

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
BASE DE PESQUISA FORMAÇÃO E
PROFISSIONALIZAÇÃO DOCENTE**

**DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE
BIOLOGIA: EVIDÊNCIAS A PARTIR DAS PROVAS
DO VESTIBULAR DA UFRN (2001-2008)**

MÁRCIA ADELINO DA SILVA DIAS

**NATAL- RN
2008**

MÁRCIA ADELINO DA SILVA DIAS

DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE
BIOLOGIA: EVIDÊNCIAS A PARTIR DAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DO
VESTIBULAR DA UFRN (2001-2008)

Trabalho apresentado à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Educação
como requisito obrigatório à obtenção do
título de Doutora em Educação.

Orientanda: Márcia Adelino da Silva Dias

Orientador: Prof. Dr. Isauro Beltrán Nuñez

Co-Orientadora: Profa. Dra. Iloneide Carlos
de Oliveira Ramos.

NATAL- RN
2008

Dias, Márcia Adelino da Silva.

Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia: evidências a partir das Provas de Múltipla Escolha do Vestibular da UFRN (2001-2008) / Márcia Adelino da Silva Dias. – Natal, 2008.
229 f.

Orientador: Prof. Dr. Isauro Beltrán Nuñez.

Co –Orientadora: Profª Dra. Iloneide Carlos de Oliveira Ramos.

Tese (Pós – Graduação em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Educação.

1. Biologia- Tese. 2. Dificuldades na aprendizagem - Tese. 3. Erro – Tese. 4. Ensino Médio – Tese. 5. Vestibular – Tese. I. Nuñez, Isauro Beltrán. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/BS/CCSA

CDU 371.263

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
BASE DE PESQUISA FORMAÇÃO E PROFISSIONALIZAÇÃO DOCENTE**

MÁRCIA ADELINO DA SILVA DIAS

**DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE
BIOLOGIA: EVIDÊNCIAS A PARTIR DAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DO
VESTIBULAR DA UFRN (2001-2008)**

Tese apresentada à Banca Examinadora no dia 19 de março de 2008, como requisito obrigatório à obtenção do título de Doutora em Educação, pelo Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, obtendo conceito final **A**.

Orientador (UFRN): Prof. Dr. Isauro Beltrán Nuñez

Co-Orientadora (UFRN): Profa. Dra. Iloneide Carlos de Oliveira Ramos

Examinadora (UFRN): Profa. Dra. Betânia Leite Ramalho

Examinadora (UFRN): Profa. Dra. Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo

Examinadora (UFRPE): Profa. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Examinadora (UFRPE): Profa. Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão

NATAL- RN
2008

Aos meus pais, exemplo maior de sabedoria, dignidade e honradez;
Ao meu esposo e companheiro e
Às minhas filhas Kiara e Larissa,
com amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, força maior e onipresença nos diversos momentos de minha vida, pelas vezes em que fraquejei e Ele me sustentou.

Ao grande mestre, orientador e amigo, Isauro Beltrán, pelos momentos de aprendizagem e pelo convívio agradável durante esta caminhada.

À professora Iloneide Carlos de Oliveira Ramos, pela co-orientação e importante contribuição durante a elaboração deste trabalho.

A todos os professores que participaram da minha educação.

À professora Betânia Leite Ramalho pela atenção e acessibilidade aos dados da pesquisa junto a COMPERVE, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e companheiros de jornada, com os quais pude compartilhar a pluralidade dos momentos ímpares vividos durante esta etapa da trajetória acadêmica.

Aos meus alunos, para os quais busquei, na Pedagogia, o sentido do fazer pedagógico.

Aos meus pais, irmãs e irmãos pelo incentivo, apoio e força espiritual durante todas as minhas jornadas.

Ao meu esposo e filhas, pelo amor e compreensão demonstrados em todos os momentos em que temos vivido.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que este trabalho fosse realizado; o meu sincero e eterno agradecimento.

“[...] e não se diga que, se sou professor de biologia, não posso me alongar em considerações outras, que devo apenas ensinar biologia, como se o fenômeno vital pudesse ser compreendido fora da trama histórico-social, cultural e política. Como se a vida, a pura vida; pudesse ser vivida de maneira igual em todas as suas dimensões, na favela, no cortiço ou numa zona feliz dos “Jardins” de São Paulo”.

PAULO FREIRE

RESUMO

Os estudos sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia têm sido foco das diversas pesquisas que se desenvolveram a partir da década de setenta do século passado, em consequência ao movimento das concepções alternativas. O estudo que se apresenta, está vinculado ao Departamento de Educação da UFRN - Base de Pesquisa Formação e Profissionalização Docente, como parte do projeto de pesquisa - *A passagem do Ensino Médio a UFRN: estudos sobre o acesso, a permanência e a qualidade do Ensino Médio*. Os objetivos deste estudo consistem em identificar os conteúdos explorados nas questões das provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN para os quais os candidatos demonstraram dificuldade de aprendizagem; analisar se a contextualização da questão e a presença de elementos não-textuais influenciaram no aumento da dificuldade da questão e identificar os erros mais frequentemente cometidos pelos candidatos nessas provas. A Tese se configura em duas dimensões: 1) Os conteúdos explorados nas provas do Vestibular da UFRN se distribuem uniformemente ao longo dos anos, sendo priorizados os procedimentos que exigem demandas cognitivas diversificadas na solução dos problemas; 2) os resultados observados nas provas, em relação ao baixo Índice de Aproveitamento, indicam a existência de áreas dessa disciplina nas quais há *déficit* de aprendizagem, também explicitando as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos interdependentes. Os dados da pesquisa foram coletados a partir da análise das Provas de Biologia e dos Relatórios do Processo Seletivo Vestibular fornecidos pela COMPERVE/UFRN, dos últimos oito anos (2001-2008). No sentido de atingir aos objetivos propostos para este estudo, foram construídas categorias de análise - conteúdos (temas, subtemas e procedimentos); índice de aproveitamento; contextualização da questão; estrutura da questão e erro. Os resultados, frutos das análises das oito provas do Vestibular da UFRN e do envolvimento de cento e sessenta mil, seiscentos e sessenta e cinco candidatos que as responderam, mostram que os temas e subtemas de Biologia para os quais as dificuldades na aprendizagem se revelaram são – genética (hibridismo; fenótipo e genótipo; Leis de Mendel), biotecnologia (transgênicos; células-tronco) e citologia (química da vida; divisão celular; membranas). Os procedimentos para os quais as dificuldades se apresentaram são: identificar, analisar situação e aplicar conceito, correlacionar e interpretar gráfico, os quais exigem demandas cognitivas variadas na solução dos problemas. A presença de situações contextualizadas e de gráficos nas questões das provas influenciou no aumento do nível da dificuldade da questão para a maioria dos candidatos, reiterando as dificuldades observadas na aprendizagem dos procedimentos. Os principais erros cometidos pelos candidatos: não reconhecimento do padrão de herança gênica – mendeliana e pós-mendeliana, não reconhecimento dos eventos da divisão celular e das técnicas em biotecnologia, também refletiram as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos em alguns momentos e, em outros, sugerem que houve a expressão das concepções alternativas que os estudantes constroem sobre os conceitos. Os resultados sinalizam a necessidade de revisão das questões didático-metodológicas inerentes ao ensino dos conteúdos para os quais as dificuldades na aprendizagem se apresentaram.

Palavras-chave: Biologia. Dificuldade na aprendizagem. Biologia. Ensino Médio. Vestibular.

RESUMEN

Los estudios cerca de las dificultades en el aprendizaje del contenido de la biología han sido foco de la investigación diversa que se ha venido haciendo a partir de la década de setenta del siglo pasado, en consecuencia al movimiento de las concepciones alternativas (MCA). El estudio que se presenta, se hace con el Departamento de Educação da UFRN - Base de Pesquisa Formação e Profissionalização Docente, como parte do projeto de pesquisa - *A passagem do Ensino Médio a UFRN: estudos sobre o acesso, a permanência e a qualidade do Ensino Médio*. Los objetivos de esta investigación, habían consistido en el identificar del contenido explorado en las cuestiones de las Pruebas de la opción múltiple del Vestibular de UFRN para el cual los candidatos habían demostrado dificultad en el aprendizaje; para analizar si el contextualização de la pregunta y la presencia de elementos no-literales que habían influenciado en el aumento de la dificultad de la pregunta e identificar los errores más frecuentemente por los candidatos en estas pruebas. La tesis se configura en dos dimensiones: 1 - El contenido explorado en las Pruebas del Vestibular de la UFRN se distribuya uniformemente a través de los años; siendo priorizados procedimientos que exigen demanda cognitiva diversificadas na solução de problemas; 2- Nessas provas, os resultados dos candidatos, en relación con el Índice de Aproveitamento, indican la existencia de áreas en las cuales hay déficit del aprendizaje; qué involucran las dificultades en aprender el contenido. Los datos de la investigación habían sido recogidos al partir de las pruebas de la biología y de la inicial abstracta selectiva de los informes proveído para el COMPERVE/UFRN, del último los ocho años (2001-2008). En la dirección alcanzar a los objetivos considerados para este estudio, contenta había sido construido a las categorías del análisis - (temas, subtemas y procedimientos); índice de aproveitamento; contextualização de la pregunta; estructura de la pregunta y el error. Los resultados, qué se configuran de los análisis de las ocho pruebas del vestibular de la UFRN y los sesenta y cientos involvement mil, seiscientos y sesenta y cinco candidatos que le habían contestado; demuestran eso: los temas y los subtemas de la biología para los cuales las dificultades en aprender si está tenido divulgado sea - genética (hibridismo; fenótipo y genotipo; Leyes de Mendel), biotecnología (transgênicos; célula-tronco) y citología (química de la vida; división celular; membranas) y los procedimientos - identificar, analizar la situación y aplicar concepto, para correlacionar y para interpretar el gráfico; los quais não exigem uma alta demanda cognitiva na solução dos problemas. La presencia de situações contextualizadas e de gráficos en las cuestiones de las pruebas influenciou en el aumento dos niveles dificuldade da of questão para a maioria dos candidatos, reiterando as of dificuldades of observadas na of aprendizagem dos procedimentos. Los errores principales cometidos para los candidatos habían consistido en no reconocimiento del estándar de la herencia del gênica - mendelian y después de-Mendel; no del reconocimiento de los acontecimientos de la división celular y de las técnicas en biotecnología. Éstos habían reflejado las dificultades en aprender del contenido para algún contenido y en otros sugieren que tuviera la expresión de los conceptos alternativos que los estudiantes construyen en los conceptos. Los resultados señalan la necesidad de una revisión de las preguntas inherentes didácticas-metodológicas a la educación del contenido para las cuales las dificultades en aprender si hay tenido presentado.

Palabras-llave: Biología. Dificultad en el aprendizaje. Error. Ensino Médio. Vestibular.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 – Competências e habilidades que os conteúdos de Biologia, conforme os PCNEMs (BRASIL, 1999, p. 14) devem construir no estudante.....	49
QUADRO 2 – Conteúdos para a prova de Biologia, contidos no Programa do Vestibular da UFRN (Manual do Candidato – UFRN/COMPERVE, 2008, p. 36).....	50
QUADRO 3 - Questionamentos que deverão ser respondidos na disciplina de Biologia (JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2003, p. 122).....	82
QUADRO 4 - Resumo das principais pesquisas referenciadas neste capítulo.....	84
QUADRO 5 – Elementos que diferenciam a Concepção Alternativa do Conhecimento Científico, segundo Ausubel (1982).....	85
QUADRO 6 – Categorias de Conteúdo e as Dificuldades na Aprendizagem de Biologia segundo Jiménez Aleixandre (2003, p. 131).....	110
QUADRO 7 - Elementos que compõem a estrutura de uma questão da Prova de Múltipla Escolha da UFRN (COMPERVE/UFRN, 2002).....	137
QUADRO 8 - Número de candidatos por ano de Vestibular da UFRN (Relatório do Processo Seletivo Vestibular – COMPERVE/UFRN, 2001-2008).....	138
QUADRO 9 – Procedimentos exigidos durante a escolha da resposta de questões de múltipla escolha das Provas do Vestibular da UFRN e a correspondência de sentido.....	141
QUADRO 10 – Intervalos de classe para a Categoria IA das questões das Provas (DIAS, SOARES, SILVA E NUÑEZ (2004).....	142

QUADRO 11 – Erros sobre o tema *A Célula* cometidos pelos candidatos nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN (2001-2008).....181

QUADRO 12 – Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN do ano de 2006. Disponível em <http://www.ufrn/comperve.gov.br> 183

QUADRO 13 - Questão da prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN do ano de 2003. Disponível em <http://www.ufrn/comperve.gov.br> 185

QUADRO 14 – Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Genética*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN (2001-2008).....186

QUADRO 15 – Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN do ano de 2002. Disponível em <http://www.ufrn/comperve.gov.br> 188

QUADRO 16 – Erros cometidos pelos candidatos em *Biotecnologia*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).....189

QUADRO 17 - Questão da Prova de múltipla escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2003. Disponível em <http://www.ufrn/comperve.gov.br> 190

QUADRO 18 – Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Seres Vivos*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).....193

QUADRO 19 – Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2002. Disponível em <http://www.ufrn/comperve.gov.br> 194

QUADRO 20 – Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Evolução*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).....197

QUADRO 21 – Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Saúde e Doença*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).....198

QUADRO 22 – Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2002. Disponível em: <http://www.ufrn/comperve.gov.br>.....199

QUADRO 23 – Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Reprodução Humana*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).....200

QUADRO 24 – Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Ecologia*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).....202

QUADRO 25 – Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2005. Disponível em <http://www.ufrn/comperve.gov.br>.....204

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Temas e subtemas explorados nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia nos Vestibulares da UFRN do período de 2001 a 2008.....150

TABELA 2 – Procedimentos priorizados pelas questões das provas de múltipla escolha de Biologia dos Vestibulares da UFRN, do período entre 2001 e 2008.....159

TABELA 3 – Procedimento exigido nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN do período entre 2001 a 2008, por tema.....160

TABELA 4 – Índice de Aproveitamento (IA) segundo a contextualização da questão das Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008.....164

TABELA 5 – Índice de Aproveitamento segundo os elementos textual e não-textual presentes na questão.....165

TABELA 6 – Índice de Aproveitamento (IA) segundo o Tema explorado nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia nos Vestibulares da UFRN, no período entre 2001 e 2008.....168

TABELA 7 – Índice de Aproveitamento segundo o Subtema priorizado nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia nos Vestibulares da UFRN, no período entre 2001 e 2008.....171

TABELA 8 – Índice de Aproveitamento segundo o Procedimento priorizado nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia nos Vestibulares da UFRN, no período entre 2001 e 2008.....176

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Contextualização das questões da Prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008.....163

GRÁFICO 2 – Presença dos elementos não-textuais nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008.....164

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO I - OS CONTEÚDOS DE ENSINO DA BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO.....	25
1.1 OS CONTEÚDOS DE ENSINO.....	26
1.2 AS CATEGORIAS DOS CONTEÚDOS NO CONTEXTO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO.....	31
1.2.1 Conteúdos Conceituais	33
1.2.2 Conteúdos Procedimentais.....	37
1.2.3 Conteúdos Atitudinais.....	41
1.3 OS CONTEÚDOS DE ENSINO DE BIOLOGIA, SEGUNDO OS ORIENTADORES CURRICULARES.....	46
1.3.1 Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEMs).....	46
1.3.2 Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs+).....	51
1.3.3 Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEMs).....	57
1.4 OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA NO CONTEXTO DO VESTIBULAR DA UFRN.....	59
CAPÍTULO II - OS ESTUDOS SOBRE AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA.....	63
2.1 O ERRO E AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA.....	65
2.2 O ESTUDO SOBRE AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DE BIOLOGIA	70
2.2.1 As Questões Didático-Pedagógicas Implícitas no Surgimento das Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos de Biologia.....	71
2.2.2 O Movimento das Concepções Alternativas (MCA) e as Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos Científicos.....	85
2.2.3 As Concepções Alternativas e as Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos de Biologia	94
2.2.4 As Dificuldades Implícitas nos Conteúdos de Biologia e as Dificuldades na sua Aprendizagem	109
CAPÍTULO III - O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	135
3.1 DESCRIÇÃO DAS FONTES DE COLETA DE DADOS.....	136

3.2 CATEGORIAS DE ANÁLISE	139
3.2.1 Conteúdo	139
3.2.2 Índice de Aproveitamento.....	142
3.2.3 Contextualização da Questão	143
3.2.4 Estrutura da Questão.....	144
3.2.5 Erro.....	147

CAPÍTULO IV - AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA: O QUE SINALIZAM OS RESULTADOS DESTA PESQUISA.....148

4.1 OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA (TEMAS/SUBTEMAS) EXPLORADOS NAS QUESTÕES DAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DO VESTIBULAR DA UFRN.....	149
---	-----

4.2 OS PROCEDIMENTOS PRIORIZADOS PELAS QUESTÕES DAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DE BIOLOGIA DO VESTIBULAR DA UFRN.....	158
---	-----

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS QUESTÕES DAS PROVAS QUANTO À CONTEXTUALIZAÇÃO E À PRESENÇA DE ELEMENTOS NÃO-TEXTUAIS E SUA RELAÇÃO COM O ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (IA).....	162
--	-----

4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS TEMAS E SUBTEMAS NOS QUAIS OS CANDIDATOS QUE SE SUBMETERAM AO VESTIBULAR DA UFRN, NO PERÍODO ENTRE 2001 E 2008, APRESENTARAM OS ÍNDICES DE APROVEITAMENTO MAIS BAIXOS.	167
---	-----

4.5 PROCEDIMENTOS PARA OS QUAIS OS CANDIDATOS APRESENTARAM OS ÍNDICES DE APROVEITAMENTO MAIS BAIXOS.....	175
--	-----

4.6 O QUE SINALIZAM OS ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS NAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DE BIOLOGIA DO VESTIBULAR DA UFRN.....	179
---	-----

CONSIDERAÇÕES

FINAIS.....	208
--------------------	------------

BIBLIOGRAFIA.....	210
--------------------------	------------

ANEXOS

INTRODUÇÃO

A Biologia divide com outras Ciências o feito de estabelecer perguntas sobre o meio natural, refletir sobre as situações da vida cotidiana e do âmbito científico, que se apresentam ao estudante, e eleger as respostas mais adequadas, dentre as possibilidades que se aplicam a cada realidade. É tanto que um dos principais propósitos do ensino da disciplina “Biologia” é o de instigar reflexões sobre a posição que o conhecimento científico ocupa na vida do indivíduo e a sua relação com os outros tipos de saberes, dentre os quais se incluem os saberes do cotidiano.

