às finalidades a que se destinam.

Isso significa que a questão foi elaborada com uma linguagem representativa, em forma de gráfico, e associa os conhecimentos biológicos aos dados numéricos apresentados para o consumo de glicose devido ao gasto de oxigênio. Então, os conhecimentos biológicos são interpretados na questão e observados nas curvas tracejadas que tratam do consumo de glicose relativos aos dados numéricos registrados.

**Tabela 11**: Questões da área de Ciências da Natureza do ENEM (2016)

| **Prova amarela** | **ENEM 2016** | | |
|---|---|---|---|
| Questão | Conteúdo (s) | Temática | Competência (s) e habilidade (s) |
| 55 | Estrutura Celular | Respiração Celular | C3(H11), C4(H14), C5(H19) |
| 64 | Eletromagnetismo | Células Tumorais | C3(H11), C5(H19), C6(H22) |
| 78 | Bioquímica | Biotecnologia | C3(H11), C4(H15), C5(H18) |

**Fonte:** A autora - 2018

A questão de nº 55 trata de uma célula eucariótica, que funciona com proteínas endereçadas a diferentes organelas de acordo com sua função. Assim, um pesquisador desenvolveu uma nanopartícula, que carregava proteínas para células específicas. Ele pesquisou a ação de uma proteína que bloqueasse o ciclo de Krebs, a fim de cortar o efeito de células cancerígenas.

Essa questão está relacionada à C3H11, que visa reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos; a C4H14, cujo objetivo é de identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno; e a C5H19, que avalia métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social.

Com exemplos como esses, vê-se que a Biotecnologia pode contribuir com as pesquisas, no tocante aos procedimentos específicos. Nesse caso, utiliza uma nanopartícula, a fim de quebrar a atividade de células desordenadas. A esse respeito, acredito no desenvolvimento biotecnológico, pois, ao se conhecerem os processos vitais e seu funcionamento, podem-se obter resultados positivos e avançar mais nas pesquisas.

A questão de nº 64 aborda um procedimento terapêutico chamado de magneto-hipertermia - elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que é afetada por tumores. A partir da temática do problema, relacionei a C3H11, a C5H19 e a C6H22, pois cada uma versa sobre informações relativas à questão. A primeira consiste em reconhecer os benefícios, as limitações e os aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos; a segunda visa avaliar métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuem para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social;e a terceira busca compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria, em suas manifestações, por meio de processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas.

Considero que essa terapia precisa ser mais divulgada, pois, de acordo com o problema, com o esforço desenvolvido pelo método terapêutico, principalmente na tentativa de impedir o desenvolvimento dos tumores com a ação magnética,interagindo com as células afetadas, é possível que essa intervenção terapêutica cure ou minimize os sintomas de certos pacientes.

A questão de nº78 apresenta uma tecnologia chamada de biocélula para combustíveis, como uma alternativa para substituir baterias convencionais. Esse problema tem relação com as seguintes competências e habilidades: a C3H11, que visa reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos; a C4H15, que objetiva interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos; e C5H18, que visa relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

É possível afirmar que as biocélulas trazem benefícios para a sociedade, principalmente ao meio ambiente, pois, através do processo de oxidação em bactérias, elas produzem correntes elétricas que evitam o desperdício de recursos naturais, como a água, tão necessária à vida.

## 4.4 ANÁLISES DAS QUESTÕES SOBRE A ÁREA DE BIOTECNOLOGIA

Em Ciências da Natureza, encontram-se especificados vários conteúdos de Biotecnologia, como, por exemplo, 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 de paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos (BRASIL, 2009, p. 62).

Borém (2005) assevera que a Biotecnologia opera em nível molecular, em que as barreiras estabelecidas na formação das espécies desaparecem. Isso é possível porque todos os seres vivos têm o DNA como molécula fundamental portadora da informação gênica e compartilham o mesmo código genético, que codifica e determina as proteínas dos homens, dos animais, das plantas, dos insetos e dos microrganismos.

Devido à afinidade da Biotecnologia com o conteúdo de Biologia Celular, porque essa área desenvolve suas pesquisas com o cerne que circunda toda a estrutura celular, e por perceber sua frequência nas questões observadas do ENEM, separei esta última parte da análise para tratar dessa área e organizei a tabela a seguir:

**Tabela 13 –** Questões de Biotecnologia do período de 2010 a 2016 nas provas do ENEM da área de Ciências da Natureza

| Subtemas | Aplicações | Benefícios | Questões |
|---|---|---|---|
| Transgênicos | I - Manipulação gênica | I – Combate à dengue | I - Q76-1ªap-A10 |
| | II - Soja transgênica | II - Controle da produção de alimentos | II - Q66-2ªap-A10 |
| | III – Bactérias transgênicas | III - Geração de produtos de interesse | III - Q67-A11 |
| | IV - Peixes transgênicos | IV - Lucro na piscicultura | IV - Q47-A12 |
| | V - Milho transgênico | V - Aumento e melhorias na produção | V - Q60-A12 |
| | VI - Transgênicos em seres eucarióticos | VI -Geração de produtos de interesse | VI - Q50-A13 |
| | VII - Planta transgênica | VII - Melhoramento Genético | VII - Q48-A14 |
| | VIII - Insulina humana em bactérias | VIII - Produção de fármacos | VIII - Q54-A15 |
| Células-tronco | I-II - Clonagem terapêutica | I - Autotransplante (Compatibilidade celular) | I - Q50-2ªap-A10 |
| | | II - Potencial terapêutico | II - Q51-A14 |
| Células Tumorais | I – Magneto-hipertermia (aquecimento de células tumorais) | I - Tratamento terapêutico | I - Q64-A16 |

**Fonte:** Própria autoria - 2018**Dados da pesquisa**: Q= nº da questão; ap= aplicação; A = Ano

Segundo a tabela 13, nota-se que o subtema transgênico é o mais explorado, pois, no decorrer dos anos de 2010 a 2015, houve questões a respeito desse assunto. Observei, também, que, geralmente, o tema 'transgênicos' está relacionado à manipulação gênica, própria da tecnologia utilizada, cuja aplicação é comum em espécies de planta e/ou bactérias, quando se fala em microrganismos, com exceção da questão de número 47, referente ao ano de 2012, que trata de peixes híbridos.

Diferentemente desses problemas, a Q76-1ª ap - A10 descreve uma pesquisa realizada em uma variedade de mosquitos da espécie *Aedes aegypti* modificada geneticamente, visando combater o vírus da dengue. Em relação às outras questões, como benefícios, propõem, de forma semelhante à outra, que se controle,

aumente e melhore a produção de alimentos e se gerem produtos de interesse, como medicamentos,o que resultará em lucro.

Pedranciniet *al.* (2007) enunciam que as questões de Biologia das provas do ENEM tendem a contextualizar seus conteúdos com temáticas apresentadas à população, como clonagem de órgãos e organismos, uso de células-tronco, alimentos transgênicos, questões ambientais, entre outras, pelos principais meios de comunicação.

Sobre as células-tronco, só encontrei duas questões dos anos de 2010 e 2014, que se referem à clonagem terapêutica. AQ50-2ªap-A10 – sobre o autotransplante, uma técnica de regeneração de tecidos e órgãos, que corresponde, de forma eficiente, à compatibilidade de células doadas pelo próprio paciente - e a Q51-A14, cujo enunciado consiste apenas em apresentar o conceito da temática.

Quanto ao tema ‘células tumorais’, que só identifiquei no ano de 2016, o último citado nesta análise, é sobre um tratamento terapêutico chamado de magneto-hipertermia, realizado pelo eletromagnetismo, com a finalidade de aquecer e destruir as células malignas.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a Biologia Celular refere-se ao estudo das células e de seus componentes estruturais, a partir da invenção do microscópio, passou-se a compreender com detalhes as diferentes formas de vida e a aprofundar os conhecimentos e as descobertas atuais. Esse conteúdo parece muito abstrato na mente dos alunos, porque trata de informações que não estão dispostas nitidamente no mundo macro, mas acessível a partir das lentes de aumento, nesse caso, utilizando-se o microscópio.