O atual estágio de construção do conhecimento pela Humanidade, não permite a existência da dicotomia entre o conhecimento geral e o específico, entre a ciência e a técnica, ou mesmo a visão da tecnologia como mera aplicação da ciência. Portanto, essa dicotomia não deve constituir obstáculo para a incorporação, pela escola, das culturas técnica e geral na formação plena dos sujeitos e na produção contínua de conhecimentos.

Entende-se que, na perspectiva atual de ensino - centrada no sujeito -, as ações educativas integradas requerem, para um bom resultado, uma melhor articulação dos conteúdos do currículo e uma ação convergente para a formação do estudante, possibilitando, assim, o desenvolvimento pleno das suas potencialidades.

Nesse sentido, o ensino de Biologia e as questões didáticas que norteiam o eixo de organização dos seus conteúdos deverão sinalizar para a compreensão da complexidade da vida e do seu equilíbrio dinâmico, tanto no processo de desenvolvimento de cada indivíduo quanto da própria Sociedade. (BRASIL, 2001).

Na ótica das Diretrizes curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1996), o ensino das disciplinas que compõem a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, também deve incluir o trabalho integrado dos professores, no sentido de promover a articulação e a interdisciplinaridade dos conteúdos dessas disciplinas.

Torna-se imprescindível destacar que o ensino dos conteúdos de Biologia não deve tratar apenas de incorporar elementos da ciência contemporânea aos currículos adotados pelas escolas, levando em consideração simplesmente a sua importância instrumental. Dentre os objetivos que o ensino dessa disciplina deverá cumprir no ambiente escolar, conforme os PCNEMs (BRASIL, 1999) – uns práticos e

outros instrumentais para a ação -, destacam-se aqueles que contemplam os aspectos que dizem respeito à construção da visão de mundo, os que levam à formação de conceitos, à avaliação e à tomada de uma posição cidadã.

Em meio aos aspectos inerentes ao ensino dos conteúdos de Biologia, também se insere a necessidade de desenvolvimento das estratégias que priorizem a sua abordagem de forma problematizadora, visando à promoção de um aprendizado que realmente transcenda à memorização dos nomes de organismos, sistemas ou processos biológicos. Neste intento, se torna importante que essa atividade seja diária na dinâmica da classe e consistente no processo de avaliação, criando-se, assim, estratégias coerentes para o ato de aprender.

Pressupõe-se, a partir dos objetivos programáticos para o ensino dos conteúdos de Biologia, que venha possibilitar, na vida do estudante, uma dinamização do processo de ensino-aprendizagem numa perspectiva dialética, em que o conhecimento é compreendido e apreendido como construções histórico-sociais e ético-políticas.

Desse contexto emergem os trabalhos de pesquisa que buscam os caminhos que levam à apropriação do saber escolar e se referem às dificuldades que se apresentam durante a aprendizagem dos conteúdos curriculares. É importante ressaltar, durante o ensino dos conteúdos biológicos, que vários critérios devem ser reconhecidos como partícipes do processo de aprendizagem, dentre os quais consta tanto o fato de esses estarem associados ao currículo escolar, quanto às características próprias e inerentes ao conteúdo e o interesse que este pode suscitar no estudante.

As pesquisas sobre as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos das Ciências Naturais têm revelado a coexistência de diversos fatores que concorrem para o seu surgimento. Algumas dessas dificuldades decorrem da manutenção das concepções alternativas que o estudante constrói sobre os conteúdos básicos de Ciências e de Biologia, quando tratados em diferentes níveis de complexidade, durante o Ensino Fundamental e Médio; outras derivam das questões didático-metodológicas inerentes ao seu ensino, enquanto outras são inerentes às dificuldades implícitas no conteúdo.

Partindo-se do pressuposto de que os conhecimentos de cada uma das áreas que compõem o conhecimento biológico não são estáticos, não estão concluídos e, portanto, não constituem verdades absolutas, a análise dos aspectos

atinentes ao problema das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia inclui: a natureza dos conteúdos que têm sido priorizados durante as aulas, a maneira como estes são abordados no ambiente da sala de aula e a forma como vêm sendo explorados nas avaliações.

Não é raro observar a pouca importância que ainda tem sido dada ao instrumento de avaliação, no sentido de sinalizar as dificuldades inerentes ao ensino-aprendizagem dos conteúdos abordados em aula e promover a auto-avaliação. Nesse sentido, ainda observamos uma prática de avaliação com fins na punição do estudante pelo que não sabe e/ou com finalidades no alcance de uma nota, deixando de inseri-la entre as ferramentas à disposição do professor para identificar e procurar minimizar o problema das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos e de auto-avaliação da sua prática.

No caso específico deste trabalho, as reflexões iniciais em torno da problemática anunciada, a baixa importância que tem sido dada à avaliação na identificação das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, serviu para instigar a sua utilização com essa finalidade. Nesse sentido, dada a impossibilidade de se realizar a avaliação de todos os estudantes que concluem o Ensino Médio anualmente nas escolas de Natal (RN), serviram os resultados obtidos nas provas de Biologia pelos candidatos que se submetem ao processo seletivo Vestibular da UFRN. As provas de Biologia do Vestibular da UFRN aplicadas no período compreendido entre 2001 e 2008 foram vistas como um importante instrumento de avaliação e seleção de candidatos, favorecendo o desenvolvimento deste estudo.

Nesse período, houve diversas mudanças no vestibular da UFRN. Primeiramente quanto ao número de questões na prova de múltipla escolha - anteriormente eram 20 (vinte) questões, passando depois a serem 15 (quinze) e atualmente são 12 (doze). Também foram implementadas mudanças no programa proposto para a prova, com a introdução dos temas: *biotecnologia* e *embriologia*; além do redimensionamento dos conteúdos envolvendo *saúde e doença*, *reprodução humana*, *genética e evolução*; que receberam novos tópicos e foram reordenados.

Em relação ao programa de inclusão dos estudantes nos cursos oferecidos pela UFRN, a exemplo do que vem ocorrendo em todo o Brasil, foi elaborado um plano de ação que visa aumentar o acesso dos estudantes provenientes das escolas públicas. A comissão responsável pelo projeto propôs a adoção de um Argumento

de Inclusão (AI), que visa diminuir as diferenças, em termos de acesso, para estudantes da rede pública, em que se articulam critérios socioeconômicos e de desempenho acadêmico. No plano de trabalho proposto para o quadriênio 2003-2007, priorizou-se a democratização das formas de acesso ao ensino de Graduação, oferecendo oportunidades de permanência e melhoria do desempenho acadêmico do estudante matriculado na UFRN.

A realização desta pesquisa instiga a uma reflexão sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia as quais englobam uma variedade de aspectos que transcendem o foco do ensino na pessoa do professor. Apesar de decorrer, em sua origem, de fatores multicausais, esse tipo de dificuldade, que será estudado neste trabalho, está diretamente relacionado à ineficiência da escola básica em promover a aprendizagem dos conteúdos de Biologia necessários à preparação do estudante/candidato para se submeter ao vestibular da UFRN.

Os resultados desta pesquisa poderão vir a dar importante contribuição quanto à identificação das áreas da Biologia na qual incide o maior grau de dificuldades de aprendizagem dos conteúdos. A explicitação das causas que levaram os candidatos a errarem nas questões do vestibular pode colaborar junto aos cursos de formação de professores de Ciências e de Biologia, no sentido vir a suscitar reflexões acerca das questões didático-metodológicas implícitas no ensino-aprendizagem dos conteúdos ministrados.

Com vistas no estudo da problemática envolvida no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, procedeu-se inicialmente à elaboração das seguintes questões: 1) Quais conteúdos (temas/subtemas) foram explorados nas provas de múltipla escolha de Biologia dos Vestibulares da UFRN, no período entre 2001 a 2008? 2) Quais foram os procedimentos exigidos pelas questões dessas provas? 3) A contextualização das situações apresentadas nas questões e a presença de elementos não-textuais influenciam no grau da dificuldade da questão? 4) Para quais conteúdos (temas e subtemas), os candidatos apresentaram os menores índices de aproveitamento? 5) Para quais procedimentos os candidatos apresentaram os menores índices de aproveitamento? 6) Quais foram os tipos de erros mais freqüentemente cometidos pelos candidatos nas questões das provas do Vestibular da UFRN aplicadas no período proposto para este estudo?

Como meio para atingir as finalidades deste trabalho, foi estabelecido como objetivo geral: identificar as dificuldades na aprendizagem que se apresentam para

os conteúdos (temas, subtemas e procedimentos), a partir da análise das provas de múltipla escolha de Biologia do Vestibular da UFRN, aplicadas no período entre 2001 e 2008.

Como objetivos específicos procuraram-se:

- a) Identificar os conteúdos de Biologia (temas/subtemas) contemplados nas provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008;
- b) Identificar os conteúdos (procedimentos) contemplados nas provas de múltipla escolha da referida disciplina do Vestibular da UFRN, no mesmo período;
- c) Caracterizar as questões das provas quanto à contextualização e à presença de elementos não-textuais, analisando se esses fatores influenciam na escolha da alternativa errada das questões nas quais se observaram baixo Índice de Aproveitamento;
- d) Identificar os temas e subtemas para os quais foram registrados os menores Índices de Aproveitamento;
- e) Identificar os procedimentos para os quais foram registrados os menores Índices de Aproveitamento;
- f) Identificar o tipo de erro cometido pelo candidato, quando este fez a opção pela alternativa errada da prova.

A Tese se configura em duas dimensões: 1) Os conteúdos explorados nas provas do Vestibular da UFRN se distribuem uniformemente ao longo dos anos, sendo priorizados os procedimentos que exigem demandas cognitivas diversificadas na solução dos problemas; 2) os resultados observados nas provas, em relação ao baixo Índice de Aproveitamento, indicam a existência de áreas dessa disciplina nas quais há *déficit* de aprendizagem, também explicitando as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos interdependentes.

Constituíram fontes importantes para a definição do objeto de estudo desta pesquisa, contribuindo para a seleção dos objetivos propostos para o desenvolvimento deste trabalho, os relatórios emitidos pela Comissão Permanente do Vestibular (COMPERVE), que é o órgão responsável pela organização e realização do processo seletivo vestibular da UFRN. As discussões desenvolvidas

durante os seminários organizados pela COMPERVE, no período de 2001 a 2008, nos quais os resultados do processo seletivo são pedagogicamente discutidos, também subsidiaram as reflexões quanto às dificuldades de aprendizagem dos conteúdos contemplados nessas provas.

Nas discussões teóricas sobre os conteúdos de ensino de Biologia contribuíram as reflexões de Alvarez de Zayas (1992); Carvalho (1992); Bannet, Ayuso (1995); Arnay (1998); Zabala (1999); Cachapuz (2000); Brasil (1999, 2001, 2006); Busato (2001); Pozo (2002); Arnoni, Kroike, Borges (2003); Bazzo, Palacios, Galbarte (2003); Diniz e Tomazello (2003); Corazza-Nunez (2004) e Dias (2006), dentre outros, quando enfocam as diferenças existentes entre as categorias didáticas dos conteúdos e os parâmetros utilizados para promover a sua apropriação pelo estudante.

Aportamo-nos também nas discussões desenvolvidas por Mayer (1998) sobre as mudanças que ocorreram no conhecimento, na área de Biologia, até que fosse atingida a Biologia moderna, e nas formas como essas mudanças devem ser acompanhadas e entendidas pelo professor durante o seu ensino.

Outros autores aos quais recorreremos foram:

Moraes e Mancuso (2004), em relação à organização do currículo das Ciências Naturais com vistas à necessidade de uma participação efetiva do estudante como sujeito da aprendizagem;

Marandino, Selles, Ferreira e Amorim (2005) e Krasilshick (2005), no tocante às questões didático-metodológicas envolvidas no ensino e na aprendizagem dos conteúdos biológicos, com ênfase nos desafios que são impostos aos professores durante o ensino dessa disciplina;

Corazza-Nunes, Pedrancini, Galuch, Moreira e Ribeiro (2005) sobre a forma como o professor organiza e desenvolve o ensino dos conteúdos de Biologia durante o Ensino Médio;

Sánchez, Escudero e Massa (2006), sobre os problemas apresentados em alguns livros didáticos dessa disciplina, enquanto critério de análise de tal ferramenta, para prover o professor de uma crítica necessária à seleção de materiais para ensino da disciplina em questão; dentre outros pesquisadores.

Para o desenvolvimento das discussões sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia e no intuito de sustentar as discussões teóricas sobre as áreas do conhecimento biológico para as quais as dificuldades na

aprendizagem se apresentam, contribuíram os resultados das pesquisas desenvolvidas por: Mizukami (1986); Stavy (1987); Rodríguez Palmero (1997, 1998, 1999, 2001); Woody-Robinson *et al.* (1998); Tamayo e García (1998); Banet e Ayuso e (1995, 1998, 2000, 2003); El-Hani e Bizzo (2002); Rodríguez Palmero e Marrero (2003); Aleixandre (2003); Hurtado e García (2003); Barros e Carneiro (2005); El-Hani (2005); Corazza-Nunes *et al.* (2005); Mengascini (2006); Anderson, Sheldon e Dubay (2007); Santos, Infante-Malachias e Amabis (2003); Camargo, Infante-Malachias e Amabis (2007), dentre outros.

Giordan e De Vecchi (1996), Pozo e Pérez Gómez (1999), contribuíram no desenvolvimento das discussões sobre as concepções alternativas que o estudante constrói sobre os conteúdos, ao explicitar o conceito de concepção alternativa e a sua influência no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos.

As pesquisas realizadas com vistas na verificação do grau de influência das concepções alternativas no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos da Biologia têm possibilitado a identificação do uso incorreto dos conhecimentos específicos dessa disciplina, inclusive contribuindo, para a inserção dessas concepções entre as principais causas dos erros cometidos pelo estudante quando da apropriação dos conceitos biológicos.

No referencial utilizado para o desenvolvimento das reflexões sobre a influência das concepções alternativas no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, estão: Cubero Pérez (1986); Serrano (1987); Jiménez Aleixandre (1987); Giordan (1987); Díaz González e Albuín (1988); Caballer e Giménez (1993); Núñez e Banet (1993); Díaz e Jiménez (1993); Mondelo Alonso, García Barros e Martínez Losada (1994); Rodríguez Palmero (1999, 2001); Duarte (1999); Jiménez Aleixandre, (2003); Santos (2003); Luís (2004); Pedrancini, Corazza-Nunes e Galuch (2004); Pedrancini, Corazza-Nunes e Galuch (2005); Dias (2006), dentre outros.

As discussões desenvolvidas neste trabalho serão organizadas em quatro capítulos:

No capítulo I, apresentam-se as reflexões teóricas sobre as tipologias de conteúdos de ensino, apresentados segundo as suas categorias didáticas: conceituais, procedimentais e atitudinais. Nesse capítulo, também se discute acerca dos conteúdos de Biologia que devem ser priorizados durante o Ensino Médio. Estes serão tratados a partir da perspectiva de currículo, levando-se em consideração os

objetivos que tais conteúdos deverão cumprir na formação do estudante, com base na proposta do Novo Ensino Médio, contida nos Orientadores Curriculares, quais sejam: PCNEMs (BRASIL, 1999), PCNs⁺ (BRASIL, 2001) e nas OCEMs (BRASIL, 2006), bem como no Programa do Vestibular apresentado pela UFRN. (COMPERVE, 2001-2008).

No capítulo II, discutem-se as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, enfatizando-se, dentre os elementos que podem contribuir para o surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos biológicos, as questões didático-metodológicas pertinentes ao ensino dos conceitos básicos que compõem o conhecimento biológico; as dificuldades implícitas no conteúdo de Biologia e a influência exercida pelas concepções alternativas na construção de conceitos errôneos ou equivocada sobre os conteúdos.

Nesse mesmo capítulo, foi dado ênfase à aprendizagem dos conteúdos conceituais, com vistas às interações que deverão se dar no âmbito cognitivo do estudante, objetivando a compreensão dos conceitos dessa disciplina e a construção das habilidades e competências, como requisito necessário para que o nível de proficiência seja atingido.

No capítulo III, será apresentado o percurso metodológico da pesquisa, definindo-se, inclusive, as categorias de análise dos dados.

No capítulo IV, apresentam-se as discussões sobre os resultados desta pesquisa, seguindo-se os objetivos previamente definidos e as questões de estudo levantadas quanto às dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia e a correlação destas com o erro que o estudante comete ao escolher a alternativa incorreta, na prova de múltipla escolha de Biologia do Vestibular da UFRN.

Este trabalho de Tese está vinculado ao projeto de pesquisa *A passagem do Ensino Médio à UFRN: estudos sobre o acesso, a permanência e a qualidade do Ensino Médio*, do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFRN.

A sua articulação com a proposta da base de Pesquisa “Formação e Profissionalização Docente”, do Departamento de Educação da UFRN; se dá por estarem sendo contempladas as reflexões sobre o ensino e as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, um aspecto importante quando se trata da formação de professores para ensinar Ciências e Biologia.

CAPÍTULO I - OS CONTEÚDOS DE ENSINO DA BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Neste capítulo, serão desenvolvidas as discussões sobre conteúdos, as suas tipologias, enquanto categorias didáticas, e os conteúdos de Biologia que devem compor o currículo do Ensino Médio.

Na primeira parte deste capítulo, apresentam-se os diferentes conceitos atribuídos a essa categoria didática, discutindo-se, inclusive, as mudanças que se deram no conceito de conteúdo, como um nítido reflexo das mudanças que foram se configurando na educação brasileira, após a implantação da LDB 9394/96.

Nessa parte do capítulo, estão apresentadas também as categorias de conteúdo: conceitual, procedimental e atitudinal, desenvolvendo-se paralelamente discussões sobre a forma como esses conteúdos deverão ser priorizados durante a educação escolar, visando ao cumprimento dos objetivos educacionais propostos pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM).

Na segunda parte do capítulo, serão apresentadas as propostas dos Orientadores Curriculares Nacionais - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 1999), PCN⁺ (BRASIL, 2001) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCEM (BRASIL, 2006), quanto aos objetivos e funções que os conteúdos de Biologia deverão cumprir na educação do estudante.

Convém destacar que as reflexões desenvolvidas neste capítulo convergem para as discussões sobre a importância do ensino de Biologia na formação do estudante, nessa etapa final da sua educação formal. Nesse momento, procurou-se identificar a contribuição advinda de cada um desses documentos na orientação aos professores quanto ao ensino de Biologia, a partir das DCNEMs, tendo em vista uma educação com base interdisciplinar e abordagem contextualizada dos conteúdos, que prioriza a formação de competências e habilidades.

1.1 OS CONTEÚDOS DE ENSINO

Os avanços científico-tecnológicos ocorridos a partir da segunda metade do século XX têm aumentado a demanda por conhecimentos e pela utilização de conceitos, dados e termos procedentes das diferentes áreas das Ciências, o que vem possibilitando tanto uma compreensão desses mesmos avanços quanto uma predição de suas conseqüências em âmbito pessoal e ambiental, que inclui o seu entorno. (JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2002; TEJADA, GARCÍA, HÓDAR, 2007).

Nas Ciências Naturais¹, a partir das mudanças quanto aos objetivos que a Educação Básica deverá cumprir e das finalidades que a educação em Ciências deve dar conta; tem sido buscada a centralização do ensino na compreensão do valor da ciência e na variedade de métodos e práticas que legitimam os seus resultados.

Dentre os objetivos que o ensino das ciências deverá cumprir na Educação Básica, enquadra-se a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), vista como ferramenta da educação que favorece a inserção dos estudantes em um mundo onde os conhecimentos científicos e tecnológicos são parte da linguagem e das atividades cotidianas.

Nesse sentido, ao se pensarem os conteúdos que devem compor o currículo para cumprir com os objetivos educacionais em Ciências e Biologia, é de vital importância ter consciência de quais são as implicações das descobertas científicas e do desenvolvimento tecnológico, na vida do estudante, considerando as distintas dimensões que os contextualizam na Sociedade – ambientais, históricas, culturais, políticas e éticas, dentre outras.

Essas dimensões se manifestam de diferentes maneiras no contexto de cada grupo de estudantes, motivo pelo qual é preciso identificá-las e considerá-las no momento de planejar a construção de conhecimentos na aula. Os significados que cada grupo outorga aos conteúdos influem tanto nos seus interesses como na realidade sociocultural.

Sob esse aspecto, tornam-se visíveis as mudanças que se deram em relação ao conceito de conteúdo e às modificações graduais que este vem sofrendo

¹ Nas discussões que serão desenvolvidas sobre os conteúdos, tomaram-se por base as orientações pedagógicas com bases sócio-construtivistas.

ao longo da história da didática das Ciências Naturais, haja vista estar se buscando fugir aos pressupostos defendidos pela escola tradicional, para atingir outras conotações e cumprir novos objetivos.

Nesse sentido, é inquestionável a colaboração que os pesquisadores da área de Didática e de Prática de Ensino têm fornecido, no sentido de buscar uma melhor conotação para o conceito de conteúdo de ensino e sua abrangência. (ZABALA, 2002). Esta foi se configurando com o advento da perspectiva socio-construtivista e a mudança no olhar do professor, que se dirigiu para a detecção das potencialidades e dificuldades demonstradas pelos estudantes em suas interações com os conteúdos escolares. (OSBORNE, 1996; MILLAR, 1996).

Zabala (1999, p. 9) considera que o conteúdo, a partir da percepção do que é ensinar nos moldes do sócio-construtivismo “[...] é o conjunto de aprendizagens que o estudante deve ter”, o qual denominou de “conteúdos de aprendizagem.” De acordo com esse autor, o conteúdo passa a ser concebido como “[...] um importante componente social e cognitivo capaz de promover uma visão mais pedagógica acerca das possibilidades de escolha do que deve ser ensinado ao estudante.” Ressaltou este autor a importância sociocognitiva do conteúdo, ao afirmar que “[...] dada a sua versatilidade, este também favorece a visão global do indivíduo em relação ao que é, faz e sabe” (ZABALA, 1999, p. 15), um aspecto também realçado por Sacristán e Perez Gómez (1998).

Coll (1987, p.161), por sua vez, concebe o conteúdo como “[...] o conjunto de formas culturais e de saberes selecionados para integrar as diferentes áreas curriculares em função dos objetivos gerais da área”, a partir da perspectiva socio-construtivista. Ele agrupou e subdividiu o conjunto de conteúdos que devem ser selecionados para compor o currículo em: a) fatos discretos, conceitos e princípios; b) procedimentos e c) valores, normas e atitudes.

Os fatos discretos foram definidos, por este autor, como informações não articuladas, considerando os conceitos como aquilo que designa o conjunto de objetos, acontecimentos e símbolos que portam algumas características comuns.

Coll (1987) denomina de princípios as finalidades que um enunciado descreve tais como: as mudanças que ocorrem em um conjunto de objetos, acontecimentos, situações ou símbolos, relacionando essas mudanças com as que ocorrem em outros conjuntos.

Ainda este mesmo autor concebe o procedimento como o conjunto de ações ordenadas e finalizadas, ou seja, orientadas para o alcance de uma meta. Quanto aos valores, estes são considerados como os princípios normativos que presidem e regulam o comportamento das pessoas em qualquer momento ou situação. Referentemente às normas, estas são tidas por ele como regras de comportamento que as pessoas devem respeitar em determinadas situações e as atitudes como uma tendência a comportar-se de forma consistente e persistente diante de determinadas situações.

No conceito proposto por Bernstein (1988, p. 75), o conteúdo é visto como “[...] tudo aquilo que ocupa o tempo escolar, o que é ensinado, é sugerido para ser ensinado ou obrigado a aprender [...]”; enfatizando que este “[...] expressa os valores e funções que a escola difunde num contexto social e histórico concreto associado ao currículo escolar [...]”.

Outros autores também procuraram definir conteúdos, dentre os quais, Alvarez de Zayas (1992, p. 81), para quem o conteúdo é tido como “[...] aquela parte da cultura que deve ser objeto de assimilação pelos estudantes, na aprendizagem, para alcançar os objetivos propostos [...]”, os quais o autor agrupou em parte como um sistema de conhecimentos e outra parte como um sistema de habilidades.

Alvarez De Zayas (1992) concebe como características gnoseológicas do conteúdo:

a) O Conceito – que define como “[...] uma imagem generalizada que reflete a junção de objetos semelhantes por meio de suas características essenciais” (p. 83), considerando-o como o elemento mais importante do pensamento lógico.

b) A Lei – a qual define como “[...] uma determinada relação necessária entre componentes do objeto ou entre fenômenos ou processo” (p. 84) colocando-a no mesmo nível dos princípios.

c) A Teoria – definida como “[...] o sistema de conhecimentos que explica o conjunto dos fenômenos de alguma esfera da realidade e que reduz todas as leis que se encontram nesse domínio inferior, como elemento unificador” (p. 85).

d) O Quadro – que define como “[...] uma generalização a nível de sistema conceitual, dos elementos fundamentais das diferentes teorias que se sustentam em um modelo determinado da matéria e o movimento” (p. 83).

O quadro de mundo, segundo Alvarez de Zayas (1992), permite generalizarem-se os aspectos essenciais da parte da realidade estudada pela ciência, que inclui um sistema fundamental de idéias, conceitos, leis e princípios mais gerais, que caracterizam uma etapa histórica de seu desenvolvimento.

Para Sacristán (2000, p. 97), o conteúdo é “[...] tudo aquilo que se tem que aprender para alcançar determinados objetivos educacionais, não abrangendo apenas as capacidades cognitivas do estudante, como também as capacidades motoras, as afetivas e as de inserção social do indivíduo”, inserindo também as discussões sobre as conseqüências desse fato para o ensino.

No ensino das Ciências Naturais, os conteúdos do currículo escolar deverão assumir uma postura auxiliar na tomada de decisões e incentivar o interesse do estudante pela ciência, objetivando fornecer instrumentos que visam desenvolver atitudes positivas em relação à investigação, consideradas como necessárias à sua própria compreensão. (KRASILSHICK, 2004; MORAES; MANCUSO, 2004). Também é necessário remeter aos efeitos derivados de determinadas atividades que são praticadas dentro e fora do ambiente escolar, objetivando a aquisição de aprendizagens variadas, com o matiz de que nem tudo que é real na prática pedagógica é passível de ser explicitado.

Na área de ensino de Biologia, há atualmente uma visível preocupação em relação a uma melhor compreensão do significado que os conteúdos devem assumir para o estudante. Este fato exige do professor uma postura reflexiva, por ocasião da seleção dos conteúdos de ensino que deverão integrar o currículo, com o objetivo de atingir níveis satisfatórios de aprendizagem. (KRASILSHICK, 2004; MORAES, MANCUSO, 2004; MARANDINO *et al.*, 2005), conforme será discutido posteriormente neste capítulo.

Torna-se importante considerar, durante a elaboração do currículo, que, nos diferentes níveis da escolaridade, pelos quais o estudante passou, não foram abordados sempre os mesmos conteúdos, nem se priorizaram os mesmos objetivos, uma vez que, para nenhum deles, a linguagem, a ciência ou o conhecimento social foram entendidos da mesma forma, nem pelo professor, nem pelos estudantes, nem tampouco pelos elaboradores do currículo.

A partir da visão crítica do currículo, Apple (1997, p.5) enfatiza a função atribuída às escolas, ao afirmar que estas “[...] não apenas preparam o conhecimento; elas também preparam as pessoas [...]”. Nesse caso, o ato de

preparar o conhecimento e as pessoas assume a função de conferir-lhes características próprias que as tornarão diferentes.

Fanfani (2002, p.3) partilhou desse pensamento ao ressaltar a importância da participação da escola na preparação do estudante para a vida, inserindo, dentre as prioridades da educação escolar, não apenas a de “[...] ensinar boas maneiras, mas a de formar homens de ação capazes de pensar corretamente para poder atuar na sociedade [...]”, o que constitui a base de um saber contextualizado.

Observa-se, atualmente, uma exigência maior em torno de uma ação pedagógica que deve priorizar a escolha consciente dos conteúdos escolares que deverão compor o currículo. Neste sentido, o processo de ensino-aprendizagem deixa de ter como base exclusiva a aprendizagem memorística dos conceitos integrantes das disciplinas escolares e passa a priorizar a aprendizagem de procedimentos e o desempenho de atitudes responsáveis pelo estudante.

Essa nova atribuição dada ao currículo, aos conteúdos e ao ensino exigiu mudanças na atitude dos professores, no momento de selecionar e organizar os elementos estruturadores do currículo, e que as estruturas curriculares fossem contestadas, criticadas e reconstruídas pelos professores e estudantes, de modo a torná-las mais condizentes com o que é aceito pela ciência contemporânea.

Não é razoável pensar que um decalque das etapas internas envolvidas na aprendizagem, de acordo com as proposições anteriores e segundo um modelo construtivista de instrução, possa ser em todas as situações de sala de aula a abordagem mais adequada e/ou bem sucedida. Talvez o principal impacto causado pelas orientações construtivistas esteja na atenção antes dirigida aos métodos de ensino, vistos como técnicas capazes de ensinar com eficiência, para os processos de aprendizagem centrados no sujeito.

No trabalho que ora se desenvolve, será considerado o conceito de conteúdo de ensino proposto pelas Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 36), segundo as quais:

[...] os conteúdos de ensino compreendem todas as aprendizagens que os estudantes devem alcançar para progredir nas direções que marcam os fins da educação numa etapa de escolarização, em qualquer área ou fora dela, e para tal é necessário estimular comportamentos, adquirir valores, atitudes e habilidades de pensamento e de conhecimentos.

Nesse contexto, os conteúdos de ensino, especificamente os das Ciências Naturais e, mais especificamente ainda, os de Biologia, passaram a priorizar a abordagem de conteúdos que visam à educação científica, orientando-se para o cumprimento dos objetivos da Educação Básica, devendo, assim, estar comprometidos com a racionalidade, o pensamento crítico (capacidade de compreender e examinar argumentos, hipóteses e teorias) e a objetividade. (BRASIL, 2001).

No entanto, é importante perceber que um ensino voltado para a compreensão de todos deve abranger não apenas a aprendizagem de conteúdos fundamentais de Ciências, mas, sobretudo, a aprendizagem sobre Ciências.

Sob esse ponto de vista, para que os conteúdos de aprendizagem sejam considerados como legítimos do currículo escolar, deverão refletir, num dado momento, o significado lógico do estudante, da sua cultura e da função social atribuída à educação, conforme será discutido ao longo deste capítulo.

1.2 AS CATEGORIAS DOS CONTEÚDOS NO CONTEXTO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO

Atualmente, os Orientadores Curriculares, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999; 2001; 2006) e a literatura que trata das temáticas envolvidas na Didática das Ciências consideram a organização dos conteúdos escolares em três categorias, a saber: os conceituais, os procedimentais e os atitudinais, a partir da proposta inicial de Merrill (1983).

Zabala (1999), utilizando-se dessa proposta para a categorização dos conteúdos, ressalta a importância em se fazer essa subdivisão sob o ponto de vista didático-pedagógico. Este autor realça que essa organização em categorias decorreu de uma (re) significação quanto às questões didáticas que devem ser priorizadas durante a seleção dos conteúdos a serem tratados na escola. Também se refere à postura a ser assumida pelo professor durante o planejamento e a organização das atividades educacionais, a qual envolve aspectos inerentes à importância que deve ser dada aos objetivos educacionais que se pretende atingir.

O conhecimento científico, de acordo com a nova proposta contida nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2001) e quanto à forma como tem sido aceito atualmente pelos especialistas da área de ensino (COLL *et al.*, 2000), passou a ser discutido a partir de três perspectivas integradas e complementares que incluem: a) a ciência como sistema conceitual organizado de forma lógica; b) a ciência como forma de produção de conhecimentos e c) a ciência como modalidade de vínculo com o saber e a sua produção. (BRASIL, 2001).

Essas perspectivas culminam com a proposta de organização dos conteúdos escolares em três categorias, quais sejam:

- a) Os conteúdos conceituais (fatos, conceitos e princípios), que dizem respeito ao que os estudantes devem saber;
- b) Os conteúdos procedimentais (seqüências de ações para a consecução de uma meta), que se relacionam com o que os estudantes devem saber fazer;
- c) Os conteúdos atitudinais (valores, atitudes e normas), ou seja, o que os estudantes devem ser.

Torna-se importante salientar que não há pretensão de, ao apresentar os conteúdos nessas três categorias didáticas, promover a existência de algum tipo de fragmentação que corra o risco de separá-los durante o processo de ensino, uma vez em que estão interligados pelos componentes cognitivos, que determinam uma complexa rede de relações.

Na visão de Cunha (1988), embora nas expectativas quanto à aprendizagem do estudante sejam abarcadas atitudes, conceitos e procedimentos, o alcance dessas categorias didáticas inclui aprendizagens que vão se construindo paulatinamente e que não podem ser constatadas em um curto espaço de tempo.

Tem sido possível verificar que, no ensino de Biologia, ainda é privilegiada, para alguns conteúdos, uma visão fragmentada e compartimentalizada do conteúdo. A subdivisão dos conteúdos biológicos em áreas disciplinares, tais como zoologia, botânica, ecologia, citologia e genética, leva à construção de uma falsa impressão de que não há relação entre essas áreas, nem tampouco uma conexão com o todo.

Cunha (1988, p. 34) mostra claramente esse exemplo quando afirma que:

[...] um estudante pode se esforçar em estudar o fenômeno da fotossíntese, decorar todos os nomes dados a uma série de reações químicas complexas; sem jamais perceber que os produtos finais deste fenômeno representam para ele, ser vivo, o ar que respira e a energia que adquire ao se alimentar todos os dias.

Quando se prioriza um ensino contextualizado, no qual as categorias de conteúdos e áreas disciplinares congregam os estudantes, ao final do processo, tem-se mais condições de:

- *Interpretar* o organismo humano como um sistema complexo, aberto, coordenado e que se reproduz;
- *Relacionar* a fisiologia dos sistemas como um todo integrado.
- *Identificar* a célula como um sistema aberto;
- *Identificar* a célula como a unidade estrutural e funcional de todos os seres;
- *Analisar* as problemáticas sanitárias atuais;
- *Projetar* ações de promoção, proteção e recuperação da saúde humana;
- *Utilizar* modelos para explicar os fenômenos biológicos por meio do estudo dos diferentes níveis de organização.

Essas discussões serão retomadas na segunda parte deste capítulo, quando serão abordadas as propostas dos documentos oficiais. (DCNEMs; PCNEMs; PCNs⁺ e OCEMs) para o ensino de Biologia na escola, na atualidade.

1.2.1 Conteúdos Conceituais

As discussões iniciais sobre os conteúdos conceituais na área das Ciências Naturais remetem a Weissmann (1998), quando este destaca a sua importância para a formação do estudante, ressaltando que este guarda uma íntima relação com a aprendizagem dos conceitos. A autora enfatizou que os conteúdos conceituais surgem como uma categoria que está integrada a conceitos e princípios, abrangendo a aprendizagem de fatos, coisas das pessoas, da natureza e dos

objetos, e que o ensino desses conteúdos “[...] serve para enriquecer os esquemas de conhecimentos dos estudantes numa direção coerente com a científica.” (p. 20).

Zabala (1999, p. 72) concebe os conteúdos conceituais como “[...] o que é preciso saber”, ao qual atribuiu três componentes ou subgrupos, a saber: os fatos, os conceitos e os sistemas conceituais ou princípios, de acordo com o marco conceitual. Para esse autor, os *fatos* consistem em objetos, acontecimentos, símbolos (ou conjunto de símbolos) que se encontram articulados ou relacionados através de conceitos (mamífero, aquecimento global, genótipo, transgênico, genes alelos, o número de cromossomos de uma pessoa).