Sobre a compreensão dos conceitos científicos, reconheço que o professor precisa estar se atualizando, participando de formação continuada ou de cursos que acrescentem em sua qualificação, assim como é imprescindível que planeje, determine objetivos e utilize metodologias que auxiliem em práticas significativas, para que, de forma dinâmica, possa conduzir o processo de ensino-aprendizagem e suprir as limitações e as dificuldades comuns à práxis pedagógica.

Foi nesse sentido que fluiu o desvelo por esta pesquisa, primeiro, por considerar a Biologia Celular uma área muito importante no meio científico e por entender que dela partem os fundamentos que movem a vida, que podem se interligar com outros conhecimentos. Segundo, porque pensei no enfrentamento das dificuldades de aprender e na complexidade de ensinar/avaliar, decorrentes das situações do cotidiano escolar. Esses motivos me fizeram vislumbrar o ENEM como prova, atualmente, de tamanha proporção a desbravar em meu campo de pesquisa.

No que tange aos aspectos da avaliação, em nosso país, foi criado um sistema avaliativo chamado de SAEB, que engloba vários modelos de provas direcionados a públicos de nível escolar diferente, como o ENEM, por exemplo, para estudantes egressos do ensino médio, todos visando compreender o desempenho dos alunos. Eles são um meio de abrir discussões e de possibilitar intervenções, a fim de que docentes, gestores e toda a comunidade escolar busquem melhorar a qualificação e os índices de aprendizagem.

Nesse contexto, o ENEM propõe um modelo diferente de avaliação, em relação aos antigos vestibulares, notadamente tradicionais, e anula a memorização na indicação de conceitos. Para isso, utiliza a matriz de referência e explora os conteúdos a serem cobrados nas provas, descritos como competências e

habilidades, que orientam os estudantes na resolução das questões, unem conhecimentos e, geralmente, envolvem situações do cotidiano.

No que diz respeito aos documentos curriculares oficiais, destaco os Parâmetros Curriculares Nacionais, que mencionam a importância do ensino de Biologia e defendem que essa área deve ampliar a compreensão dos alunos sobre as situações diárias, assim como os próprios fenômenos biológicos, a fim de que sejam orientados para que interpretem, deduzam e vivenciem bem mais sua cidadania. Como este trabalho trata dos aspectos que envolvem o ensino-aprendizagem, advogo que professores e estudantes, que são os principais sujeitos envolvidos nesse processo, carecem de reciprocidade, compromisso e participação. E isso irá favorecer os mecanismos do ensinar e do aprender.

Outrossim, ao dirigir o olhar novamente para as provas da área de Ciências da Natureza, que me propus a analisar, no tocante ao período de 2010 a 2016, investiguei como os conteúdos de Biologia Celular foram explorados nessas avaliações e se foram relacionados à contextualização e à interdisciplinaridade, sob a visão da matriz de referência das Ciências Naturais.

De acordo com as questões analisadas, percebi a abrangência de questões abordadas sobre a Biologia Celular e associadas a temas/subtemas afins, como Fisiologia e Estrutura Celular; Genética e Hereditariedade, em maior proporção, direcionadas à disciplina Biologia, especificamente. Já a Ecologia e as Ciências Ambientais são mencionadas em pequena quantidade.

Ainda sobre a análise das questões, identifiquei certa interação da Biologia com as outras áreas de Ciências da Natureza, nesse caso, mesclando as discussões segundo as temáticas apresentadas, que possibilitam o diálogo interativo com a Química e a Física, o que resulta na contextualização e na interdisciplinaridade.

Outro aspecto interessante que observei foi a constante presença de problemas que também tratam da área de Biotecnologia, em que se relacionam suas discussões a aplicações tecnológicas do DNA recombinante aos transgênicos, temas sempre comuns nos anos de provas observados. Encontrei, ainda, temas relacionados às células-tronco e às células tumorais, geralmente referindo-se a práticas terapêuticas, mas com poucas questões sobre esses assuntos.

É importante ressaltar que as questões analisadas a cada ano estão devidamente empregadas quanto aos conceitos científico se em consonância com a

matriz de referência da área de Ciências da Natureza e se apresentam em contextos do cotidiano ou em temas muito propagados pelos diversos meios de comunicação, citados em campanhas de saúde, matérias jornalísticas e da Ciência, o que concorre com a interpretação e o raciocínio cognitivo direcionado à Teoria de Resposta ao Item.

Também observei que as questões apresentam boas características estruturais, como clareza nos enunciados, algumas com textos mais curtos, outras, com textos mais longos, e outras que primam pela objetividade. A maioria apresenta caráter explicativo e discursivo a respeito do tema apresentado. O estudo mostrou, também, que algumas questões são elaboradas usando-se as diversas linguagens representativas, como, por exemplo, gráficos, tabelas e ilustrações - o que exige um nível cognitivo mais alto – além de dados numéricos, o que também requer conhecimentos específicos de outras áreas, como a Física e a Química, além da Biologia, inclusive, para compreender, interpretar e validar a resposta.

Como resultado desta investigação, elaborei um produto educativo, nos moldes de uma *Cartilha Didática*, com orientações baseadas na matriz de referência de Ciências da Natureza. Para isso, recortei a competência 5, destaquei as habilidades 17 e 18 e relacionei a informações e a propostas que possibilitam a interação pedagógica entre as áreas de Física, Química e Biologia, com ênfase em procedimentos tecnológicos. Além disso, sugiro algumas atividades, descritas como modelos de plano de aula, direcionado especificamente aos professores da área de Ciências.

Alguns trabalhos acadêmicos em que encontrei conexão com o tema Biologia Celular concluíram que se devem, com urgência, sistematizar os conteúdos, promover formação continuada para professores, atualizar os livros e as apostilas didáticas e, principalmente, trabalhar com a aplicação de estratégias metodológicas, para minimizar a dificuldade de compreender os conceitos.

Espero que esta pesquisa contribua para que outros trabalhos a respeito das inquietudes sobre o processo do ensino-aprendizagem sejam produzidos, a fim de motivar os professores a refletirem sobre suas práticas e a desbravarem novas perspectivas, pois acredito que esta discussão não se esgota, mas abre caminhos para outros seguimentos.

# REFERÊNCIAS


ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. São Paulo:Cortez, 2005.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Do universo às células vivas**. São Paulo: Moderna, 2013.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 5.ed. Lisboa: Edições 70, Ltda. 2010. 281p.

BEATON, A. E.; ALLEN, N.L. **Interpreting scales through scale anchoring**.JournalofEducationalStatistics, v.17, p.191-204, 1992.

BONAMINO, A.; FRANCO, C. Avaliação e política educacional: o processo de institucionalização do SAEB. **Cadernos de Pesquisa**, s/v. n. 108, p. 101-132, 1999.

BORÉM, A. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. Artigo a História da Biotecnologia. VIII ano. nº 34. Janeiro-junho/2005. p. 10. Disponível em: <http://files.engenhariaagronomica.webnode.com>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2018.

BORGES, E. L. **Os mapas conceituais como facilitadores da aprendizagem significativa em Biologia Celular**. Atas do ENPEC. I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia-SP: 1997.

BRASIL. **Matriz de referência para o ENEM 2009.** Ministério da Educação. MEC/INEP, Brasília-DF, 2009. Disponível em: <www.http://portal.mec.gov>. Acesso em: 31 de Julho de 2017.

_____. INEP –**Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Edital nº 01 de 8 de maio de 2013 –Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM). Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacaobasica/ENEM/edital/2013/edital-ENEM-2013.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2017.

_____. INEP - **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): relatório pedagógico 2009-2010/ O Instituto. Brasília-DF, 2013. 133 p.

_____. INEP - **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Brasília-DF, 2015. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/relatorios-pedagogicos>. Acesso em: 15 out. 2016.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Programa Universidade para Todos(Prouni)**.Brasília-DF,2016.Disponívelem:<http://siteprouni.mec.gov.br/tire_suas_duvidas.php#prouni_enem>. Acesso em: 15 out. 2016.

_____. INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. O que é o Pisa? 2007.Disponível em: <http:www//portal.inep.gov.br/artigo. Acesso em: 06/01/19.