Os conceitos, aos quais Zabala se refere, dizem respeito ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns, constituindo conhecimentos sempre em aprimoramento, uma vez que os conceitos são conhecimentos sempre em aperfeiçoamento. Esse autor destaca, em linhas gerais, que a aprendizagem dos fatos envolve a memorização, comumente realizada por repetição verbal, daí a sua relação com a aprendizagem ‘memorística’ inicial de alguns conceitos fundamentais sobre os conteúdos que se intenciona aprender.

Os sistemas conceituais e os princípios referidos por Zabala constituem as mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação, em relação aos demais fatos, objetos ou situações sobre os quais são descritas relações de causa-efeito ou de correlação, enquanto os princípios englobam os sistemas conceituais (leis, regras, teorias), integrando os conteúdos conceituais.

Em termos comparativos, segundo este autor; os conceitos e princípios apresentam em comum a compreensão do contexto ou situação, considerando-se que, para se aprender um conceito ou princípio, é preciso, primeiramente, que o seu significado seja entendido. Neste caso, para que a aprendizagem de conceitos e princípios seja atingida, torna-se necessário que as atividades cognitivas oriundas de experiências pessoais ou situações propostas façam sentido para o estudante.

Pozo (2002, p. 75) denomina o conteúdo conceitual como o “[...] conjunto dos resultados de aprendizagem”, denominando-o de “aprendizagem verbal e conceitual” e organizando-o em três grupos:

- a) A aprendizagem de informação verbal ou incorporação de fatos e dados à memória, sem que lhes seja dado um significado.

Nesse grupo, incorpora-se a aprendizagem de dados isolados, sem significados em si mesmos, os quais precisam ser repetidos para que sejam evitadas situações embaraçosas (telefones, endereços, nome das pessoas etc).

b) A aprendizagem e compreensão de conceitos que permitirão ao estudante atribuir significado aos fatos com os quais se depara em seu cotidiano, interpretando-os de acordo com um marco conceitual.

Segundo o autor, consiste em “[...] aprender fatos e saber relacioná-los” (p. 76), uma vez que a aprendizagem conceitual não implica simplesmente a repetição ou reprodução da informação apresentada como se fosse um fato dado, pois requer que se ativem estruturas dos conhecimentos prévios aos quais se assimile a nova informação.

c) A mudança conceitual ou reestruturação dos conhecimentos prévios que têm origem nas teorias implícitas e representações sociais, com o fim de construir novas estruturas conceituais que permitam integrar esses conhecimentos anteriores com a nova informação apresentada.

Segundo Pozo (2002,), a mudança conceitual “[...] se apóia em muitas outras aprendizagens prévias (dependendo dos domínios sociais, comportamentais e verbais, dentre outras), sem as quais não só não seria possível, mas nem mesmo necessária do ponto de vista do estudante.” (p. 77).

Krasilchik (1992) considera que os conteúdos conceituais são o início do processo de ensino-aprendizagem, enfatizando que é por meio deles que o estudante entra em contato com os fatos e princípios. Assim, esses conteúdos são responsáveis por toda uma construção inicial da aprendizagem - a base a aprendizagem de conceitos -, pois são detentores das informações, constituindo as bases para a assimilação e organização dos fatos da realidade.

A partir dessas constatações, Krasilchik enfatiza que, durante o ensino dos conceitos de Biologia, os professores deverão desenvolver um trabalho pedagógico que propicie aos estudantes, compreender e exemplificar como as necessidades humanas, de caráter social, prático ou cultural, contribuem para o desenvolvimento do conhecimento científico, ou, no sentido inverso, beneficiando-se desse

conhecimento; e confrontar as distintas explicações individuais e coletivas, reconhecendo a existência de diferentes modelos explicativos na ciência, inclusive de caráter histórico, respeitando as opiniões para (re)elaborar as suas idéias e interpretações. (KRASILCHICK, 2005).

Sem dúvida, o mais relevante não é que os conceitos façam parte dos conhecimentos declarativos², mas que estes tenham sentido e se apliquem às ações que serão realizadas pelo estudante, na medida que são postos a serviço do conhecimento procedimental.

Neste sentido, Rodríguez-Moneo e Aparicio (2004, p. 271) enfatizam que “[...] para toda ação que se realize é exigida a utilização do conhecimento conceitual, sem o qual a ação não poderia ser executada ou se apresentaria sem sentido.”

Durante o ensino dos conteúdos conceituais, segundo esta autora, o professor deve levar em consideração que as ações do estudante, nas inúmeras situações de aprendizagem que lhe são propostas, incluem tanto a elaboração de explicações espontâneas em situações de observação quanto a utilização correta de cada um dos conceitos implicados. Portanto, a ação pedagógica voltada para o ensino dos conteúdos conceituais de Biologia deve reconhecer as possibilidades dos estudantes em preocupar-se com o enriquecimento de seus esquemas de conhecimentos, em uma direção coerente com a científica. (KRASILSHICK, 2005).

Neste sentido, é importante identificar, didaticamente, durante o ensino dos conteúdos biológicos, dois aspectos, a saber: o que contribui para a aprendizagem desses conceitos e o que pode ser considerado como obstáculo à aprendizagem e/ou capaz de dificultar a aprendizagem dos conteúdos conceituais dessa área de conhecimento, dentre os quais se incluem as concepções alternativas que professores e estudantes constroem previamente sobre os conteúdos, conforme será discutido no próximo capítulo.

Para Arnoni, Koike e Borges (2003), as atividades envolvendo os conteúdos de ensino devem suscitar questionamentos capazes tanto de provocar “rupturas” no saber cotidiano que o estudante traz (saber imediato), pela contradição que se

² Segundo Rodríguez-Moneo e Aparicio (2004), o conhecimento declarativo é aquele que promove o conhecimento descritivo da realidade, o que se pode dizer ou declarar sobre algo, e inclui quatro tipos: conceitos, leis, princípios e teorias. O conhecimento procedimental foi concebido como o conhecimento da ação, que não se pode dizer ou declarar, pois só se manifesta na ação (conhecimento do saber fazer); representado, exclusivamente, pelo procedimento.

estabelece entre esse saber e o saber científico trabalhado, quanto de promover a superação do saber imediato na direção do saber científico pretendido (saber imediato), possibilitando a elaboração do saber aprendido.

O ato de ensinar, nesse caso específico, implica selecionar o saber científico e convertê-lo em conteúdo escolar, de modo que seu desenvolvimento, ao longo de um tempo determinado, possibilite ao estudante passar, gradativamente, de um não-domínio ao domínio. Assim, converter o saber científico em conteúdo conceitual, ensinar esse saber, avaliar a aprendizagem do estudante e a forma de trabalhar o conteúdo de ensino – planejar, desenvolver, acompanhar e re-planejar o processo de ensino-aprendizagem – são ações pedagógicas que se desenvolvem pela relação da mediação que tem como elementos constitutivos o movimento, a contradição e a superação (lógica dialética).

A partir dessas discussões iniciais, delinea-se, entre outros, o objetivo de promover um ensino dos conteúdos conceituais de Biologia, com vistas a uma transformação do saber inicial do estudante em conhecimento científico, e, a partir desses novos conhecimentos, possibilitar uma melhor articulação das diversas formas de saber com as demais categorias de conteúdos que serão discutidas nos subtópicos que se seguem.

1.2.2 Conteúdos Procedimentais

Weissmann (1998, p.33) define o conteúdo procedimental como aquele que possibilita ao estudante atuar de uma determinada maneira e de saber fazer. Tal tipo de conteúdo é deliberado a partir da escolha de um tipo de procedimento. Esta autora classificou os conteúdos procedimentais como “conteúdos de procedimentos”, complementando que estes se constituem em “[...] cursos de ação ordenados e orientados para a construção de metas, que não consistem apenas em ações corporais efetivas, mas também em ações de natureza interna (ações psicológicas).”

Para a referida autora, a abordagem do conteúdo procedimental não envolve somente fatos, conceitos, generalizações e teorias, mas um elenco de procedimentos, atitudes, representações e valores que contribuem para o desenvolvimento de habilidades e construção de competências pelo estudante.

Compartilhando desse pensamento, Zabala (1999) considera tal tipo de conteúdo como “[...] o conteúdo que é preciso ao saber fazer.” Os conteúdos procedimentais, segundo este autor, são os únicos que não apresentam subgrupos, embora incluam, dentre outras, as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias e os procedimentos, configurando um conjunto de ações ordenadas e com finalidade, destinadas a um objetivo (p.13).

Aprender procedimentos, na opinião de Zabala (1999), implica a capacidade de realização de um fazer compreensivo e repetições não mecânicas. Este autor classificou os conteúdos procedimentais em dois grupos, quais sejam: os que têm relação com o nível cognitivo: desenhar, observar, calcular, provar, classificar, ler, traduzir, construir, reconstruir e inferir; e os que estão relacionados com o nível motor e expressam ações como saltar, recortar, espetar, manejar, confeccionar.

O autor enfatiza, em questão às atividades desenvolvidas nas disciplinas escolares, que estas devem partir de situações significativas e funcionais que representem bem os modelos de desenvolvimento do conteúdo conceitual, devendo apreciar todo o processo em suas diferentes etapas, antes de sistematizar as ações que o caracterizarão. Essas atividades devem estar claramente seqüenciadas, mediante um processo gradual que facilite a aprendizagem daquele tipo de conteúdo, para além da simples repetição, devendo, por isso, vir acompanhadas de intervenções e práticas dirigidas pelo professor, segundo o nível cognitivo dos estudantes.

Valls (1998) considera que os conteúdos procedimentais “[...] designam conjuntos de ações, de modos de atuar com a finalidade de alcançar metas” (p. 20). Complementando esse pensamento, Maraninchi (*apud* DINIZ, CARNEIRO TOMAZELLO, 2005, p. 2) os conteúdos procedimentais são “[...] um curso de ação, um caminho, um processo, uma seqüência, uma operação ou uma série de operações ordenadas e dirigidas com a intenção de obter um resultado ou chegar com êxito a uma meta.”

Segundo De Pro Bueno (1998, p.25), é importante distinguir os conteúdos procedimentais em: i) habilidades de investigação; destrezas manuais e de ii) comunicação.

- São habilidades de investigação - a identificação de problemas, a emissão de hipóteses, o estabelecimento de relações entre variáveis, o planejamento experimental, a observação, a medição, a classificação e seriação, as

técnicas de investigação, a transformação e interpretação de dados, a análise de dados, a utilização de modelos e a elaboração de conclusões.

- As destrezas manuais consistem no manejo de material, na realização de montagens experimentais e na construção de máquinas, simulações e aparatos.
- As habilidades de comunicação incluem a análise de material escrito ou audiovisual, utilização de fontes diversas e elaboração de materiais.

Nos PCNEMs (1999), essa opinião sobre os conteúdos procedimentais é retomada quando se afirmou que: “Os procedimentos expressam um saber fazer, que envolve a tomada de decisões e a realização de uma série de ações, de forma ordenada e não aleatória, para atingir uma meta” (p. 74). Esse tipo de conteúdo se mostra vinculado aos conteúdos conceituais, na medida em que a manifestação dos procedimentos sustenta-se pela expressão dos conhecimentos adquiridos, como ações voltadas para um saber fazer, decorrente da aprendizagem de conteúdos conceituais relativos a fatos e conceitos. (DE PRO BUENO, 1998; ZABALA, 1998).

A abordagem da ciência como forma de produção de conhecimentos implica o desenvolvimento de conteúdos procedimentais, ou seja, aqueles conteúdos que sempre mobilizam um saber fazer, uma seqüência de ações organizadas em função de uma meta. São exemplos de procedimentos em Biologia: verificar o resultado de um cruzamento em genética, identificar semelhanças e diferenças entre as gerações parentais e filiais, demonstrar como se dá o processo de transmissão das informações genéticas por meio de modelos ou da construção de heredogramas, verificar a presença de uma determinada substância química em uma mistura e comprovar uma hipótese ou provar uma afirmação. Tais procedimentos podem ser aprendidos pelos estudantes nas aulas de Ciências Naturais, especificamente nas de Biologia.

De acordo com os PCNEMs (1999), os procedimentos merecem atenção especial, considerando-se que são aprendidos em atividades práticas. São um ‘como fazer’ que se aprende fazendo, com orientação organizada e sistemática dos professores. Além disso, constituem situações didáticas em que o desenvolvimento de atitudes pode ser trabalhado por meio da vivência concreta e da reflexão sobre ela.

Diante desse aspecto, os PCNs⁺ (2001) propõem a adoção de um ensino que possibilite a transformação dos conteúdos de produto final da aprendizagem em meio para se conseguir a promoção de diversas capacidades e habilidades nos estudantes. Os conteúdos procedimentais são exigidos durante a realização de ações que envolvem atividades como: transcrever um texto da lousa ou do livro didático, atentar para a busca de respostas diante de questionários, interpretar um texto ou figura/esquema/gráfico, elaborar um relatório e esboçar gráficos que representem os resultados de um experimento, dentre outras atividades.

A ação docente, conforme os PCNEMs (1999) deverá incluir atividades de trabalho que sirvam para desenvolver as competências e domínios do estudante, frente ao conteúdo aprendido.

Na área de Biologia, tal tipo de conteúdo pode ser exemplificado com a seguinte situação: os conteúdos envolvendo a temática saúde incluem, dentre outros aspectos, o conhecimento sobre os malefícios do álcool o do cigarro sobre o organismo. A valorização da importância de deixar de fumar ou beber, ou de não se iniciar em seu consumo, pode ser considerada condição necessária para comportar-se de maneira saudável e preventiva em relação a esses hábitos na sociedade. Assumir tal postura, para o estudante, inclui a aprendizagem de conceitos, princípios e teorias, no sentido de adquirir um conhecimento declarativo, que lhe permita organizar o saber da Biologia para conviver na sociedade.

Quando se avalia em Biologia, faz-se necessário questionar sobre como os professores podem aferir medidas comportamentais de compreensão nas ações dos estudantes, considerando os conteúdos conceituais que julgam essenciais ou que necessita ensinar. Sabe-se que, para compreender, é preciso atribuir significados, fazer julgamentos, tirar conclusões, propor hipóteses, fazer descrições e comparações, entre tantas outras atividades.

Caso a prática educativa seja coerente e adequada à promoção de tais conteúdos de aprendizagem é possível considerar os estudantes capazes de compreender quando realizaram tais ações. Por outro lado, se a prática não é compromissada com a busca de tais objetivos, os estudantes podem aprender outros conteúdos procedimentais que não foram explicitamente aqueles planejados, ou manifestarem outros conteúdos cuja aprendizagem foi anterior à situação de ensino apresentada.

Os conteúdos procedimentais não estão definidos apenas como resultados de aulas demonstrativas, formação de habilidades puramente motoras ou construção de aparatos. Esses conteúdos se estendem, principalmente, a uma série de ações importantes e necessárias na tomada de decisões, ou mesmo na solução de problemas, para a qual cumpre ao estudante construir instrumentos para analisar e interpretar os resultados obtidos, considerando ainda os processos utilizados na obtenção das metas pretendidas. (ZABALA, 1998; VALLS, 1998; BRASIL, 2001).

O ensino de procedimentos, discutido acima, está relacionado ao que o estudante deve 'saber' e 'saber fazer' ao final da etapa de escolaridade. No entanto, esses fazeres se encontram intimamente ligados ao tipo de prática educativa adotada pelo professor. (NÚÑEZ, PACHECO, 1997; ALVAREZ de ZAYAS, 1992; MORAES, MANCUSO, 2004; KRASILSHICK, 2005; MARANDINO *et al.*, 2005).

Genericamente, poder-se-ia indagar sobre quais seriam os procedimentos mais efetivos para produzir, nas ações profissionais de professores em serviço, mudanças consistentes com as orientações didáticas endereçadas ao estudante. (KRASILSHICK, 2005). Essa questão foi levantada anteriormente por Zabala (1999), ao afirmar que, apesar do estudante demonstrar ter aprendido os conteúdos conceituais, não se pode inferir quanto à aprendizagem do conteúdo procedimental concomitantemente à aprendizagem do conceitual, apesar de estes guardarem inter-relações.

Isso mostra que, apesar desses dois conteúdos serem interdependentes, não há como eliminar a influência da aprendizagem memorística e pouco reflexiva dos conteúdos, que podem inserir dificuldades nas relações implícitas na aprendizagem dos procedimentos, pelo fato das demandas cognitivas e de percepção que cada conteúdo apresenta.

1.2.3 Conteúdos Atitudinais

Por sua vez, os conteúdos atitudinais estão presentes em todo conhecimento escolar, possibilitando ao estudante posicionar-se diante do que apreendem. Mesmo não existindo um projeto que vise ao desenvolvimento de uma educação com bases na construção do conteúdo atitudinal, é certo que as atitudes e

valores, como expressão do contexto sociocultural-familiar em que se vive, são transmitidos inconscientemente e implicitamente pela sociedade, pela família, pela igreja, pelos professores e pelo ambiente escolar.

Zabala (1998) identifica três construtos relativos aos conteúdos atitudinais, a saber: os valores, as atitudes e as normas.

Associa aos valores os princípios ou idéias éticas que permitem, às pessoas, emitir um juízo sobre as condutas e o seu sentido. Citando, como exemplos de valores, a solidariedade, o respeito ao próximo, a responsabilidade e a liberdade.

Afirma ainda que as atitudes são as tendências ou disposições relativamente estáveis que levam as pessoas a atuar de determinada maneira; a forma de conduta de cada pessoa, de acordo com valores determinados, além de citar como exemplo as atitudes: cooperar com o grupo, ajudar os colegas, respeitar o ambiente e participar das tarefas escolares.

Concebe as normas como padrões ou regras de comportamento que devem seguir em determinadas situações de forma obrigatória por todos os membros do grupo social.

Nesse sentido, Zabala (1998) complementa que as normas constituem a forma pactuada de realizar certos valores compartilhados por uma coletividade, indicando o que se pode fazer e o que não pode ser feito no grupo.

Maraninchi (2006, p.14) estabelece três componentes básicos para a aprendizagem dos conteúdos atitudinais e as mudanças que refletem a complexidade da realidade social. São eles: o componente cognitivo (conhecimentos e crenças), o componente afetivo (sentimentos e preferências) e o componente de conduta (ações manifestas e declarações de intenções).

Muitas atitudes e valores têm um sentido moral e ético geral, tais como, solidariedade, tolerância, liberdade, igualdade, pacifismo, entre outros; de acordo com os PCNs⁺. (BRASIL, 2001). Da mesma forma que há uma diversidade de conteúdos conceituais e de procedimentais, há uma série de conteúdos atitudinais que podem ser trabalhados no processo de construção do conhecimento, não de forma isolada, mas como parte de um único processo.

Para Manassero e Vázquez (2002, p.15), nas diferentes áreas de conhecimento, também se definem conteúdos atitudinais próprios, comumente percebidos pelos professores como instrumentos que favorecem (atitudes positivas) ou impedem a aprendizagem (atitudes negativas). No entanto, para estes autores,

as atitudes suscitadas por cada área podem ser delineadas como uma consequência da educação, ou seja, com objetivos e conteúdos específicos que requerem planejamento, aplicação e avaliação.

As atitudes seriam, nesse caso, tendências ou predisposições com componentes cognitivos, afetivos e de conduta que precisam ser conhecidas pelos professores para que eles possam planejar e decidir ações educativas mais adequadas para o desenvolvimento dos estudantes.

Torna-se explícita a inter-relação entre esses três conceitos, quando se verifica que cada um deles está configurado por componentes cognitivos (conhecimento e crenças), afetivos (sentimentos e preferências) e comportamentais (ações e declarações de intenções). A expressão de cada um desses componentes se dá de acordo com a ênfase em questão: valores, atitudes ou normas.

Considerando-se que o estudante vem a apreender os valores a partir de critérios morais emanados da sociedade, da família ou das relações pessoais significativas, convém ressaltar que tais valores, além de irem reger a atuação do sujeito e a avaliação de si mesmo e dos outros, apresentam um forte componente cognitivo. (NÚÑEZ, PACHECO, 1997; ALVAREZ de ZAYAS, 1992; MORAES, MANCUSO, 2004).

Com o conjunto de valores interiorizados, o sujeito revela *aprender* determinada atitude quando pensa, sente e atua de forma constante frente a situações concretas. As atitudes variam desde disposições intuitivas, com certo grau de automatismo e escassa reflexão das razões que as justificam, até atitudes fortemente reflexivas; fruto de uma clara consciência dos valores que as determinam. Aqui se percebe um componente afetivo importante. (MORAES, MANCUSO, 2004; MARANDINO *et al.*, 2005).

O aprendizado da norma pode se dar por mera aceitação, ou por uma conformidade que envolva certa reflexão sobre seu significado, ou ainda quando se interioriza a norma e se aceita como regra básica de funcionamento da coletividade que rege. O componente comportamental se sobressai no aprendizado de normas e regras. Os valores serão, portanto, substrato das atitudes, muitas vezes vistos como o resultado de imagens, símbolos ou experiências promovidos a partir de modelos, surgidos nos grupos ou entre as pessoas às quais se está vinculados afetivamente. (MARANDINO *et al.*, 2005).

Em termos gerais, a aprendizagem dos conteúdos atitudinais supõe um conhecimento e uma reflexão sobre possíveis modelos, uma análise e uma avaliação das normas, uma apropriação e elaboração do conteúdo que implicam a análise dos fatores positivos e negativos, uma tomada de posição, um envolvimento afetivo e uma revisão e avaliação da própria atuação.

Zabala (1999) enfatiza que é preciso destacar que o componente afetivo dos conteúdos atitudinais atua de maneira determinante e por isso sua complexidade é muito maior em relação aos outros conteúdos. As atividades para sua abordagem (valores, normas e atitudes) contêm aspectos cognitivos, afetivos e de conduta de mesma intensidade que pensamentos, sentimentos e comportamentos, já que dependem, ao mesmo tempo, do socialmente estabelecido e das relações pessoais que cada estudante constrói com respeito ao valor atribuído ao conteúdo aprendido.

Neste intuito, deve-se levar em conta não somente os valores mais explícitos, mas toda uma rede de relações desenvolvidas em sala de aula ou no ambiente escolar, entre todos os seus membros: estudantes-estudantes, estudantes-corpo docente e estudantes-funcionários, fazendo sempre referências a todos os aspectos organizativos e participativos, já que muitos dos valores que se pretende ensinar são melhores aprendidos quando são vividos de maneira natural.

É importante complementar, quanto à pertinência em se priorizar esse tipo de conteúdo, o fato da aprendizagem de algum tipo de procedimento ou atitude não derivar, de maneira unívoca, dos conteúdos conceituais. (WEISSMANN, 1998; ZABALLA, 1999; MORAES, MANCUSO, 2004; MARANDINO *et al.*, 2005).

A aprendizagem desse tipo de conteúdo difere quanto ao modo de apropriação, em termos de componentes cognitivos ou afetivos. Para Banet (2006), *aprender* atitudes requer consolidar e/ou modificar os hábitos dos estudantes. Para que tal aprendizagem tenha relevância educativa, é necessário que os estudantes consolidem os sistemas de valores, relacionando-os à utilização dos recursos naturais, à alimentação e à sexualidade, e identificando-os às normas de comportamento compatíveis com determinadas práticas que incluem: a reciclagem de papel, do vidro, a dieta equilibrada, a prevenção de enfermidades. Em última instância, faz-se necessário que os estudantes adquiram o hábito de pôr em prática as pautas de conduta.

De acordo com os PCNEMs (BRASIL, 2001), o aprendizado de atitudes necessita sobremaneira de um envolvimento afetivo, que será mais bem

interiorizado em um ambiente onde a vinculação afetiva seja promovida, condicionando-se às necessidades pessoais do sujeito, do ambiente, do contexto e da ascendência das pessoas ou coletividade; facilitando a promoção da reflexão e da identificação necessárias com determinados valores.

Embora os procedimentos e atitudes estejam vinculados aos objetivos educacionais que deverão ser priorizados durante a aquisição do conhecimento escolar, o ensino exclusivo dessas categorias de conteúdos não daria conta, sozinho, da necessidade formativa do estudante; assim como esse tipo de ensino também não seria atingido no ensino exclusivo dos conteúdos conceituais. O entendimento ao qual se chega neste ponto das discussões leva a crer que esse ato promoveria a apologia à educação tecnicista.

Considerando-se que os conteúdos conceituais e procedimentais guardam interdependência durante a aprendizagem do estudante, estes devem ser vistos como indissociáveis, uma vez em que a tomada de decisões pelo estudante requer o conhecimento dos conceitos fundamentais, que são contemplados pelo ensino dos conceitos fundamentais das disciplinas.

A concepção de conteúdo de ensino que será aceita no desenvolvimento deste trabalho transcende a listagem de conteúdos e de informações que deverão ser enfocados em sala de aula na forma de componentes curriculares. Conforme se discutiu neste capítulo, os conteúdos do currículo de Biologia se representam de acordo com a concepção atual proposta pelos documentos oficiais (DCNEMs e PCNs⁺), muito mais do que um programa de estudos, um elenco de disciplinas com os conteúdos escolares ou o vocabulário de um curso, uma vez que se pretende que o estudante desenvolva habilidades e competências nessa área.

No próximo tópico serão desenvolvidas as discussões sobre os conteúdos de ensino de Biologia, com base nas propostas dos Orientadores Curriculares Nacionais.

1.3 OS CONTEÚDOS DE ENSINO DE BIOLOGIA, SEGUNDO OS ORIENTADORES CURRICULARES

1.3.1 Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEMs)

O marco histórico do foco das discussões que emergem sobre as mudanças curriculares e os objetivos pedagógico-formativos que os conteúdos de Biologia deverão cumprir na formação dos estudantes é melhor definido a partir do momento em que a LDB/96, ao considerar o Ensino Médio como a última e complementar etapa da Educação Básica, pela Resolução CNE/98, institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

A partir desse momento, organizaram-se as áreas de conhecimento e orientaram a educação com vistas à promoção de valores, como a sensibilidade e a solidariedade, atributos da cidadania, sinalizando-se para a forma como o aprendizado de Ciências e de Matemática deverá ser continuado nessa etapa da formação do estudante.

Segundo os PCNEMs (BRASIL, 2001), nessa nova etapa da formação, na qual já se pode contar com uma maior maturidade do estudante, os objetivos educacionais podem apresentar maior ambição formativa, tanto em termos da natureza das informações e dos procedimentos e atitudes envolvidas como das habilidades, competências e valores, que se espera sejam desenvolvidos.

Com isso, configuram-se as características distintivas do Ensino Médio, que interessam à sua organização curricular. Para a área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, cada conhecimento deverá envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos e contextualizados que respondam às necessidades da vida contemporânea, além do desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo.

Esse novo modelo curricular, de base interdisciplinar, também exige uma visão de escola criativa, ousada e com uma nova concepção de divisão do saber. A especificidade de cada conteúdo precisa ser garantida, paralelamente à sua integração num todo harmonioso e significativo. Avançar para um currículo interdisciplinar requer pensar interdisciplinarmente, isto é, ver o todo, não pela

simples somatória das partes que o compõem, permitindo que o pensamento ocorra com base no diálogo entre as diversas áreas do saber. (BRASIL, 2001).

Note-se que a interdisciplinaridade do aprendizado científico e matemático não dissolve nem cancela a indiscutível disciplinaridade do conhecimento. O grau de especificidade presente nas distintas ciências e nas tecnologias a elas associadas, tendo em vista as dificuldades para aprender durante o Ensino Fundamental, foi naturalmente reservado ao Ensino Médio. Torna-se importante perceber que, a partir dessa nova concepção de Ensino Médio, o conhecimento científico disciplinar deve ser visto como uma parte tão essencial da cultura contemporânea que a sua presença na Educação Básica e, conseqüentemente, no Ensino Médio, é indiscutível.

A nova proposta de Ensino Médio, ao mesmo tempo em que imprime um caráter de grandes mudanças, também instiga novas discussões em torno da definição do que deve ser ensinado na escola, partindo-se da variedade de conteúdos do currículo e levando-se em conta a diversidade de conhecimentos que deverá compor o saber escolar. Avaliar e selecionar pedagogicamente os conteúdos escolares, integrando-se com o cumprimento dos objetivos educacionais que o Ensino Médio deverá cumprir na vida do estudante, passam a ser uma condição conflitante que se reflete em diversos segmentos da educação básica e na ação docente.

Para que sejam desenvolvidas as discussões em torno da importância e dos objetivos que os conteúdos que compõem o currículo de Biologia das três séries do Ensino Médio deverão cumprir na formação do estudante, partiu-se da proposta dos PCNEMs (BRASIL, 1999), PCNs⁺ (BRASIL, 2002) e das Orientações Curriculares para o Ensino Médio. (BRASIL, 2006).

Para ensejar essas discussões, iniciemos com a proposta dos PCNEMs (BRASIL, 1999, p. 14), que definem como objeto de estudo da Biologia “[...] o fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações [...]”, o qual caracterizou como “[...] um conjunto de processos organizados e integrados, no nível de uma célula, de um indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio.”

Para os PCNEMs (BRASIL, 1999, p. 16), a percepção da unidade da vida, diante da sua vasta diversidade, é dotada de uma grande complexidade, para toda a ciência, que:

[...] demanda uma compreensão dos mecanismos de codificação genética, que são a um só tempo uma estereoquímica e uma física da organização molecular da vida. Ter uma noção de como operam esses níveis submicroscópicos da Biologia não é um luxo acadêmico, mas sim um pressuposto para uma compreensão mínima dos mecanismos de hereditariedade e mesmo da biotecnologia.

Nesse sentido, dentre os objetivos do ensino de Biologia na escola, conforme esse documento há uns que têm relação com a construção da visão de mundo, enquanto outros são práticos e instrumentais para a ação, havendo ainda outros que possibilitam a formação de conceitos, a avaliação e a tomada de uma posição cidadã.

Nos PCNEMs (BRASIL, 1999), foi destacado, como tema central para a construção da visão de mundo: a percepção da dinâmica complexidade da vida, pelos estudantes, a compreensão de que a vida é fruto de permanentes interações simultâneas entre muitos elementos, e de que as teorias em Biologia, como nas demais Ciências, se constituem em modelos explicativos que são construídos em determinados contextos sociais e culturais.

Os conhecimentos de Biologia, que guardam relação com os aspectos práticos e instrumentais para a ação, de acordo com os PCNEMs (BRASIL, 1999, p. 14), são identificados quando passam a

[...] subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa.

Os PCNEMs (BRASIL, 1999) propõem um ensino que priorize o desenvolvimento das habilidades e competências que possibilitarão ao estudante a formação de conceitos, a avaliação e a tomada de uma posição cidadã (Quadro 1).

Representação e Comunicação	• Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu. • Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia. Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo. • Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc. • Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo. • Expressar dúvidas, idéias e conclusões acerca dos fenômenos biológicos.
Investigação e Compreensão	• Relacionar fenômenos, fatos, processos e idéias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações. • Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc. • Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos. • Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico. • Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados. • Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia. • Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar). • Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa).
Contextualização sócio-cultural	• Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos. • Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos. • Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente. • Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente. • Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento sustentável.

QUADRO 1 Competências e Habilidades que os conteúdos de Biologia, conforme os PCNEMs (BRASIL, 1999, p.14), devem construir no estudante.

Os PCNEMs (BRASIL, 1999) destacam que a apropriação dos códigos, dos conceitos e dos métodos de cada uma das ciências deverá servir para ampliar as possibilidades de compreensão do estudante, garantindo-lhe a participação efetiva no mundo e o desenvolvimento do saber científico e tecnológico, como condição de cidadania, e não como prerrogativa exclusiva dos especialistas.

De acordo com os PCNEMs (BRASIL, 1999, p. 14), o aprendizado da Biologia também deverá possibilitar a compreensão da natureza viva e dos limites dos diferentes sistemas explicativos, a contraposição entre estes e a compreensão de que a Ciência não tem respostas definitivas para tudo. Destaca como a principal característica desta a possibilidade de ser questionada e de se transformar.

O aprendizado dos conteúdos da disciplina em foco deverá permitir ainda:

[...] a compreensão de que os modelos na ciência servem para explicar tanto aquilo que podemos observar diretamente, como também aquilo que só podemos inferir; que tais modelos são produtos da mente humana e não a própria natureza, construções mentais que procuram sempre manter a realidade observada como critério de legitimação.

Os PCNEMs (BRASIL, 1999) ressaltam que, durante a escolha sobre o quê (e como ensinar) em Biologia, não se deve estabelecer uma lista de tópicos em detrimento de outra, mas selecionar os conteúdos no sentido de promover o que compete a essa área. Para esse documento, a escola é vista como parte do conjunto social no qual está inserida, devendo se comprometer, também, com os seus projetos, sem nunca se esgotar em si mesma.

Nesse sentido, o referido documento destaca a necessidade de se considerar a importância da dimensão local no planejamento educacional, integrado à relação escola-comunidade por meio de um projeto social comprometido com a melhoria da qualidade de vida da população.

É reconhecido o esforço das orientações contidas nos PCNEMs (BRASIL, 1999), no entendimento inicial da atual proposta do “Novo Ensino Médio”, no sentido de favorecer a implementação de um ensino de Biologia que atenda à demanda da reforma educacional, definida pela nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e regulamentada por Diretrizes do Conselho Nacional de Educação.

No entanto, essa publicação não deixou clara a proposta de organização dos conteúdos que devem compor o currículo escolar, como também não conseguiu

sugerir como deverá ser organizado o trabalho pedagógico do professor, para suprir essa nova demanda educacional. Nesse documento, se apresenta um diálogo que não aprofunda suficientemente as principais questões verificadas no cotidiano dos professores. Apesar de o texto trazer várias reflexões em torno dos conteúdos e do trabalho escolar, estes se mostram pouco efetivos quando aplicados em sala de aula. Ainda o mesmo documento, embora traga orientações gerais sobre os princípios norteadores da prática docente, falha quanto à apresentação de sugestões e propostas ao professor sobre o “como fazer.”

Com o objetivo de tornar estas e outras questões mais claras para os professores que buscam apoio pedagógico nesse documento, classificado como um orientador curricular, a proposta inicial dos PCNEMs (BRASIL, 1999) passou por algumas reformulações, a ponto de vir a ser lançada uma segunda versão: os PCNs⁺ (BRASIL, 2001), cujos objetivos e finalidades serão discutidos no próximo subtópico deste capítulo.

1.3.2 Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs⁺)

Nesse documento, estão explicitadas as formas de trabalhar os conteúdos no âmbito de cada disciplina – Biologia, Física, Química e Matemática. Os temas com os quais se podem organizar ou estruturar o ensino, segundo o referido documento, constituem uma composição de elementos curriculares com base nas competências e habilidades.

De acordo com os PCNs⁺ (BRASIL, 2001), cada disciplina ou área de saber abrange um conjunto de conhecimentos que não se restringem a tópicos disciplinares, nem a competências gerais ou habilidades; mas constituem-se em sínteses de ambas as intenções formativas. Ao se apresentarem dessa forma, esses temas estruturadores do ensino disciplinar e seu aprendizado não mais se limitam, de fato, ao que tradicionalmente se atribui como responsabilidade de uma única disciplina.

Cabe salientar que estes termos utilizados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e exigidos na forma de objetivos que o ensino dos conteúdos curriculares busca alcançar, também são exigidos pelo Exame

Nacional do Ensino Médio (ENEM) - a avaliação final que objetiva traçar um perfil da qualidade do Ensino Médio.

Nesse documento, são incorporadas metas educacionais comuns às várias disciplinas da área de Biologia e das demais. Por isso, tais modificações na priorização e na abordagem dos conteúdos também implicam modificações em procedimentos e métodos, pois sinalizam na direção de uma nova atitude da escola e do professor. (BRASIL, 2001).

O ensino por competências, segundo os PCNs⁺ impõe o desafio de se organizar o conhecimento a partir, não da lógica que estrutura a ciência, mas de situações de aprendizagem que tenham sentido para o estudante, ou seja, que lhe possibilitem adquirir um instrumental para agir em diferentes contextos e, principalmente, em situações inéditas de vida, enfatizando que:

Trata-se, portanto, de inverter o que tem sido a nossa tradição de ensinar Biologia como conhecimento descontextualizado, independentemente de vivências, de referências a práticas reais, e colocar essa ciência como “meio” para ampliar a compreensão sobre a realidade, recurso graças ao qual os fenômenos biológicos podem ser percebidos e interpretados, instrumento para orientar decisões e intervenções. (BRASIL, 2001, p. 35).