_____. INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**.Disponível em:< http://portal.inep.gov.br/relatorios-pedagogicos>. Acesso em: 06 de setembro de 2017.

_____. INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Enem - Sobre o Enem. Brasília-DF, 2016. Disponível em:<http://portal.inep.gov.br/web/enem/sobre-o-enem>. Acesso em: 14 nov. 2018.

_____. LDB - **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional:** lei nº 9.394/96. 7ª. ed. Biblioteca Digital. Brasília, 2012. Disponível em: <https://cdn.univicosa.com.br/files/portal/leis_de_diretrizes_e_bases_da_educa%C3%A7%C3%A3o_nacional.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

_____.**Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza.Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação/MEC. Brasília, 1999.

_____. **PCN+ Ensino Médio:**orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica. (MEC/SEMTEC). Brasília, 2002.

_____. **Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. Vol. 2. Brasília, 2006.

_____. Secretaria de Educação Básica.Formação de Professores do Ensino Médio. Etapa **I - caderno III: o currículo do ensino médio, seu sujeito e o desafio da formação humana integral**. Ministério da Educação/(SEB). Curitiba-PR, 2013.

_____. **Base Nacional Comum Curricular**. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação/MEC. Brasília-DF, 2017.

CANAVARRO, A. P.; PONTE, J. P. O papel do professor no currículo de Matemática. In: GTI(Ed.) **O professor e o desenvolvimento curricular**. Lisboa: APM, 2005. p. 63-89. Disponível em:<http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4085/1/05-CanavarroPonte%28GTI%29.pdf>. Acesso em: 18 de agosto de 2018.

CARLAN, F. de Abreu. **Teaching cell Biology in primary schools**. Education Research International, v. 2014, p. 1-5, 2014.

CARVALHO, A. M. P. de. Critérios estruturantes para o ensino das Ciências. In: **Ensino de Ciências:** unindo a pesquisa e a prática. São Paulo, SP: Pioneira Thompson Learning, 2004.

CASTRO, M.H.G. Sistemas de avaliação da educação no Brasil: avanços e novos desafios. **São Paulo Perspectiva**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 5-18, jan./jun. 2009. Disponível em: <http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v23n01/v23n01_01.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2018.

COSTA, C. E. S. **Análise da dimensionalidade e modelagem multidimensional pela TRI no ENEM (1998-2008)**. Dissertação (Mestrado em Métodos e Gestão em Avaliação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

DEMARS, C. **Item Response Theory**.New York, Oxford University, 2010.

DIAS. M. A. da S**. Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia:** evidências a partir das provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN (2001-2008). Natal-RN, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia:** saberes necessários à prática educativa. 34 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

GARCIA, L.A.M. **Competências e habilidades:** você sabe lidar com isso? Educação e Ciência Online, Universidade de Brasília, 2005. Disponível em:<www.http://uvnt.universidadevirtual.br>. Acesso em: 12 set. 2017.

GOMES, C.M.A.; BORGES, O. O ENEM é uma avaliação construtivista? Um estudo de validade de construto. **Estudo Avaliativo Educacional**. v. 20, n. 42, p. 73-88. 2009.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Agência IBGE Notícias, 2018. Disponível em: <agenciadenoticias.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 jan. 2019.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de Ciências. **Ciências & Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/2510/251019455003/>. Acesso em: 02 jan. 2018.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2004.

LEÃO, G. M. C. **Diferentes estratégias metodológicas para o processo de ensino e aprendizagem da Biologia Celular**. Tese (Doutorado do Curso de Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal de Curitiba - PR. 284f. 2018.

LIMA, B. de A.;TEIXEIRA, J. M.; FAVETTA, L. R. de A. **O conceito de célula investigado numa sala de aula de Ensino Médio:** um estudo de caso. 2008. Disponível em: <www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/229.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.

MARANDINO, Martha. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de Ciências. **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro. nº26. Agosto/2004. Disponível em: www.scielo.br. Acesso em: 10/08/18.

MEC. **Concepções e fundamentos do ENEM 2010**. Disponível em: <http://historico.enem.inep.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=24 &I temid=54>. Acesso em: 02 set. 2018.

MENDES, M. A. A. **Produção e utilização de animações e vídeos no ensino de Biologia Celular para a Primeira Série do Ensino Médio**(Dissertação de Mestrado) – Universidade de Brasília. Brasília-DF. 2010. Disponível em: <http:www//repositorio.bce.unb.br/handle/10482/9029>. Acesso em: 20 out. 2017.

MINHOTO, M. A. P. 2015. Políticas de avaliação em larga escala e institucional: perfil da produção na pós-graduação. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 26, n. 6.

MIRAS, M. **Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos:** os conhecimentos prévios. O construtivismo em sala de aula. Editora Ática.São Paulo-SP, 2006.

MOCHETTI, T. H. **Atividades didáticas como ferramentas facilitadoras na compreensão de imagens da divisão celular (**Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde/ RS, 2016.

MONERO, C. Ensinar e aprender a pensar no ensino médio: estratégias de aprendizagem. In: COLL, C et al. **Psicologia da Aprendizagem no ensino médio**. Ed. Artmed. Porto Alegre, 2003.

MORAES, R. G, M. do C.; RAMOS, M. G. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, Roque; LIMA, Valderez Marina do Rosário. **Pesquisa em sala de aula:** tendências para a educação em novos tempos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012. p. 11-20.

MOREIRA, Verônica Lima Carneiro. **Impactos do ENEM sobre o trabalho docente no ensino médio**. Curitiba: CRV, 2014.

MORENO, A. C. **Brasil cai em ranking mundial de educação em ciências, leitura e matemática**. Disponível em: <https://g1.globo.com/educacao. Acesso em: 06 jan. 2019.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.

PALMERO, L. R.; MOREIRA, M. A. **Modelos mentales de la estructura y e luncionamiento de la Célula:** dos estudios de casos.2001.Disponível em: <www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4>. Acesso em: 03 mai. 2018.

PEDRANCINI, V. D.; NUNES-CORAZZA, M. J.; GALUCH, M. T. B.; *et al.* Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. In: **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

POZO, J.I. **Aprendizes e mestres:** a nova cultura da aprendizagem. Ed. Artmed. Porto Alegre, 2002.

SACRISTÁN, J. G. O currículo: os conteúdos do ensino ou uma análise da prática? In: **Compreender e transformar o ensino**. Ed. Artmed, Porto Alegre, 2000.

SANTOMÉ, J.T. **Globalização e interdisciplinaridade:** o currículo integrado. Ed. Artmed. Porto Alegre, 1998.

SÁ-SILVA, J.R; ALMEIDA, C.D. e GUINDANI,J. F.Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas.**Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**. São Leopoldo, ano. I, n.I, jul. 2009. 15 p.

SANTOS, J.M.T. Exame Nacional do Ensino Médio: entre a regulação da qualidade do ensino médio e o vestibular. **Educar em Revista**.v. 1, n. 40, p. 195-205. 2011.

SANTOS NETO, A. D. S. **O processo de contextualização nas escolas públicas de ensino médio do DF com desempenho acima da média no Exame Nacional do Ensino Médio**. 2006. 124f. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica de Brasília, 2006. Disponível em:<https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/123456789/845>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SILVA, M. L. M. **"Diálogos sobre genética":** uma análise sobre o processo argumentativo em aulas de Biologia(Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Natal-RN, 2017.

SOUZA, R. A. de. **Análise do Conteúdo de Genética no Exame Nacional do Ensino Médio**(Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Genética da Pontifícia Universidade Católica de Goiás,Goiânia, 2017.

STOCKDALE, D.**The giant cell**.**The American biology teacher**.vol. 60.nº 9, p. 672-676. Nov-dez. 1998.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos? **Revista Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 67-84, 2015.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VIGÁRIO, A. F. **As tramas do ensino de Biologia Celular na Educação Básica:**conteúdo específico, prática pedagógica e formação de professores/as(Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Educação/ MG, 2017.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, nº. 2, p. 225-257, ago. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/21757941.2014v31n2p225/27317>. Acesso em: 16 set. 2018.

WHARTHA, J.E.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química Nova na Escola**. Vol. 35, N° 2, p. 84-91, Maio, 2013. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2018.

# APÊNDICES

**APÊNDICE A** - PRODUTO EDUCACIONAL - CARTILHA DIDÁTICA

UEPB

# TAREFAS DIDÁTICAS COM USO DAS COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA PROPOSTAS EM CONSONÂNCIA COM O ENEM

**MICHELLY DE CARVALHO FERREIRA**

**MÁRCIA ADELINO DA SILVA DIAS**

**MICHELLY DE CARVALHO FERREIRA**

# TAREFAS DIDÁTICAS COM USO DAS COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA PROPOSTAS EM CONSONÂNCIA COM O ENEM

Produto Educacional Final apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

**Orientador:** Drª. Márcia Adelino da Silva Dias.

**Campina Grande - PB**

**2018**

**MICHELLY DE CARVALHO FERREIRA**

# TAREFAS DIDÁTICAS COM USO DAS COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA PROPOSTAS EM CONSONÂNCIA COM O ENEM

Produto Educacional Final apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

**Orientador:** Drª. Márcia Adelino da Silva Dias.

Aprovada em: 17/12/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Profa. Drª. Márcia Adelino da Silva Dias - UEPB
(Orientadora)

Prof. Dr. Paulo César Geglio - UFPB
(Examinador interno)

Thiago Emmanuel Araujo Severo - UFRN
(Examinador Externo)

# SUMÁRIO

**APRESENTAÇÃO** ..... **81**

**1. O que são competências e habilidades?** ..... **83**

1.1 Questões de provas da área de Ciências da Natureza do ENEM ..... 85

**2. Estratégias didáticas** ..... **88**

2.1 Sugestões para o ensino de Ciências .....88

2.2 Atividades propostas ..... 89

Plano de Aula 1.....89

Plano de Aula 2.....90

Plano de Aula 3.....91

**3. REFERÊNCIAS**

## Apresentação:

**Este produto educacional é para você, professor/a, para incentivá-lo/a a planejar suas aulas e os projetos que deseja desenvolver!**

**Mas, antes de começar, lembre-se de três coisas importantes:**

**CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

↓

**METODOLOGIA**

↓

**AVALIAÇÃO**

## Então...

**Que tal utilizar este material para preparar suas aulas?**

**Vamos viajar nessa aventura?**

**Caro (a) colega professor (a),**

Esta cartilha didática é um produto resultante da dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, que consiste em apresentar propostas e/ou sugestões a serem aplicadas na prática do ensino de Ciências.

Este material parte de reflexões próprias da práxis pedagógica, para que você possa repensar o processo do ensino-aprendizagem, uma vez que o ensino demanda muitos desafios e conflitos diariamente.

Assim, convido a todos os docentes de modo geral, mas, especificamente, os da área de Ciências da Natureza, para conhecerem este trabalho, que poderá ser aplicado como um suporte para dinamizar sua sala de aula e motivar os alunos no processo de ensino e aprendizagem.

Nesse sentido, tracei algumas atividades pensando em suas rotinas, para ajudar a potencializar sua prática pedagógica, como alternativas/sugestões aparentemente simples, mas que podem fazer a diferença na condução do processo de ensino, tendo a aprendizagem como um alvo a ser alcançado.

Espero que esta Cartilha Didática o/a ajude a minimizar suas inquietudes, próprias do cotidiano do professor, pois, muitas vezes, os objetivos e as metas nem sempre são atingidos, em decorrência de lacunas a serem entendidas e preenchidas ou de realidades distantes das que o educador encontra ao longo da jornada e no percurso planejado.

A vocês, mestres, muita força e determinação, no longo caminho que ainda temos a percorrer!

Bom trabalho!

*Michelly*

**1. O que são competências e habilidades?**

Pensando na etapa do Ensino Médio como conclusão da Educação Básica, hoje *estão na moda* duas expressões: competências e habilidades, bastante utilizadas no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

**Então, o que elas significam?**

De acordo com o relatório pedagógico do ENEM sobre a fundamentação teórico-prática que configura o exame, trata-se dos eixos estruturadores das provas, que:

> A mobilização de conhecimentos requerida pelo exame manifesta-se por meio da estrutura de competências e habilidades do participante que o possibilita ler (perceber) o mundo que o cerca, simbolicamente representado pelas situações-problema. Interpretá-lo (decodificando-o, atribuindo-lhe sentido) e, sentindo-se "provocado", agir, ainda que em pensamento (atribui valores, julga, escolhe, decide, entre outras operações mentais) (INEP, 2005).

Isso quer dizer que, na estrutura da elaboração de questões, as provas do ENEM contemplam esses dois aspectos, que são apresentados com a nomenclatura 'competências' e 'habilidades', equivalentes à indicação para que os candidatos/estudantes possam refletir sobre seus conhecimentos, quando se deparam com os problemas a serem interpretados, opinando nas alternativas corretas.

Assim...

Verifiquei a matriz de competências e habilidades de Ciências da Natureza e recortei a competência denominada de C5 (H17/H18), pensando em propostas para você, professor de **Biologia, Química e Física!**

Observe a seguir:

**Competência da área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.**

**H17** – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**H18** – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

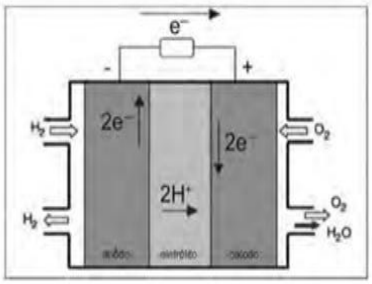
Percebeu que as disciplinas Biologia, Física e Química se entrecruzam? Que tal vermos alguns exemplos com questões de provas do ENEM?

Vamos lá!

## 1.1 Questões de provas da área de Ciências da Natureza do ENEM

**Questão 63**

O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.




VILLULLAS, H. M; TICIANELLI, E. A; GONZÁLEZ, E. R. **Química Nova Na Escola**. Nº15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

A) transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.

B) converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

C) transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.

D) converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.

**Fonte:** *Site*/INEP - 2010, p. 18.

Veja que, nessa questão, são explorados três aspectos interessantes: a linguagem representativa através da figura, o conhecimento científico e a relação existente entre a Física, a Química e a Biologia. Trata de um contexto que atinge o ambiente natural. Propõe-se uma tecnologia que se assemelha à função da permeabilidade celular, utiliza uma tecnologia produtora de energia elétrica, impulsionada pelo trabalho dos elementos químicos H e O, formando moléculas de água, o que minimiza a liberação dos poluentes liberados no ar.

Ressalte-se, todavia, que o interessante é o raciocínio exigido pela questão, pois o enunciado provoca o leitor acerca dos benefícios que traz a tecnologia de conversão das células de combustível à base de hidrogênio e oxigênio, produzindo

energia elétrica pura, o que é um diferencial em relação a outros processos prejudiciais ao ambiente.

**QUESTÃO 78**

**TEXTO I**

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito externo até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato.

AQUINO NETO, S. **Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula a combustível etanol/$O_2$**. Disponível em: www.teses.usp.br. Acesso em: 23 jun. 2015 (adaptado).

**TEXTO II**

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais padrão ($E°'$) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:

$$2\,CO_2 + 7\,H^+ + 8\,e^- \longrightarrow CH_3COO^- + 2\,H_2O \qquad E°' = -0{,}3\ V$$

$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O \qquad E°' = 0{,}8\ V$$

SCOTT, K.; YU, E. H. Microbial electrochemical and fuel cells: fundamentals and applications. **Woodhead Publishing Series in Energy**, n. 88, 2016 (adaptado).

Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

A) 3
B) 4
C) 6
D) 9
E) 15

**Fonte:** *Site*/INEP - 2010, p. 24.

Essa questão aborda a importância de moléculas celulares utilizadas em aplicações da Biotecnologia, por meio da manipulação do DNA recombinante de bactérias para produzir combustíveis, que auxiliam os circuitos de correntes elétricas, com a inserção das biocélulas. Esse é um processo que promove a sustentabilidade. Observe que a contextualização e a interdisciplinaridade, mais uma vez, estão presentes na questão, situada no tema ‘meio ambiente’, e que há ligação com as três áreas de Ciências da Natureza. Nesse sentido, é proposta uma alternativa para gerar energia de combustíveis, a fim de cuidar da preservação e, consequentemente, diminuir a poluição do ambiente.