Sob tal ótica, o aprendizado visto na perspectiva dos PCNs⁺ é conduzido de forma que os saberes disciplinares, com suas nomenclaturas específicas, não se separam do domínio das linguagens de utilidade mais geral.

O documento também defende que os saberes práticos, tais como: equacionar e resolver problemas reais, também não devem se distinguir de aspectos gerais e abstratos, de valores éticos e estéticos, uma vez que estão associados a visões de mundo. Na orientação proposta pelos PCNs⁺ é possível identificar que competências e conhecimentos são desenvolvidos em conjunto e se reforçam reciprocamente.

Nesse documento, considera-se que as principais áreas de interesse da Biologia contemporânea se voltam para a compreensão de como a vida (e aqui se inclui a vida humana) se organiza, estabelece interações, se reproduz, evolui desde a sua origem e se transforma, não apenas em decorrência de processos naturais, mas também devido à intervenção humana e ao emprego de tecnologias.

Os PCNs⁺ (BRASIL, 2001) realçam que não é possível tratar de todo o conhecimento de Biologia ou de todo o conhecimento tecnológico a ele associado, durante o Ensino Médio, enfatizando que:

[...] o importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos; apresentando a evolução dos conhecimentos da área da Biologia como um movimento não linear e, por muitas vezes, contraditório. (BRASIL, 2001, p. 42).

Os PCNs⁺ (BRASIL, 2001) fazem uma analogia à priorização dos conteúdos, ao aceitar que, durante o aprendizado disciplinar em Biologia, tendo como cenário a biosfera, deve-se conceber que os conteúdos deverão ser idealizados como um todo articulado e inseparável das demais ciências, destacando que: “Ao longo do Ensino Médio, para garantir a compreensão do todo, é mais adequado partir-se do geral, no qual o fenômeno vida é uma totalidade.” (p. 14).

Durante o ensino dos conteúdos de Biologia, a compreensão da especificidade é essencial para entender a forma pela qual o ser humano se relaciona com a Natureza e as transformações que nela promove, favorecendo o desenvolvimento de modos de pensar e agir que possibilitam aos indivíduos se situar no mundo e dele participar de modo consciente e conseqüente.

Para esclarecer esse aspecto, os PCNs⁺ fazem uma articulação das grandes áreas que compõem o conhecimento biológico, ao salientar que a compreensão do surgimento e da evolução da vida - nas suas diversas formas de manifestação - demanda o entendimento das condições geológicas e ambientais reinantes no planeta primitivo. Isto significa dizer que, para se entender as questões polêmicas que envolvem as temas ambientais na atualidade, há necessidade de conhecimentos que irão explicar as conseqüências da intervenção humana no ambiente, tanto sob o ponto de vista social quanto econômico, os quais requerem o entendimento do funcionamento dos ciclos biogeoquímicos e do fluxo de energia nos ecossistemas.

Essa concepção visa à superação da visão a-histórica, que muitos livros didáticos reproduzem, conforme será discutido no próximo capítulo, de que a vida se estabelece como uma articulação mecânica de partes, como se, para compreendê-

la, fosse suficiente a memorização da designação e da função das peças que compõe o todo, num jogo de montar biológico.

Por tais características, o aprendizado de Biologia na escola básica deverá possibilitar a ampliação do entendimento que o estudante tem sobre o mundo vivo e, especialmente, contribuir para que seja percebida a singularidade da vida humana em relação aos demais seres vivos; em função de sua incomparável capacidade de intervenção no meio.

As grandes dúvidas que permeiam o trabalho do docente de Biologia, aos quais os PCNs⁺ procuram ajudar a responder, são: como trazer essas temáticas para a sala de aula, de tal forma que representem conjuntos de situações que podem ser vivenciadas, analisadas, reinventadas, problematizadas e interpretadas? Como lidar com a Biologia contemporânea na escola de maneira que esse conhecimento faça diferença na vida de todos os estudantes, independentemente do caminho profissional que vão seguir, de suas aptidões ou preferências intelectuais?

Como forma de responder a essas questões e com o sentido de nortear o trabalho docente, os PCNs⁺ propõem a estruturação do currículo do Ensino Médio, a partir de seis temas, os quais denominam de temas 'estruturadores do ensino de biologia', tomando por referencial as principais áreas de interesse da Biologia:

- Interação entre os seres vivos;
- Qualidade de vida das populações humanas;
- Identidade dos seres vivos;
- Diversidade da vida;
- Transmissão da vida, ética e manipulação gênica;
- Origem e evolução da vida.

O documento salienta que o conjunto desses novos conteúdos não deverá constituir uma lista única de tópicos que possa ser tomada por um currículo mínimo, porque é simplesmente uma proposta, nem obrigatória nem única, de uma visão ampla do trabalho em cada disciplina. Assim, o primeiro tema - *interação entre os seres vivos* - e o segundo - *qualidade de vida das populações humanas* - têm apoio nas Ciências Ambientais, Sociais e da Vida, cuja ênfase recai sobre a vida humana a partir de conteúdos como a Fisiologia, a Zoologia e a Microbiologia

O terceiro tema - Identidade dos seres vivos - é orientado pelos conhecimentos de Citologia, Genética, Bioquímica e por conhecimentos tecnológicos. Essa temática visa levar os estudantes a perceber, em situações práticas, que todas as formas de vida são reconhecidas pela sua organização celular, evidência de sua origem única. Os conhecimentos dessa área temática são fundamentais para que estes possam se situar e se posicionar no debate contemporâneo sobre as tecnologias de manipulações da vida.

O quarto tema - Diversidade da vida - tem o auxílio da Zoologia, da Botânica e das Ciências Ambientais, visando levar os estudantes a entender como a vida se diversificou a partir de uma origem comum e dimensionar os problemas relativos à biodiversidade.

No quinto e sexto temas - Transmissão da vida, ética e manipulação gênica e origem e evolução da vida -, as áreas que englobam os conteúdos, tais como Citologia, Genética, Evolução, Zoologia, Fisiologia e Botânica, podem fornecer referências para que os estudantes analisem questões que acompanham a história da Humanidade. Estas incluem desde a origem da vida (inclusive da vida humana) e o seu futuro no Planeta, até questões mais recentes envolvendo a clonagem, organismos geneticamente modificados e a decifração do genoma humano.

Os seis temas propostos pelos PCNs⁺, da forma como foram apresentados, mostram uma perfeita articulação dos campos conceituais da Biologia, de modo que:

a) A abordagem dos aspectos essenciais sobre a vida - fundamentalmente a vida humana -, deverá contemplar os temas que tratam sobre a origem das espécies e as questões implícitas na manutenção da vida na terra, que envolve as questões ambientais, podendo estas ser trabalhadas por meio dos conhecimentos científicos referenciados na prática.

b) Os conteúdos sobre a diversidade da vida e a evolução biológica também podem ser vistos por meio do estudo dos vários processos celulares abordados em um nível fenomenológico como os estudos sobre o metabolismo celular - fotossíntese, a respiração celular e a digestão celular e os processos fisiológicos dos seres vivos.

c) O desenvolvimento dos estudos sobre a hereditariedade, também deverá tratar da síntese protéica, retomando os estudos do nível celular, inserindo, assim,

as noções de núcleo, ribossomos e ácidos nucleicos, e incluindo os debates sobre as questões polêmicas que permeiam os estudos sobre a Biotecnologia e Ética.

Os PCNs⁺ (BRASIL, 2001), na pretensão de fornecer subsídios ao trabalho do professor, também fornecem orientações na forma de estratégias de abordagem dos temas biológicos, atribuindo ao processo ensino-aprendizagem um caráter bilateral, dinâmico e coletivo.

Ao defender a necessidade de que se estabeleçam parcerias entre o professor e os estudantes e dos estudantes entre si, o documento também destaca como estratégias pedagógicas inerentes ao ensino de Biologia, dadas as suas peculiaridades: a prática da experimentação, os estudos do meio, o desenvolvimento de projetos, os jogos, os seminários, os debates e a simulação.

Em relação ao processo de avaliação, os PCNs⁺ (BRASIL, 2001, p. 137) consideram que, dentre outras características, esta deverá:

- Retratar o trabalho desenvolvido;
- Possibilitar observar, interpretar, comparar, relacionar, registrar, criar novas soluções, usando diferentes linguagens;
- Constituir um momento de aprendizagem, no que tange às competências de leitura e interpretação de textos;
- Privilegiar a reflexão, análise e solução de problemas;
- Possibilitar que os estudantes conheçam o instrumento, assim como os critérios de correção;
- Proporcionar o desenvolvimento da capacidade de avaliar e julgar, ao permitir que os estudantes tomem parte de sua própria avaliação e da avaliação de seus colegas, privilegiando, para isso, os trabalhos coletivos.

Esse conjunto de sugestões e orientações de práticas educativas e de organização dos currículos, coerentes com a proposta de contextualização dos conhecimentos, também estabelece conexões com os temas estruturadores do ensino nessa área. Isto favorece um diálogo sobre o projeto pedagógico escolar e apóia o professor em seu trabalho, oferecendo elementos para a continuidade da formação profissional docente na escola.

Mesmo contribuindo significativamente para a compreensão do trabalho do professor, segundo a nova perspectiva de educação proposta para o Novo Ensino

Médio, os PCNEMs (BRASIL, 1999) não conseguiram esclarecer algumas questões que permaneceram obscuras quanto às orientações das Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio (DCNEMs).

Apesar da grande contribuição fornecida por esse documento, quanto às orientações do trabalho do professor em aula, essas não foram suficientes para definir a nova organização que esse nível de ensino imprime e, como consequência disso, houve distanciamento entre o Ensino Médio idealizado pelas DCNEMs e o ensino efetivado nas escolas. Poucas dessas orientações, aliás, se viram refletidas naquelas propostas, as quais pareceram inatingíveis e impraticáveis.

Diante dessas fragilidades, foi necessário o desenvolvimento de um novo documento de orientação curricular - as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEMs). Este foi proposto a partir da necessidade explicitada pelos gestores escolares e professores, e objetivou avaliar as questões obscuras ou pouco esclarecidas nos documentos anteriores, a partir de um balanço da atual proposta de ensino dos conteúdos de Biologia.

1.3.3 Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEMs)

Este documento tece críticas à forma como o ensino de Biologia vem sendo conduzido, ao destacar que se encontra tão distanciado da realidade que não permite a percepção do estreito vínculo existente entre o assunto estudado na disciplina e o cotidiano do estudante.

O documento citado também ressalta que a visão dicotômica presente no ensino dos conteúdos de Biologia impossibilita ao estudante estabelecer relações entre a produção científica e o seu contexto, prejudicando a necessária visão holística que deve pautar o aprendizado sobre essa disciplina. Além do mais, enfatiza que o ensino dos conteúdos dessa área da ciência deve enfrentar alguns desafios, dentre os quais permitir ao estudante a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico.

As OCEMs associam a falta de priorização do ensino contextualizado ao fato de que, apesar do Brasil ser considerado um país *megadiverso*, isso não consegue sensibilizar a escola para as necessidades de discussões que possibilitem ao

estudante perceber a importância desse fato para a população de nosso país e do mundo. A consequência desse evento, segundo as OCEMs (2006), implica a falta de reconhecimento de como essa biodiversidade influencia a qualidade de vida humana, uma compreensão necessária para que seja feita uma melhor utilização dos recursos naturais.

Considera ainda o documento em foco que, embora o currículo seja “[...] a expressão dinâmica do conceito que a escola e o sistema de ensino têm sobre o desenvolvimento dos seus estudantes e que se propõe a realizar com e para eles (BRASIL, 2006, p.9). Qualquer orientação que se apresente não pode chegar à equipe docente como prescrição quanto ao trabalho a ser feito.

Outro ponto que o documento destaca é que o Projeto Pedagógico e o Currículo da Escola devem ser objetos de ampla discussão entre os professores e gestores escolares, para que suas propostas se aproximem sempre mais do currículo real que se efetiva no interior da escola e de cada sala de aula.

Outro desafio apresentado pelas OCEMs (BRASIL, 2006) seria a formação do indivíduo com um sólido conhecimento de Biologia e com raciocínio crítico, esclarecendo que isso possibilitará ao estudante se posicionar diante de uma situação polêmica, para opinar sobre temas que podem interferir diretamente em sua condição de vida, tais como: a utilização de transgênicos, a clonagem e a reprodução assistida, dentre outros assuntos.

De acordo com as OCEMs (BRASIL, 2006), o grande desafio do professor é possibilitar ao estudante desenvolver as habilidades necessárias para a compreensão do papel do homem na natureza. Com o objetivo de enfrentar esses desafios e contradições, esse documento sugere que o ensino de Biologia deve se pautar pela alfabetização científica, cujo conceito implica três dimensões: a aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico e do impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos e a Sociedade.

Partindo dessa proposta, compreende-se que o conhecimento escolar deve ser estruturado de maneira que viabilize o domínio do conhecimento científico sistematizado na educação formal, reconhecendo sua relação com o cotidiano e as possibilidades da utilização dos conhecimentos apreendidos em situações diferenciadas da vida.

As OCEMs (BRASIL, 2006) esclarecem que o sucesso da proposta depende, para a sua concretização, de que o professor se torne um mediador entre o conhecimento sistematizado e o estudante, para que este consiga transpor para o cotidiano os conteúdos apropriados em sala de aula.

1.4 OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA NO CONTEXTO DO VESTIBULAR DA UFRN

Mesmo com as reformas do ensino ocorridas nas últimas décadas do século passado, o ensino de Biologia ainda vem sendo marcado por uma dicotomia que tem se constituído em um grande desafio para os professores: a coexistência de um grande volume de conteúdos e de uma metodologia voltada, quase que exclusivamente, para a aprendizagem memorística.

Percebe-se que o ensino dos conteúdos de Biologia ainda tem sido pautado:

[...] pela memorização de denominações e conceitos e pela reprodução de regras e processos – como se a natureza e seus fenômenos fossem sempre repetitivos e idênticos – contribuindo para a descaracterização dessa disciplina; enquanto ciência que se preocupa com os diversos aspectos da vida no planeta e com a formação de uma visão do homem sobre si próprio e de seu papel no mundo. (BRASIL, 2006, p. 15).

Os esforços dos estudantes em busca da memorização do maior volume possível dos conteúdos, em todos os níveis da educação, também podem ser observados quanto aos conteúdos que compõem o programa do Vestibular da UFRN, principalmente, no último ano do Ensino Médio, quando há uma maior exigência das escolas e da própria família acerca da preparação do estudante para se submeter aos exames vestibulares.

O programa do Vestibular proposto pela COMPERVE/UFRN (2007) deixa as suas exigências claras, quanto aos conhecimentos em Biologia que o estudante deve dominar, para pleitear uma vaga nos cursos que oferece. No Manual do Candidato, as orientações apresentadas explicitam a lógica que a COMPERVE está considerando para a aprendizagem dos conteúdos, ao afirmar que esses devem ser

“[...] organizados partindo de aspectos macroscópicos (ecologia) para os microscópicos (a célula).” (COMPERVE/UFRN, 2008, p. 34).

Dentre as recomendações quanto ao estudo dos conteúdos, o programa do Vestibular da UFRN também contempla a proposta dos orientadores curriculares nacionais, ao sugerir que o candidato

[...] inicie pela análise das relações entre os seres vivos e deles com o ambiente (aquilo que se vê) e, passando pela compreensão da organização dos seres vivos e dos processos vitais, chegue à sede da vida (a célula). (COMPERVE/UFRN, 2008, p. 34).

O programa também concebe a possibilidade de que seja feito o caminho contrário desse percurso, afirmando que isso “[...] possibilita explicar os aspectos macroscópicos, usando os modelos teóricos da Biologia.

Os objetivos propostos para a prova do Vestibular da UFRN, de acordo com o Manual do Candidato (COMPERVE/UFRN, 2008, p. 34), são:

- Compreender as diversas manifestações da vida e suas interações com o meio ambiente, levando em consideração os diversos processos de troca de matéria e energia;
- Reconhecer a biodiversidade como sendo o resultado de transformações adaptativas que aconteceram ao longo da história evolutiva;
- Reconhecer o caráter dinâmico da Natureza, compreendendo o papel das reações químicas e dos processos físicos para a manutenção do processo vital;
- Diagnosticar e propor soluções para problemas reais, a partir de elementos da Biologia;
- Avaliar os efeitos da degradação ambiental sobre os seres vivos e, por consequência, sobre a saúde humana, a qual, mais do que ausência de doença, deve ser compreendida como bem-estar físico, social e psicológico do indivíduo;

- Reconhecer as contribuições da Biologia na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, levando em consideração os aspectos históricos e éticos.

A partir desses objetivos, percebe-se claramente uma preocupação em seguir as orientações dispostas nos orientadores curriculares nacionais, quanto aos objetivos que o Ensino Médio deverá cumprir na formação do estudante.

Apesar desse compromisso com a formação do estudante, o que se tem percebido, na maioria das escolas, é uma preocupação exacerbada em abordar todos os conteúdos (temas e subtemas) que se encontram dispostos no Quadro 2.