# Qual a conclusão dessas questões?

Ambas as questões estão relacionadas com a C5 (H17/H18), já citada, em que se afirma que é possível interpretar procedimentos tecnológicos e trabalhar com eles nas diferentes formas de linguagem e de representação dialogando entre as diferentes áreas das Ciências Naturais.

Esses conhecimentos são aplicados em testes e em experiências tecnológicas pesquisadas para determinados fins. Hoje a Biotecnologia, uma área em crescimento, está em busca de resultados que correspondam à sustentabilidade e tragam outros benefícios para a humanidade.

Está convencido da ligação existente entre as disciplinas Química, Física e Biologia? Espero que sim, pois nós, professores da área de Ciências da Natureza, podemos desenvolver vários trabalhos diferenciados. Nesse caso, aponto essa competência e suas respectivas habilidades pensando em trabalhos coletivos.

**Então, vamos nessa?! Mãos à obra!**

## 2. Estratégias didáticas

Bonito (1996) considera as estratégias didáticas como atividades práticas (AP), o uso de tecnologias da informação e comunicação (TICs), entrevistas, painéis, debates, colóquios, exposições, projetos, experimentos, exercícios para desenvolver habilidades práticas, investigações, visitas de campo, resolução de problemas com papel e lápis, entre outras opções.

Silva, Machado e Tunes (2011) advogam que se devem incorporar no processo de ensino-aprendizagem a íntima relação entre a teoria e a prática, a interdisciplinaridade, a contextualização e os conteúdos, ligados ao contexto, selecionados para desenvolver essas atividades.

As definições de Bonito (1996), Silva, Machado e Tunes (2011) são relevantes para melhorar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem de Ciências, em particular, sobre as atividades práticas, pois esclarecem que não se restringem à sua realização, apenas nos espaços de laboratório. Ou seja, entendem que, para serem consideradas práticas, as atividades devem ter uma participação ativa dos alunos e caracterizadas pela ausência do modelo de aprendizagem por transmissão-recepção.

### 2.1 Sugestões para o ensino de Ciências

**Tive uma ideia!**

Podemos trabalhar as formas de energia, por meio dos mecanismos de transformação, e relacionar as concepções do senso comum aos conceitos científicos, numa perspectiva interdisciplinar e contextual aos aspectos históricos, sociais, econômicos e ambientais!

**A seguir, acompanhe algumas atividades propostas:**

## 2.2 Atividades propostas

**PLANO DE AULA1**

**COMPONENTE CURRICULAR: TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA**

**OBJETIVOS**

**GERAL:** Conhecer as formas de transformar energia e estabelecer relações físico-químicas e biológicas comuns ao nosso cotidiano.

**ESPECÍFICOS:**

- Estudar as principais formas de transformação de energia;
- Reconhecer que as transformações envolvem troca energética, que altera ou não a mudança no estado físico dos corpos envolvidos;
- Realizar experimentos simples para abordar os conteúdos na prática.

**EMENTA:** Os tipos de energia: mecânica (movimento), térmica (calor), elétrica (potencial elétrico), química (reações químicas) e nuclear (desintegração do núcleo). Transformação dos materiais. Reações químicas. Respiração celular, fermentação, fotossíntese e ciclos biogeoquímicos.

**METODOLOGIA:** Aulas teóricas, seguidas de um roteiro orientador,utilizando-se slides e vídeos dinâmicos, que tratam especificamente de cada tipo de energia. Depois de se apropriar dos conceitos teóricos, continua-se com as atividades práticas, explorando o lúdico, a criatividade, a coordenação motora e a imaginação, construindo "*engenhocas*" com materiais de baixo custo e reciclagem, utilizando as garrafas pet, por exemplo, propondo ações sustentáveis para a economia doméstica e para o ambiente.

**AVALIAÇÃO:** Através da participação dos alunos, poderão ser feitos observações/registros, como um diário das atividades, que serão socializadas nas rodas de conversa, com informações de pesquisas, relatos de contribuições sociais, trocas de ideias e ampliação de questionamentos. Ao final, será transcrita a sequência de atividades em relatórios e unidas aos experimentos, que poderão ser expostos e apresentados em uma feira de Ciências.

**REFERÊNCIAS:**

GEWANDSZNAJDER, F. **Matéria e energia**. 9º ano. Ciências Ensino Fundamental. 4ªed. Ática: São Paulo, 2009.

De onde vem a energia? Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8ti6FtlvMoc>. Acesso em: 06 jun. 2018.

EM DIÁLOGO ENSINO MÉDIO. Disponível em: <http://www.emdialogo.uff.br/content/atividade-interdisciplinar-caderno-de-ciencias-da-natureza>. Acesso em: 04 jun. 2018.

**PLANO DE AULA 2**

**COMPONENTE CURRICULAR: TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA - BIOQUÍMICA E ELETROMAGNETISMO**

**OBJETIVOS**

**GERAL:** Compreender as formas de geração de energia elétrica (eólica, fotovoltaica (solar), biomassa, hidrogênio, nuclear e hidrelétrica).

**ESPECÍFICOS:**

- Estudar os principais impactos da geração de energia que prejudicam o ambiente natural;
- Conhecer o processo de eletrólise através do hidrogênio nas reações químicas;
- Reconhecer a melhor opção como fonte geradora de energia.

**EMENTA**: Eletromagnetismo; Biodiversidade; Dinâmica dos ecossistemas; Termoquímica; Reações exotérmicas e endotérmicas.

**METODOLOGIA**: A partir de uma sequência de aulas teóricas, serão exibidos vídeos e documentários, para exemplificar a transformação de energia e suas implicações no ambiente e direcionadas pesquisas e leituras para ampliar as informações. Em seguida, de forma prática, pode ser promovido um pequeno simpósio com palestrantes de outras instituições do meio acadêmico, para apresentar suas pesquisas e conclusões acerca de suas práticas. No final, poderá ser feita uma mesa redonda, para se discutir e abrir espaço para o debate.

**AVALIAÇÃO:** A partir da participação contínua, serão organizados grupos de trabalho, a fim de pesquisarem subtemas específicos, e cada equipe será responsável por preparar o simpósio, sugerindo temáticas, oficinas e articulando ideias para dinamizar e realizar o evento.

**REFERÊNCIAS:**

Plano de aula interdisciplinar - Ciências Naturais. Em diálogo Ensino Médio. Disponível em: <http://www.emdialogo.uff.br/content/plano-de-aula-interdisciplinar-ciencias-naturais>. Acesso em: 20 out. 2018.

Atividade do Pacto de Ensino Médio - Ciências da Natureza. Disponível em: <http://www.emdialogo.uff.br/content/atividade-do-pacto-de-ensino-medio-ciencias-da-natureza>. Acesso em: 20 out. 2018.

VídeoKika - De onde vem a energia elétrica? Disponível em: www.youtube.com/watch?v=cJLnOk1BzXk. Acesso em: 14 jul. 2018.

**PLANO DE AULA 3**

**COMPONENTE CURRICULAR: A FOTOSSÍNTESE**

**OBJETIVOS**

**GERAL:** Compreender o processo de nutrição dos vegetais, das algas e das bactérias quimiossintetizantes.

**ESPECÍFICOS:**

- Estudar os detalhes da respiração celular nos seres fotossintetizantes;
- Conhecer as reações químicas que ocorrem no processo de fotossíntese;
- Reconhecer as transformações energéticas e verificar se ocorreu mudança no estado físico dos corpos.

**EMENTA**: Constituintes da matéria viva; respiração celular; fotossíntese; reações químicas e físicas.

**METODOLOGIA**: Partindo de aulas teóricas, apresentadas em slides, com imagens/ilustrações e vídeos interativos. Em seguida, serão feitas as experimentações, observando o desenvolvimento e o comportamento dos vegetais. Também poderá ser criado um meio de cultura de bactérias, para compreender suas estruturas e sua composição. Isso deve ser subsidiado com leituras de textos e de artigos científicos. Assim como, aulas de campo para conhecer os diferentes tipos de algas e sua interação com o ambiente. Além disso, serão estudados os conhecimentos físico-químicos envolvidos nessas interações.

**AVALIAÇÃO:** De acordo com a participação e o envolvimento nas propostas de atividades, serão cobrados os registros/anotações, a fim de verificar o que os estudantes compreenderam e concluíram das experiências vivenciadas.

**REFERÊNCIAS:**

Atividade interdisciplinar - Caderno de Ciências da Natureza. Disponível em: <http://www.emdialogo.uff.br/content/atividade-interdisciplinar-caderno-de-ciencias-da-natureza. Acesso em: 20 out. 2018.

Vídeo ‘Como ocorre a fotossíntese?’ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5ooH0z8MdNc>.Acesso em: 30 jul. 2018.

# REFERÊNCIAS

BONITO, J. Na procura da definição do conceito de atividades práticas. **Revista Enseñanza de laTierra**, v. extra, Évora, Portugal, 1996. Disponível em: <http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle. Acesso em: 10 de maio de 2018.

BRASIL. INEP - **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): fundamentação teórico-metodológica. Brasília-DF, 2005.

_____. **Matriz de referência para o ENEM 2009.** Ministério da Educação. MEC/INEP, Brasília-DF, 2009. Disponível em: <www.http://portal.mec.gov>. Acesso em: 30 set. 2018.

_____. INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Disponível em: <www.http://portal.inep.gov.br/web/guest/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 09 out. 2017.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDAMER, O. A. (Org.). **Ensino de Química in foco**. Unijuí - RS, 2011.

# **APÊNDICE B** - PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO ENEM - PERÍODO 2010 a 2016

**Questão 53**

O fósforo, geralmente representado pelo íon de fosfato ($PO_4^{-3}$), é um ingrediente insubstituível da vida, já que é parte constituinte das membranas celulares e das moléculas do DNA e do trifosfato de adenosina (ATP), principal forma de armazenamento de energia das células. O fósforo utilizado nos fertilizantes agrícolas é extraído de minas, cujas reservas estão cada vez mais escassas. Certas práticas agrícolas aceleram a erosão do solo, provocando o transporte de fósforo para sistemas aquáticos, que fica imobilizado nas rochas. Ainda, a colheita das lavouras e o transporte dos restos alimentares para os lixões diminuem a disponibilidade dos íons no solo. Tais fatores têm ameaçado a sustentabilidade desse íon.

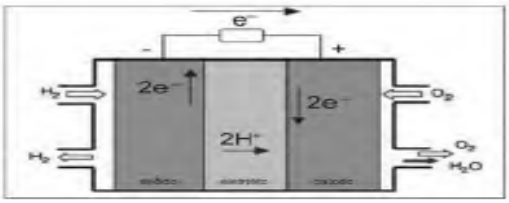
Uma medida que amenizaria esse problema seria:

(A) Incentivar a reciclagem de resíduos biológicos, utilizando dejetos animais e restos de culturas para produção de adubo.
(B) Repor o estoque retirado das minas com um íon sintético de fósforo para garantir o abastecimento da indústria de fertilizantes.
(C) Aumentar a importação de íons fosfato dos países ricos para suprir as exigências das indústrias nacionais de fertilizantes.
(D) Substituir o fósforo dos fertilizantes por outro elemento com a mesma função para suprir as necessidades do uso de seus íons.
(E) Proibir, por meio de lei federal, o uso de fertilizantes com fósforo pelos agricultores, para diminuir sua extração das reservas naturais.

**Fonte:**MEC/INEP - 2010/1ª ap; p. 15.

**Questão 63**

O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.




VILLULLAS, H. M; TICIANELLI, E. A; GONZÁLEZ, E. R. Química Nova Na Escola. N°15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

(A) transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.
(B) converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.
(C) transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.
(D) converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.
(E) converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

**Fonte:**MEC/INEP - 2010. p.18.

**Questão 76**

Investigadores das Universidades de Oxford e da Califórnia desenvolveram uma variedade de *Aedes aegypti* geneticamente modificada que é candidata para uso na busca de redução na transmissão do vírus da dengue. Nessa nova variedade de mosquito, as fêmeas não conseguem voar devido à interrupção do desenvolvimento do músculo das asas. A modificação genética introduzida é um gene dominante condicional, isso é, o gene tem expressão dominante (basta apenas uma cópia do alelo) e este só atua nas fêmeas.

FU, G. et al. **Female-specific flightless phenotype for mosquito control.** PNAS 107 (10): 4550-4554, 2010.

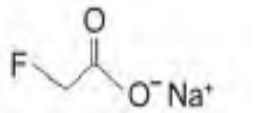
Prevê-se, porém, que a utilização dessa variedade de *Aedes aegypti* demore ainda anos para ser implementada, pois há demanda de muitos estudos com relação ao impacto ambiental. A liberação de machos de *Aedes aegypti* dessa variedade geneticamente modificada reduziria o número de casos de dengue em uma determinada região porque

A) diminuiria o sucesso reprodutivo desses machos transgênicos.
B) restringiria a área geográfica de voo dessa espécie de mosquito.
C) dificultaria a contaminação e reprodução do vetor natural da doença.
D) tornaria o mosquito menos resistente ao agente etiológico da doença.
E) dificultaria a obtenção de alimentos pelos machos geneticamente modificados.

**Fonte**:MEC/INEP - 2010/1ªap; p.23**.**

**Questão 77**

No ano de 2004, diversas mortes de animais por envenenamento no zoológico de São Paulo foram evidenciadas. Estudos técnicos apontam suspeita de intoxicação por monofluoracetato de sódio, conhecido como composto 1080 e ilegalmente comercializado como raticida. O monofluoracetato de sódio é um derivado do ácido monofluoracético e age no organismo dos mamíferos bloqueando o ciclo de Krebs, que pode levar à parada da respiração celular oxidativa e ao acúmulo de amônia na circulação.




monofluoracetato de sódio.

Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 05 ago. 2010 (adaptado).

O monofluoracetato de sódio pode ser obtido pela

A) desidratação do ácido monofluoracético, com liberação de água.
B) hidrólise do ácido monofluoracético, sem formação de água.
C) perda de íons hidroxila do ácido monofluoracético, com liberação de hidróxido de sódio.
D) neutralização do ácido monofluoracético usando hidróxido de sódio, com liberação de água.
E) substituição dos íons hidrogênio por sódio na estrutura do ácido monofluoracético, sem formação de água.

**Fonte:** MEC/INEP - 2010/1ªap; p.23.

**Questão 50**

A utilização de células-tronco do próprio indivíduo (autotransplante) tem apresentado sucesso como terapia medicinal para a regeneração de tecidos e órgãos cujas células perdidas não têm capacidade de reprodução, principalmente em substituição aos transplantes, que causam muitos problemas devidos à rejeição pelos receptores.

O autotransplante pode causar menos problemas de rejeição quando comparado aos transplantes tradicionais, realizados entre diferentes indivíduos. Isso porque as

A) células-tronco se mantêm indiferenciadas após sua introdução no organismo do receptor.

B) células provenientes de transplantes entre diferentes indivíduos envelhecem e morrem rapidamente.

C) células-tronco, por serem doadas pelo próprio indivíduo receptor, apresentam material genético semelhante.

D) células transplantadas entre diferentes indivíduos se diferenciam em tecidos tumorais no receptor.

E) células provenientes de transplantes convencionais não se reproduzem dentro do corpo do receptor.

**Fonte:** MEC/INEP - 2010/2ªap; p.15.

**Questão 66**

Segundo Jeffrey M. Smith, pesquisador de um laboratório que faz análises de organismos geneticamente modificados, após a introdução da soja transgênica no Reino Unido, aumentaram em 50% os casos de alergias. "O gene que é colocado na soja cria uma proteína nova que até então não existia na alimentação humana, a qual poderia ser potencialmente alergênica", explica o pesquisador.