TEMAS	SUBTEMAS
ECOLOGIA	1. Populações e comunidades 2. Relações entre os seres vivos 3. Cadeias e teias alimentares 4. Transferência de matéria e energia 5. Ciclos biogeoquímicos 6. Efeitos da ação humana sobre o ambiente
SERES VIVOS	1. Classificação e características gerais dos reinos Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia 2. Vírus e príons 3. Reino Animalia 3.1 Animais invertebrados e vertebrados 3.2 Funções biológicas: digestão, circulação, respiração, controles nervoso e hormonal, excreção, reprodução, defesa 4. Reino Plantae 4.1 Briófitas, pteridófitas e fanerógamas 4.2 Funções biológicas: fotossíntese, circulação, respiração, transpiração, controle hormonal, reprodução
A CÉLULA	1. Química da vida: água, sais minerais, carboidratos, lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e vitaminas 2. Parede celular: estrutura e função 3. Membranas: estrutura e função 4. Organelas citoplasmáticas: estruturas, funções e inter-relações 5. Núcleo celular: componentes e funções 6. Material genético: estrutura, duplicação, transcrição e tradução dos ácidos nucleicos 7. Divisão celular: mitose e meiose
GENÉTICA	1. Fenótipo e genótipo 2. Leis de Mendel 3. Hibridismo 4. Descendência e probabilidades 5. Dominância, polialelia, interação gênica, epistasia, pleiotropia, ligação gênica, genes letais 6. Sexo e herança 7. Aberrações cromossômicas
EVOLUÇÃO	1. Teorias evolucionistas: lamarckismo, darwinismo e teoria sintética 2. Fatores evolutivos: migração, mutação, seleção natural e recombinação gênica 3. Especiação
REPRODUÇÃO HUMANA	1. Fecundação e gravidez 2. Desenvolvimento embrionário 3. Controle de natalidade 4. Reprodução assistida
SAÚDE E DOENÇA	1. Conceito de saúde 2. Fome e doença 3. Doenças infecciosas e parasitárias: endemias e epidemias 4. Doenças sexualmente transmissíveis 5. Doenças hereditárias 6. Transmissão e prevenção de doenças
BIOTECNOLOGIA	1. Transgênicos, clonagem, testes de DNA, células-tronco, produção de embriões 2. Bioética

QUADRO 2 Conteúdos para a prova de Biologia, contidos no Programa do Vestibular da UFRN. (Manual do Candidato – COMPERVE/UFRN, 2008, p.36).

A exigência dos conteúdos inerentes à formação do estudante que conclui o Ensino Médio e pretende fazer o Vestibular da UFRN levanta uma grande questão em relação ao empenho para se estabelecerem as devidas conexões na interligação dos saberes aprendidos durante a educação básica, principalmente quando sabemos que a priorização dada ao programa do vestibular tem desvirtuado a verdadeira função do Ensino Médio.

Esta listagem, embora tenha como objetivo tornar claros ao professor e ao próprio estudante os conteúdos que poderão ser explorados pelas provas do Vestibular da UFRN, tem conduzido o ensino para uma ação transmissiva e pouco eficiente, levando o estudante a uma aprendizagem memorística. Este fato é consequência da grande preocupação observada, em boa parte das escolas de Natal e da Grande Natal e nas escolas das cidades do Rio Grande do Norte onde funcionam os Centros Regionais de Ensino Superior (CERES) e os *Campi* Avançados, em contemplar todos os conteúdos do Programa do Vestibular da UFRN.

Torna-se visível que a abordagem específica dos conteúdos desse Programa também sobrepuja os conteúdos sugeridos para compor o currículo das três séries que compõem o Ensino Médio, conforme a proposta dos orientadores curriculares nacionais. Este fato leva ao não-cumprimento das finalidades, atribuídas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei Nº 9394/96), para essa etapa da educação básica, percebendo-se que o seu cumprimento pode ficar aquém do esperado. Este aspecto tem implicações sérias na educação, pois quando determina, mesmo que indiretamente, o que deverá ser ensinado, o programa do Vestibular também desrespeita os objetivos da formação do estudante do nível médio que não planejam ingressar na carreira acadêmica.

No próximo capítulo serão discutidas as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, sob diferentes perspectivas.

CAPÍTULO II - OS ESTUDOS SOBRE AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentadas as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, enfocando-se, num primeiro momento, a importância do erro que o estudante comete na avaliação – que será considerado uma ferramenta da qual o professor pode dispor para identificar as lacunas deixadas durante o ensino dos conteúdos biológicos – e, num segundo momento, os elementos que participam ou colaboram para o surgimento dessas dificuldades.

As discussões sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia estão organizados em três blocos de discussão:

No bloco 1 serão apresentados os componentes didático-pedagógicos, permeados pela ação docente e a participação do livro didático, que influenciam no surgimento dessas dificuldades; No bloco 2 serão desenvolvidas as discussões sobre a participação das concepções alternativas no surgimento dessas dificuldades e no bloco 3 as reflexões sobre a dificuldade implícita nos conteúdos de Biologia, dada a complexidade dos conceitos e indução ao erro que o estudante comete durante a avaliação.

Nas ponderações aqui desenvolvidas, convém ressaltar, que há convergência tanto para a consolidação do erro como uma forma de manifestação das concepções alternativas que o estudante constrói sobre os conteúdos de Biologia, quanto para o fato de esse erro poder revelar as áreas do conhecimento nas quais há dificuldades na aprendizagem. Neste caso, o erro serve para explicitar o que o estudante deixou de aprender.

2.1 O ERRO E AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA

Tradicionalmente o erro tem sido considerado como tudo aquilo que afasta, perturba, nega, transgride, ou seja, tudo aquilo que se opõe ao que é dado como verdadeiro em um determinado sistema. (DE LA TAILLE, 1997).

Nos primórdios dos estudos sobre a análise de erros, Bachelard (1996) vê o erro como um obstáculo epistemológico que não se apresenta isolado, e sim vinculado à estrutura do conhecimento de um indivíduo. Para esse filósofo da educação, essa estrutura é construída a partir da atribuição de significados e das relações de significação que se estabelece, à medida que o indivíduo se desenvolve.

As discussões sobre a análise dos erros se intensificaram na segunda metade dos anos setenta, do século passado, quando o repentino interesse em pesquisar os erros conceituais assumiu um lugar de relevância na literatura. (OSBORNE, WITTROCK 1983; CARRASCOSA, 1985; HIERREZUELO, 1989).

As pesquisas desenvolvidas nessa área, nos últimos vinte anos, constituíram uma tendência mundial, cujos efeitos puderam ser observados em todos os campos da Ciência, embora a maioria dos trabalhos tenha sido desenvolvida na área de Matemática (RADATZ, 1980; CURY, 1995) e de Física (McDERMOTT, 1984; SEBASTIÁ, 1984; MACEDO, SOUSSAN, 1985; VARELA, 1989; VIENNOT, KAMINSKY, 1989).

Um aspecto comumente observado nos trabalhos de pesquisa sobre a análise do erro é que, enquanto alguns pesquisadores questionam se realmente o obstáculo proposto por Bachelard (1996) produz erros (ARTIGUE, 1989), outros fazem distinções entre dificuldade e obstáculo (EL BOUAZZOUI, 1988), havendo ainda os que preferem utilizar tais termos como sinônimos, por acreditarem ser prematuro estabelecer conceituações rígidas. (GLAESER, 1985).

Ao apresentar uma classificação das causas dos erros, segundo o paradigma do processamento da informação, Radatz (1979) mostra estar preocupado com a sua eliminação, pois se refere ao erro como um "[...] desempenho exitoso em tarefas matemáticas" (p.166). Este autor parte do pressuposto de que o professor ensinará um determinado conteúdo e proporá tarefas que lhe permitam

avaliar o desempenho do estudante, por meio da análise dos erros e acertos na resolução de exercícios.

Na visão bachelardiana (BACHELARD, 1996), o erro se torna imprescindível para a superação de obstáculos epistemológicos que se instalam nos diversos momentos da vida de um indivíduo. Nesse sentido, González García (2001) considera que os erros conceituais ocorrem quando os conhecimentos prévios estão em desacordo com os cientificamente aceitos, apresentando também uma grande resistência em ser mudados. Essa autora aceita que o conhecimento prévio dos estudantes interage com o conhecimento apresentado na instrução formal, dando lugar a um conjunto diverso de resultados de aprendizagem não desejados.

Os erros conceituais são importantes obstáculos para o desenvolvimento do pensamento criativo e crítico, tão necessários. Sem o conhecimento destas idéias dos estudantes, o professor estará, portanto, em grande desvantagem em relação com a eficácia de seu trabalho. (GONZÁLEZ GARCÍA, 2001, p. 3).

Os estudos sobre os erros conceituais levaram os pesquisadores de várias áreas a verificar a hipótese mais plausível para a questão do erro, dentre as quais, a geração prévia e bem particular de idéias sobre as questões formalizadas cientificamente que os estudantes trazem ao iniciar o processo de aprendizagem escolar. Estas idéias são designadas como *teorias ingênuas* (CARAMAZZA *et al* 1981), *ciência das crianças* (GILBERT *et al* 1982; OSBORNE, WITTROCK, 1983), *esquemas conceituais alternativos* (DRIVER, EASLEY, 1978) e *representações* (GIORDAN, 1985).

Um traço inerente a essas “idéias prévias” é o seu caráter desconexo e às vezes contraditório, que leva um estudante a explicar o mesmo fenômeno a partir de vários pontos de vista, inconsistentes entre si. (POZO, CARRETERO, 1987, p. 156). Embora o caráter implícito das suas idéias em geral o ajude, mas também termina por dificultar a detecção e erradicação do erro. Com efeito, muitas vezes o sujeito não é nem mesmo consciente de que mantém concepções errôneas sobre os fenômenos científicos.

Os estudos quanto à origem dos padrões espontâneos de raciocínio estão em um amplo processo de evolução biológica e cultural. O ser humano deve ter a

capacidade de responder, de maneira rápida e eficaz, às situações mutantes de seu entorno. (POZO, CARRETERO, 1987). Fatores pessoais fazem com que os adultos sejam extraordinariamente seletivos quando processam a informação que recebem do seu entorno, até o ponto de cruzarem ativamente essa informação, ignorando, com freqüência, dados que para outros observadores são evidentes.

Na abordagem construtivista, a partir da obra de Piaget (1977), existe outra visão do erro. Os autores que seguem essa tendência têm buscado mostrar os defeitos presentes nas outras abordagens. Bessot e Eberchard (1983), por exemplo, critica os que buscam apenas eliminar os erros que os estudantes cometem, ao concluir que "Certas teorias consideram o reforço externo como principal mecanismo desse desenvolvimento: sob esse ponto de vista, os erros são vistos como o efeito da ignorância ou da desatenção e dessa forma devem ser evitados em todo o processo de aprendizagem." (p.474).

Casávola *et al.* (1998) destacam o importante papel dos erros na construção do conhecimento, na perspectiva construtivista, e citam Piaget (1977, p. 43), quando este afirma que:

[...] um erro corrigido (por ele mesmo) pode ser mais fecundo do que um acerto imediato, porque a comparação de uma hipótese falsa e suas conseqüências fornece novos conhecimentos e a comparação entre dois erros dá novas idéias.

Sendo assim, a perspectiva construtivista apresenta uma visão bem mais aberta sobre o erro, aceitando os erros cometidos pelos estudantes e até estimulando a sua ocorrência, considerando que estes contribuem para as possibilidades que se abrirão para o sujeito construir o conhecimento.

Do ponto de vista da compreensão, o erro corresponde a uma contradição, um conflito, uma falha na teoria, ou hipóteses que explicam determinado fenômeno. (MACEDO, 1992). No plano da realização das ações, tudo é relativo a um sistema e, portanto, só pode ser considerado certo ou errado na sua relatividade e não no seu absoluto. Mesmo na perspectiva construtivista, o erro tem sido visto como oposição ao acerto. (DE LA TAILLE, 1997).

Inicialmente, o foco dos trabalhos sobre a análise dos erros consistiu em evidenciar a extensão e gravidade dos erros conceituais, centrando-se na

identificação, compreensão das suas causas e no planejamento de estratégias de ensino que permitissem mudar esses resultados negativos.

Na área da Biologia, o marco referencial das pesquisas sobre o erro coincide com o surgimento dos primeiros estudos acerca das concepções alternativas sobre os conteúdos biológicos que os professores e estudantes constroem, conforme será discutido nos próximos tópicos deste capítulo. São precursores nas pesquisas nessa área: Cubero Pérez (1986), Jiménez Aleixandre (1987), Cañal, García e Porlán (1986), Giordan (1987), Serrano (1987), Díaz González e Abuín Figueras (1998), García Barros (1989), Banet e Núñez (1990) e Diaz Gonzáles *et al.*, (1996).

Além do papel tradicional da análise dos erros, no sentido de identificar e classificar os erros cometidos pelos estudantes e propor estratégias para eliminá-los, Borasi (1988) identifica outras possibilidades, incluindo a sua utilização como instrumento para explorar o funcionamento da mente e ajudar a identificar as dificuldades na aprendizagem que os estudantes apresentam.

O estudo sobre as dificuldades na aprendizagem das Ciências Naturais segundo Kempa (1991) busca priorizar: a natureza das idéias prévias ou sua baixa aquisição, para estabelecer conexões significativas com os conceitos que se deseja aprender; as relações entre a demanda ou complexidade de uma tarefa a ser aprendida; a capacidade do estudante para organizar e processar a informação; a competência lingüística e a pouca coerência entre o estilo de aprendizagem do estudante e o estilo de ensino do professor.

Suarez Yáñez (1995), posteriormente, agrega à colocação de Kempa (1991) o critério internalidade ou externalidade da dificuldade de aprendizagem. Para o autor, essas dificuldades podem ser de origem interna, da parte do estudante, ou de origem externa. Dentre as dificuldades de origem interna, o autor assinala: o estilo da aprendizagem, a capacidade do estudante para organizar e processar informação e a competência lingüística. Como dificuldades de origem externa estão: a natureza do objeto de estudo, a demanda das tarefas e o estilo de ensino, dentre outras.

Radatz (1979), ao fazer uma revisão das pesquisas sobre análise de erro, realizadas nos Estados Unidos e Europa até o final dos anos 70, enfatiza a importância dos erros no sentido de oportunizar o diagnóstico das dificuldades de aprendizagem e de criar condições para avaliar o desempenho individual dos estudantes. Este autor afirma que:

[...] a análise de erros também serve como ponto de partida para a pesquisa sobre o processo de ensino-aprendizagem matemático [...] como estratégia de pesquisa promissora para esclarecer algumas questões fundamentais da aprendizagem matemática. (p.16).

Pochulu (2007) considera que, apesar do erro poder ter procedências diferentes, geralmente tende a ser considerado como a presença de um esquema cognitivo inadequado no estudante e não somente como consequência de uma falta específica de conhecimentos. Destaca que os erros não aparecem por acaso, mas surgem em um marco conceitual consistente, baseado nos conhecimentos adquiridos previamente, e que todo processo de instrução é potencialmente gerador de erros, devido a diferentes causas.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), o erro é tido como inerente ao processo de aprendizagem e sua superação como um processo de incorporação de novas idéias e de transformação das anteriores para dar conta das contradições, o que leva ao alcance de níveis superiores de conhecimento. Este seria o resultado de um complexo e intrincado processo de modificação, reorganização e construção utilizado na assimilação e interpretação dos conteúdos escolares pelos estudantes.

Para Gil Pérez (1991, p. 1), as tentativas de explicação para a abundância e persistência dos erros conceituais, nos numerosos domínios das Ciências, têm apontado basicamente para duas causas, que se encontram relacionadas entre si:

- A hipótese de que os erros constituem as idéias espontâneas ou pré-concepções que os estudantes teriam formado em período que antecede a aprendizagem escolar;
- A hipótese de que um tipo de ensino habitualmente praticado nas escolas que prioriza a transmissão dos conhecimentos elaborados tornaria possível uma recepção significativa destes, ou seja, seria possível que os estudantes tivessem idéia do que lhes é transmitido.

Nesta Tese, a concepção assumida sobre erro contempla a perspectiva bachelardiana – na qual o erro contribui no sentido de revelar a maneira como o

estudante organiza os seus conhecimentos, revelando, também, como se organiza a rede de significados que os sustenta.

Entendeu-se que o erro expresso no momento da escolha da alternativa errada da prova de Biologia, pelo candidato que se submete ao Vestibular da UFRN, está correlacionado com as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, cujos pressupostos serão discutidos no próximo tópico deste capítulo.

2.2 O ESTUDO SOBRE AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DE BIOLOGIA

Apesar do problema das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia ainda não ter gerado uma discussão tão freqüente como a observada em Matemática, Química e mesmo em Física, nos últimos anos, vem-se verificando um aumento considerável do interesse pelo desenvolvimento de pesquisas nessa área. Esse fato tem se refletido no aumento do número de publicação de artigos que tratam da temática nas revistas especializadas e na freqüência de apresentação de trabalhos em Congressos e Reuniões Científicas.

Uma revisão de trabalhos publicados nos últimos anos, cujos principais resultados serão apresentados ao longo deste capítulo, sinaliza a coexistência de uma diversidade de aspectos que têm sido implicados, ou que colaboram para o surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos da área de Biologia. Para facilitar o desencadeamento das reflexões teóricas sobre essa temática, tais aspectos serão organizados em três grupos:

- O primeiro - no qual estão incluídas as questões didático-pedagógicas implícitas no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia;
- O segundo – que contempla a influência exercida pelas concepções alternativas, no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos dessa disciplina
- E o terceiro – que agrega os elementos responsáveis pelo surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos da referida disciplina que guardam relação com as dificuldades inerentes ao próprio conteúdo.

2.2.1 As Questões Didático-Pedagógicas Implícitas no Surgimento das Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos de Biologia

A expressão *dificuldade na aprendizagem* tem sido utilizada nas pesquisas sobre o ensino de Ciências Naturais, como forma de descrever uma situação na qual um estudante, ou grupo de estudantes, não apresenta sucesso na aprendizagem de um conteúdo. (SILVA, NÚÑEZ, 2007). Essa concepção de conceito se afasta e supera as idéias da Psicopedagogia, segundo a qual as dificuldades de aprendizagem são estudadas à luz dos problemas biológicos, psicológicos e socioculturais.

As discussões sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos que se relacionam com as questões didático-pedagógicas foram inicialmente desenvolvidas por Pozo (2002), ao traçar um paralelo entre o ensino e o fracasso escolar. Esse autor constatou que, no ambiente escolar, um fato freqüentemente observado é que:

[...] os estudantes aprendem e sabem cada vez menos [...] embora as idéias de dificuldade de aprendizagem dificilmente possam ser demonstradas empiricamente, esta corresponde a uma representação social arraigada sobre o que poderíamos chamar de deterioração da aprendizagem. (p. 16).

Esse raciocínio remete a Snyders (1996), que situa dois papéis fundamentais para o professor; fazendo referência à postura que este deverá assumir durante o planejamento e permear a sua prática pedagógica:

a) de um lado, deve o professor desenvolver ações como um componente fundamental de ligação entre o estudante e os conteúdos, proporcionando a continuidade do saber;

b) por outro lado, deve estar situado como alguém que trabalha como um selecionador de elementos necessários à realização de uma análise crítica que possibilite ao estudante "ultrapassar a experiência, os estereótipos e as pressões difusas da ideologia dominante." (p. 59).