**Correio do Estado/MS**. 19 abr. 2004 (adaptado).

Considerando-se as informações do texto, os grãos transgênicos que podem causar alergias aos indivíduos que irão consumi-los são aqueles que apresentam, em sua composição, proteínas

A) que podem ser reconhecidas como antigênicas pelo sistema imunológico desses consumidores.

B) que não são reconhecidas pelos anticorpos produzidos pelo sistema imunológico desses consumidores.

C) com estrutura primária idêntica às já encontradas no sistema sanguíneo desses consumidores.

D) com sequência de aminoácidos idêntica às produzidas pelas células brancas do sistema sanguíneo desses consumidores.

E) com estrutura quaternária idêntica à dos anticorpos produzidos pelo sistema imunológico desses consumidores.

**Fonte:** MEC/INEP - 2010/2ªap; p.21.

**Questão 78**

A cafeína atua no cérebro, bloqueando a ação natural de um componente químico associado ao sono, a adenosina. Para uma célula nervosa, a cafeína se parece com a adenosina e combina-se com seus receptores. No entanto, ela não diminui a atividade das células da mesma forma. Então, ao invés de diminuir a atividade por causa do nível de adenosina, as células aumentam sua atividade, fazendo com que os vasos sanguíneos do cérebro se contraiam, uma vez que a cafeína bloqueia a capacidade da adenosina de dilatá-los. Com a cafeína bloqueando a adenosina, aumenta a excitação dos neurônios, induzindo a hipófise a liberar hormônios que ordenam às suprarrenais que produzam adrenalina, considerada o hormônio do alerta.

Disponível em: http://ciencia.hsw.uol.com.br. Acesso em: 23 abr. 2010 (adaptado).

Infere-se do texto que o objetivo da adição de cafeína em alguns medicamentos contra a dor de cabeça é

A) contrair os vasos sanguíneos do cérebro, diminuindo a compressão sobre as terminações nervosas.

B) aumentar a produção de adrenalina, proporcionando uma sensação de analgesia.

C) aumentar os níveis de adenosina, diminuindo a atividade das células nervosas do cérebro.

D) induzir a hipófise a liberar hormônios, estimulando a produção de adrenalina.

E) excitar os neurônios, aumentando a transmissão de impulsos nervosos.

**Fonte:** MEC/INEP - 2010/2ªap; p.24.

**Questão 89**

Cientistas da Austrália descobriram um meio de produzir roupas que se limpam sozinhas. A equipe de pesquisadores usou nanocristais de dióxido de titânio ($TiO_2$) que, sob ação da luz solar, são capazes de decompor as partículas de sujeira na superfície de um tecido. O estudo apresentou bons resultados com fibras de algodão e seda. Nesses casos, foram removidas manchas de vinho, bastante resistentes. A nanocamada protetora poderá ser útil na prevenção de infecções em hospitais, uma vez que o dióxido de titânio também mostrou ser eficaz na destruição das paredes celulares de microrganismos que provocam infecções. O termo nano vem da unidade de medida nanômetro, que é a bilionésima parte de 1 metro.

**Veja.** Especial Tecnologia. São Paulo: Abril, set. 2008 (adaptado).

A partir dos resultados obtidos pelos pesquisadores em relação ao uso de nanocristais de dióxido de titânio na produção de tecidos e considerando uma possível utilização dessa substância no combate às infecções hospitalares, pode-se associar que os nanocristais de dióxido de titânio

A) são pouco eficientes em ambientes fechados e escuros.

B) possuem dimensões menores que as de seus átomos formadores.

C) são pouco eficientes na remoção de partículas de sujeira de natureza orgânica.

D) destroem microrganismos causadores de infecções, por meio de osmose celular.

E) interagem fortemente com material orgânico devido à sua natureza apolar.

**Fonte:** MEC/INEP - 2010/2ªap; p.29.

**QUESTÃO 62**

Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al.* **Introdução à Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que

A) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.
B) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
C) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
D) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
E) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.

**Fonte:** MEC/INEP - 2011, p.20.

**QUESTÃO 66**

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

A reabilitação do herege. **Época**, nº 610, 2010 (adaptado).

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

A) aneuploidia do cromossomo sexual X.
B) polipoidia dos cromossomos autossômicos.
C) mutação em genes autossômicos com expressão dominante.
D) substituição no gene da cadeia beta da hemoglobina.
E) inativação de genes por meio de modificações nas bases nitrogenadas.

**Fonte:** MEC/INEP - 2011, p.22.

**QUESTÃO 67**

Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma "célula sintética", uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em outra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

GILBSON *et al.* Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically synthesized Genome. **Science** v. 329, 2010 (adaptado).

A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à

A) possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptoras de cromossomos artificiais.
B) capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídios.
C) possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
D) possibilidade de programar geneticamente microrganismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas e combustíveis.
E) capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.

**Fonte:** MEC/INEP - 2011, p.22.

## QUESTÃO 47

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.
B) substituir geneticamente a espécie natural.
C) ocupar o primeiro nível trófico no hábitat aquático.
D) impedir a interação biológica entre as espécies parentais.
E) produzir descendentes com o código genético modificado.

**Fonte:** MEC/INEP - 2012, p.16.

## QUESTÃO 60

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.

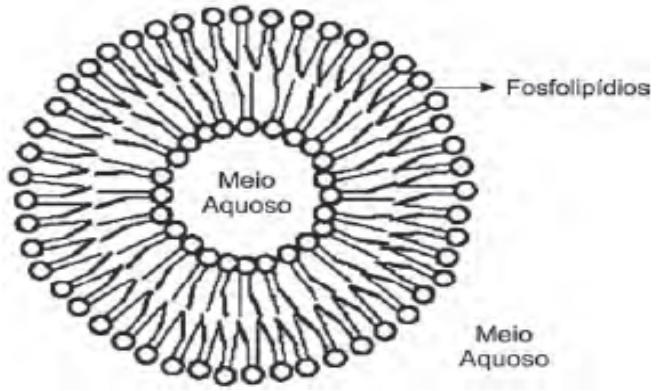
A característica de interesse será manifestada em decorrência

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.

**Fonte:** MEC/INEP - 2012, p.21.

## QUESTÃO 77

Quando colocados em água, os fosfolipídeos tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura. Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.




Disponível em: http://course1.winona.edu. Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolipídios apresentarem uma natureza

- A polar, ou seja, serem inteiramente solúveis em água.
- B apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa.
- C anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- D insaturada, ou seja, possuírem duplas ligações em sua estrutura.
- E anfifílica, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.

**Fonte:** MEC/INEP - 2012, p.26.

## QUESTÃO 82

Osmose é um processo espontâneo que ocorre em todos os organismos vivos e é essencial à manutenção da vida. Uma solução 0,15 mol/L de NaCℓ (cloreto de sódio) possui a mesma pressão osmótica das soluções presentes nas células humanas.

A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de NaCℓ tem, como consequência, a

- A adsorção de íons $Na^+$ sobre a superfície da célula.
- B difusão rápida de íons $Na^+$ para o interior da célula.
- C diminuição da concentração das soluções presentes na célula.
- D transferência de íons $Na^+$ da célula para a solução.
- E transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução.

**Fonte:** MEC/INEP - 2012, p.27.

## QUESTÃO 50

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.

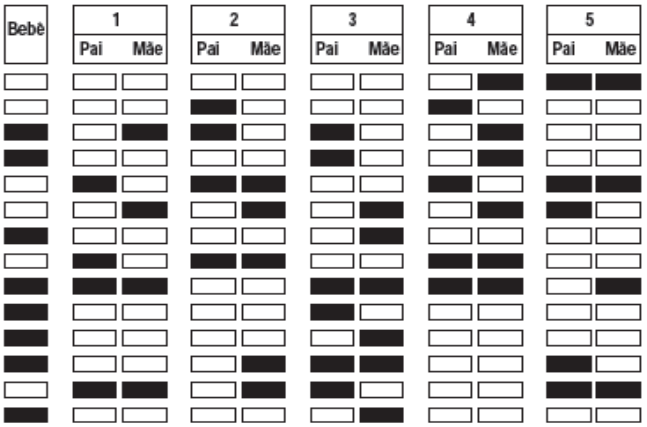
Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

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

**Fonte:** MEC/INEP - 2013, p.17.

## QUESTÃO 73

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.




Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

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

**Fonte:** MEC/INEP - 2013, p.25.

## QUESTÃO 75

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.

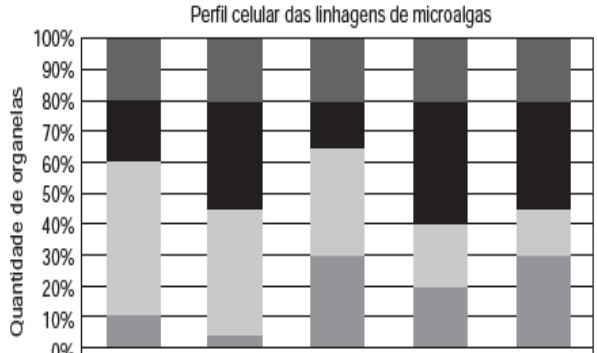
D avó materna.

E avô materno.

**Fonte:** MEC/INEP - 2013, p. 26.

## QUESTÃO 78

Uma indústria está escolhendo uma linhagem de microalgas que otimize a secreção de polímeros comestív os quais são obtidos do meio de cultura de crescimento. Na figura podem ser observadas as proporções de algu organelas presentes no citoplasma de cada linhagem.




| | Linhagem I | Linhagem II | Linhagem III | Linhagem IV | Linhagem V |
|---|---|---|---|---|---|
| Núcleo | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Retículo endoplasmático | 20 | 35 | 15 | 40 | 35 |
| Complexo golgiense | 50 | 40 | 35 | 20 | 15 |
| Mitocôndrias | 10 | 5 | 30 | 20 | 30 |

Qual é a melhor linhagem para se conseguir maior rendimento de polímeros secretados no meio de cultura?

A I

B II

C III

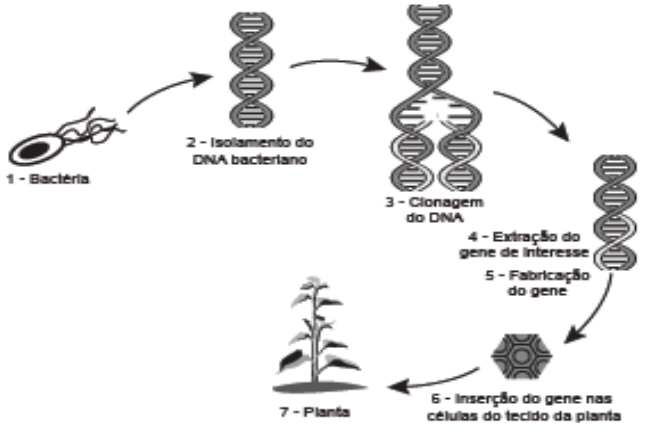
D IV

E V

**Fonte:** MEC/INEP - 2013, p.27.

**QUESTÃO 48**

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.uol.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.

**Fonte:** MEC/INEP - 2014, p. 17.

**QUESTÃO 51**

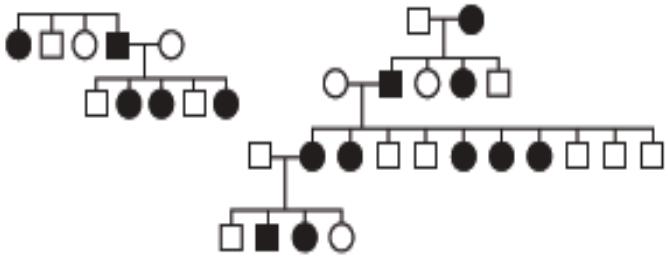
Na década de 1990, células do cordão umbilical de recém-nascidos humanos começaram a ser guardadas por criopreservação, uma vez que apresentam alto potencial terapêutico em consequência de suas características peculiares.

O poder terapêutico dessas células baseia-se em sua capacidade de

A) multiplicação lenta.
B) comunicação entre células.
C) adesão a diferentes tecidos.
D) diferenciação em células especializadas.
E) reconhecimento de células semelhantes.

**Fonte:** MEC/INEP - 2014, p.18.

**QUESTÃO 57**



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.

**Fonte:** MEC/INEP - 2014, p.21.

**QUESTÃO 64**

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.

**Fonte:** MEC/INEP - 2014, p. 22.

**QUESTÃO 47**

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.

**Fonte**: MEC/INEP, 2015, p. 16.

**QUESTÃO 54**

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.

**Fonte**:MEC/INEP, 2015, p. 19.

## QUESTÃO 74

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.

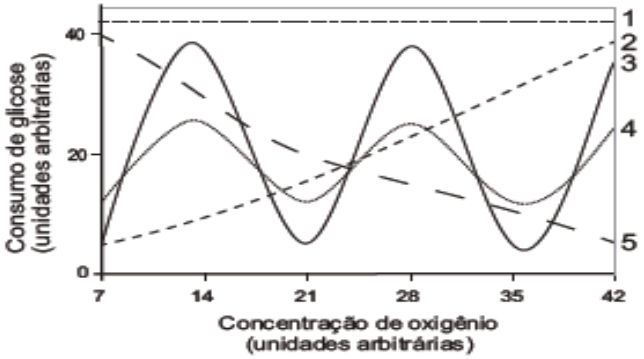
Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por

- 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.

**Fonte:**MEC/INEP - 2015, p. 25.

## QUESTÃO 81

Normalmente, as células do organismo humano realizam a respiração aeróbica, na qual o consumo de uma molécula de glicose gera 38 moléculas de ATP. Contudo, em condições anaeróbicas, o consumo de uma molécula de glicose pelas células é capaz de gerar apenas duas moléculas de ATP.




Qual curva representa o perfil de consumo de glicose, para manutenção da homeostase de uma célula que inicialmente está em uma condição anaeróbica e é submetida a um aumento gradual da concentração de oxigênio?

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

**Fonte:**MEC/INEP - 2015, p. 28.

**QUESTÃO 55**

As proteínas de uma célula eucariótica possuem peptídeos sinais, que são sequências de aminoácidos responsáveis pelo seu endereçamento para as diferentes organelas, de acordo com suas funções. Um pesquisador desenvolveu uma nanopartícula capaz de carregar **proteínas para dentro de tipos celulares específicos.** Agora ele quer saber se uma nanopartícula carregada com uma proteína bloqueadora do ciclo de Krebs *in vitro* é capaz de exercer sua atividade em uma célula cancerosa, podendo cortar o aporte energético e destruir essas células.

Ao escolher essa proteína bloqueadora para carregar as nanopartículas, o pesquisador deve levar em conta um peptídeo sinal de endereçamento para qual organela?

- **A** Núcleo.
- **B** **Mitocôndria.**
- **C** Peroxissomo.
- **D** Complexo golgiense.
- **E** Retículo endoplasmático.

**Fonte:**MEC/INEP - 2015, p. 19.

**QUESTÃO 64**

A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células **de uma região específica do corpo que estejam afetadas** por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e consequente aquecimento da célula.

A elevação de temperatura descrita ocorre porque

- **A** o campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.
- **B** o campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.
- **C** as nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.
- **D** o campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.
- **E** as nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferir calor.

**Fonte:**MEC/INEP - 2015, p. 22.

**QUESTÃO 78**

**TEXTO I**

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito externo até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato.

AQUINO NETO, S. **Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula a combustível etanol/$O_2$**. Disponível em: www.teses.usp.br. Acesso em: 23 jun. 2015 (adaptado).

**TEXTO II**

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais padrão ($E°'$) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:

$$2\,CO_2 + 7\,H^+ + 8\,e^- \longrightarrow CH_3COO^- + 2\,H_2O \qquad E°' = -0{,}3\ V$$

$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \longrightarrow 2\,H_2O \qquad E°' = 0{,}8\ V$$

SCOTT, K.; YU, E. H. **Microbial electrochemical and fuel cells: fundamentals and applications. Woodhead Publishing Series in Energy**, n. 88, 2016 (adaptado).

Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

- A 3
- B 4
- C 6
- D 9
- E 15

**Fonte:**MEC/INEP - 2016, p. 27.