Esse autor considera que o cumprimento desses papéis configura o nível de ruptura da dialética entre os conteúdos e os objetivos propostos para o ensino.

Nas discussões iniciais sobre os problemas do ensino dos conteúdos de Biologia, serão enfocadas as questões didático-pedagógicas pertinentes ao ensino dos conteúdos biológicos e a influência que estas podem exercer no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos estudantes.

Pastrana (2007), ao refletir sobre a problemática envolvida no ensino de Biologia e os seus reflexos, como o surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, considera que essa disciplina integra múltiplos fatores, dentre os quais: o horário insuficiente para o desenvolvimento adequado ao ensino; o fato de os professores raramente possuírem uma boa formação didática inicial ou especialização na área; a desmotivação freqüente; além da escassa curiosidade científica dos estudantes e o descompasso habitual entre os professores do Ensino Fundamental com os do Ensino Médio.

O referido autor destaca a influência negativa decorrente da existência de uma ação individual, ou mesmo o desdobramento para a criação de grupos reduzidos de práticas, como aspectos que contribuem concomitantemente para o surgimento dos clássicos problemas do ensino e para a gênese das dificuldades na aprendizagem das ciências experimentais, em particular as da Biologia.

Dentre os trabalhos desenvolvidos com esse enfoque, enquadra-se a pesquisa realizada por Hurtado e García (2003), sobre as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos da área de Histologia. Esses autores alertam para um ponto de grande relevância durante o ensino desses conteúdos, no que diz respeito ao alcance da eficiência na comunicação entre professores e estudantes. Consideram que [...] a eficiente comunicação com os estudantes requer, do professor, a utilização de conceitos fundamentais precisos e o manejo de terminologias que reflitam esses conceitos com a maior exatidão possível.” (p. 2).

Hurtado e García (2003) chamaram a atenção para a demanda pedagógica implícita no ensino adequado dos conteúdos pertencentes às diferentes áreas que compõem o conhecimento biológico. Afirmam que essa demanda pode ser experienciada quando se está diante de alguns conteúdos classificados como complexos ou difíceis, tanto pelo professor quanto pelo estudante, como é o caso dos que compõem as áreas de Citologia, Genética e Evolução Biológica, dentre outras.

Os mesmos autores afirmam que, apesar de ser imperceptível para uma boa parte dos professores, essa demanda envolve um *pool* de fatores importantes no

momento de privilegiar a transposição didática. Uma intercorrência que pode ser facilmente verificada durante esse processo, como gerador dessas dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, consiste no risco de que “[...] sejam utilizados subterfúgios em demasia ou que os conceitos científicos sejam falseados, o que poderá levar ao surgimento dos erros conceituais.” (p. 3).

Das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia apresentadas pelo estudante, estão as que se expressam como consequência da deficiência na aprendizagem conceitual apresentada pelos professores, as quais poderão ser transferidas aos estudantes. Essas dificuldades podem ter a sua origem em período que antecede a formação docente, durante o Ensino Médio ou mesmo durante o Ensino Fundamental, quando são abordados os primeiros conceitos na área de Ciências, prolongando-se durante a formação acadêmica e interferindo no desempenho profissional do professor.

Essa constatação remete às reflexões sobre os estágios de alfabetização científica alcançados pelos professores e pelos seus respectivos estudantes, em que se concebe que a aprendizagem depende de construções conceituais prévias.

Um trabalho realizado por Mellado (1997) entre professores do Ensino Fundamental e do Ensino Médio que se encontravam na etapa final de sua formação universitária revelou que um dos aspectos que dificulta a aprendizagem dos conteúdos é o fato desses professores não terem concepções bem definidas sobre a natureza da ciência. O autor atribuiu tal situação à influência exercida pelas orientações dominantes (positivista, relativista e concepções mistas), que fazem com que os referidos professores conservem fortes contradições em tudo o que se refere à metodologia científica e ao próprio conhecimento científico.

Nesse trabalho, os professores atribuíram as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos dessa área do conhecimento biológico ao fato de não terem estudado seus conteúdos em período anterior ao início das atividades docentes, decorrente, segundo eles, do fato de não terem tido a oportunidade de realizar reflexões sobre os conceitos e as questões didáticas implícitas no seu ensino, o que emergiu como um aspecto que dificulta ou interfere na sua ação docente.

Dias e Núñez (2005), ao desenvolverem uma pesquisa entre professores do Primeiro e Segundo Ciclos da Educação Fundamental que estavam cursando a etapa final da Formação Continuada do Programa de Qualificação Profissional para a Educação Básica (PROBÁSICA), procuraram identificar os conteúdos de Ciências

nos quais esses professores apresentavam dificuldades para ensinar e os seus estudantes dificuldades para aprender, pontuando, inclusive, as suas possíveis causas.

De acordo com os resultados que se configuraram, os professores relataram uma maior dificuldade para ensinar as temáticas relativas aos ecossistemas (nutrição dos animais e vegetais). Em segundo lugar, ficou o tema “Corpo Humano e Saúde”, cujas dificuldades de ensino centraram-se no tema “Saúde” (Constituição do Corpo Humano, Alimentação e os Nutrientes); “Nutrição (Excreção)”; “Os Órgãos dos Sentidos e Sistema Endócrino”; “O Sistema Reprodutor (Sistema Reprodutor e a Fecundação) e o tema “Proteção e Defesa do Corpo Humano (Sistema Imunitário).

Quando questionados acerca dos motivos que os levaram a eleger os itens descritos acima, também como os de maior dificuldade para obter o aprendizado dos estudantes, os professores atribuíram esse fato a diversos aspectos, dentre os quais: as deficiências na utilização de metodologias de ensino, que dificultam atingir os objetivos propostos; a falta de recursos audiovisuais, que, na opinião deles, tornam as aulas demasiadamente expositivas, dificultando a compreensão do conteúdo abordado; a falta de domínio do conteúdo para ensinar; a complexidade própria do assunto e as lacunas deixadas durante o ensino dos conteúdos nas séries anteriores.

As análises das questões abertas dos questionários mostraram que os professores têm como principal fonte de informação o livro didático do estudante; não trabalham os conteúdos sobre a história das Ciências durante as suas aulas e não priorizam as discussões em torno dos avanços da Ciência e da Tecnologia a serviço da Humanidade. Isso significa que, no contexto no qual se deram essas constatações, os professores conseguiram atingir apenas os estágios nominal e funcional do processo de alfabetização científica.

Santos, Infante-Malachias e Amabis (2003) e Camargo, Infante-Malachias e Amabis (2007) e inseriram, entre essas dificuldades, a maneira como os tópicos relacionados a alguns temas, como a Engenharia Genética, os Alimentos Transgênicos e o Projeto-Genoma estão sendo abordados em aula. O foco de trabalho desses pesquisadores foi a priorização dada à metodologia científica e à abordagem do conhecimento científico, ao mostrar que os professores pesquisados aparentemente conhecem alguns termos científicos e conseguem definir outros, embora não compreendam completamente o seu significado.

Krasilchik e Marandino (2006, p. 8) enfatizam a necessidade de que o estágio multidimensional de alfabetização científica seja atingido, ao afirmar que:

A formação do aprendiz deve levá-lo a compreender que o conhecimento científico é cumulativo e historicamente arquitetado, tendo sempre caráter tentativo. Comporta, por isso, rupturas e está implicado nas relações sociais, políticas, econômicas e ideológicas das sociedades onde é produzido.

Ainda no contexto da prioridade oferecida aos conteúdos de ensino que contemplam a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), as dificuldades que se apresentam, segundo Bazzo *et al.* (2003), Silva (2003) e Infante-Malaquias, Amabis (2007), aparecem como consequência do pouco incentivo dado à educação sobre as tecnologias e a sua utilização em benefício da Humanidade.

A pouca prioridade dada à abordagem CTS, segundo Bazzo *et al.* (2003), decorre, principalmente, das dificuldades apresentadas pelos professores, tanto de Ensino Médio como de Ensino Superior, na compreensão e interligação dos conceitos básicos da Biologia Molecular, que podem ser transferidos ao estudante; bem como do favorecimento da chegada desse tipo de conhecimento à mídia, em período anterior à escola. Também salientam que a abordagem dos conteúdos sobre as tecnologias a serviço da Humanidade ainda tem sido feita de forma superficial e carregada de concepções inadequadas.

As dificuldades na aprendizagem dos conteúdos que abordam o tema CTS também foram identificadas nas pesquisas desenvolvidas entre os estudantes do Ensino Superior, por Sganzerla *et al.*, (2004). As evidências mostram que muitos estudantes apresentam dificuldades para emitir opiniões esclarecidas em relação aos atuais avanços científicos e biotecnológicos. A solicitação feita aos estudantes para explicar o que são organismos transgênicos e falar sobre as vantagens e desvantagens dessa biotecnologia revelou que a maioria deles se limita a reproduzir a linguagem veiculada pela mídia, sem demonstrar a compreensão do conceito. (PEDRANCINI *et al.*, 2004; PEDRANCINI, CORAZZA-NUNES, GALUCH, 2004).

A identificação desse aspecto pode ser um indício de que a aprendizagem dos conhecimentos científicos que ocorrem durante a escolaridade básica está sendo insuficiente para possibilitar aos estudantes o desenvolvimento e, por

consequente, a utilização dos conceitos como instrumentos do pensamento em situações que extrapolam o contexto escolar.

Nesse contexto, merecem destaque a maneira como os conteúdos estão apresentados nos livros didáticos e a forma como os estudantes os interpretam a partir da leitura dos seus textos.

Esses fatos remetem a outro patamar das discussões sobre as dificuldades de abordagem dos conteúdos das Ciências Naturais, que guardam relação com a utilização inadequada da linguagem técnico-científica que se apresenta nos textos dos livros didáticos ou manuais de instrução, nos livros paradidáticos e nos textos veiculados pela mídia.

A constatação quanto à compreensão equivocada dos conteúdos da Biologia, originária da leitura dos livros didáticos indicou que as falhas no entendimento dos textos de Ciências podem ser um problema tão importante no surgimento das dificuldades de aprendizagem quanto às dificuldades decorrentes da não compreensão dos temas abordados durante o ensino dos conteúdos em sala de aula.

Hurtado e García (2003) associam esse aspecto ao fato dos conteúdos expostos nos livros didáticos apresentarem aproximações com as concepções prévias e as idéias espontâneas³ dos estudantes. A justificativa fornecida, por esses autores, para essa constatação foi a de que:

Os textos de estudo podem conter: conceitos contrários; termos em desuso ou duvidosos; concepções antropomórficas ou teleológicas; generalizações excessivas; inexatidões ou contradições; ambigüidades; classificações defeituosas ou excessivamente vagas; etimologismos; afirmações que supõem verdades absolutas; definições errôneas; tautológicas ou redundantes; ou ainda, lapsos generalizados ao transcrever ou traduzir um texto. (HURTADO, GARCÍA, 2003, p. 2).

Campanário e Otero (1990), Campanário e Otero (2000) e Hurtado e García (2003) apresentam a abordagem dos conteúdos nos livros didáticos como integrante do 'paradigma da contradição'.

³ Para Campanário e Otero (2000), as idéias espontâneas dos alunos se caracterizam, em primeiro lugar, por ser quase sempre "cientificamente incorretas".

Segundo esses pesquisadores, tal fato decorre de ora o livro didático se apresentar como partícipe do surgimento das dificuldades de aprendizagem, influenciando e sofrendo influências das concepções que os estudantes constroem sobre o conhecimento, ora ser visto como um momento de construção da aprendizagem a partir da leitura.

Bizzo (1991) expõe como causa do surgimento das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Biologia a forma como estes vêm sendo abordados - no que diz respeito à elaboração dos textos, quanto às mensagens que procuram transmitir, aos erros conceituais que os textos de livros trazem, as contradições encontradas durante a abordagem dos conteúdos dos livros que são disponibilizados para o estudante e as incoerências observadas nas suas ilustrações compondo, assim, um conjunto de determinantes que são incorporados às concepções do estudante.

Krasilchik (2004) adverte sobre a questão do conteúdo e ideologia contidos no livro didático:

Uma outra característica dos livros didáticos, cuja importância vem sendo cada vez mais ressaltada, é a dos valores subjacentes implícitos nos textos e nas ilustrações. Preconceitos raciais e sociais como a excessiva valorização da ciência e do cientista ou, ao contrário, sua ridicularização, são mensagens que podem ser transmitidas pelos livros apoiados inadvertidamente pelo professor como parte do currículo latente. (p.67)

Xavier e Kerr (2004), ao analisarem o tratamento dado ao tema “efeito estufa”, em textos de livros paradidáticos e periódicos jornalísticos, identificam vários problemas na abordagem, entre os quais, o tratamento incorreto dado ao fenômeno durante as discussões, tais como: ausência de rigor científico na abordagem do tema, identificação indevida do efeito principal com a sua variação, domínio de uma visão catastrófica desse tipo de acidente atmosférico e uma atribuição de sua ocorrência às consequências do aumento de dióxido de carbono na atmosfera.

A análise dos textos de livros paradidáticos, segundo as autoras, demonstra que, apesar de estarem mais coerentes com as hipóteses aceitas pela comunidade científica, também apresentaram distorções nas previsões de consequências do efeito-estufa, além de falha na identificação dos gases-estufa, nas suas fontes naturais e antropogênicas e nas variações dos seus níveis de emissão. Os livros

analisados apresentaram falhas quando abordaram os efeitos desse tipo de fenômeno na saúde humana e nas explicações quanto à possível participação em outros fenômenos ou problemas ambientais. (XAVIER, KERR, 2004).

Um aspecto que implica a participação do livro na origem das dificuldades na aprendizagem de Biologia, segundo os autores referenciados acima, diz respeito à forma, por vezes incoerente e discrepante, como os exercícios e atividades se apresentam. As questões que são colocadas para os estudantes, na maioria das vezes, priorizam a aprendizagem memorística dos conteúdos, em detrimento a uma abordagem problematizadora e contextualizada. Essas questões dificilmente integram conceitos de áreas correlatas e fogem completamente à proposta de formação do estudante que está inserido na Educação Básica contida nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), apesar de alguns trazerem um selo indicando que atendem à nova LDB e estão coerentes com os PCNs. (XAVIER, KERR, 2004).

Figini e De Micheli (2005) desenvolveram análises das atividades presentes em livros de Biologia, constatando que as questões presentes nos livros analisados dificultavam ou não colaboravam com o aprendizado do estudante na abordagem dos temas de Genética e Herança.

Silva (2005) mostra a influência negativa exercida pelo livro didático na aprendizagem, ao analisar quatro componentes problemáticos na abordagem dos conteúdos de classificação dos seres vivos, nos livros didáticos do Ensino Médio:

- a) Abordagem do Tema - na maioria dos livros, o assunto é tratado de forma direta, sem fundamentação histórica, contendo uma exagerada valorização dos termos científicos; as mudanças ocorridas na sistemática não foram atualizadas e transmitem ao leitor uma idéia de ciência pronta e acabada.
- b) Recursos Visuais - constata-se que, nas ilustrações utilizadas pelos autores, há predomínio de figuras didatizadas e ausência do nome do autor e da fonte, com predomínio de uma quantidade exagerada de recursos visuais, em relação às informações contidas no texto.
- c) Atividades propostas - as análises das atividades propostas mostram que estas dão ênfase a questões de memorização de conceitos específicos, em detrimento às questões interdisciplinares, além de não apresentarem enfoque numa visão problematizadora, o que reforça o comportamento

memorístico, em que o estudante não reflete sobre os conceitos trabalhados, apenas transcrevendo a idéia do autor.

- d) Recursos Adicionais - foram considerados como recursos adicionais os elementos que são incluídos nos livros didáticos com o objetivo de aprofundar e enriquecer o conteúdo em estudo, tais como: Glossários, Atlas, Resumos e Fonte Complementar de Informações. Nos livros didáticos consultados, esses elementos nem sempre estão presentes.

Um aspecto de relevância no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos biológicos, encontrado na análise desses livros, é a predominância de resumos - que oferecem ao estudante uma visão simplificada sobre o assunto abordado e pode induzir o estudante a estudar apenas pelos fragmentos, perdendo a visão do conteúdo como um todo. (SILVA, 2005)

Outro aspecto importante de se destacar, em relação ao livro didático, é o fato de que, historicamente, este tem sido compreendido como agente determinante de currículos, assumindo uma importante posição na limitação da inserção de novas abordagens e das possibilidades de contextualização do conhecimento. Em muitos casos, o livro parece ser adotado na perspectiva principal de aliviar o trabalho do professor, priorizando suas necessidades. (HURTADO, GARCÍA, 2003).

Nas discussões desenvolvidas por Bizzo (1996, 1997), Camargo, Infantemalaquias e Amabis (2007) sobre este aspecto, destacaram-se uma parcela considerável de professores que ainda concebem os livros didáticos como inflexíveis manuais norteadores dos programas das disciplinas escolares, os quais são utilizados como única fonte de pesquisa e aprendizagem dos conteúdos ou como forma de atualização pedagógica.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) salientam que, na sala de aula, o docente deve utilizar outros instrumentos didáticos para trabalhar os conteúdos científicos, até como um meio de priorizar a utilização das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs), ressaltando que:

Assim, o universo das contribuições paradidáticas, como livros, revistas, suplementos de jornais (impressos e digitais), videocassetes, CD-ROMS, TVs, educativas e de divulgação científica (sinal a cabo ou antena parabólica) e rede web precisa estar mais presente e de modo sistemático na educação escolar. Mais do que necessário, é imperativo seu uso crítico e consciente pelo docente de Ciências Naturais de todos os níveis de escolaridade. (2002, p. 37).

Hurtado e García (2003) identificam a utilização de procedimentos incorretos nas avaliações de alunos que estudaram pelos livros de Biologia durante o Ensino Médio, evidenciados esses procedimentos por meio das contradições e incoerências de raciocínio. As respostas incorretas, elaboradas pelos estudantes que leram os textos desses livros, se apresentaram, por exemplo, como similares a algumas respostas incorretas emitidas pelos estudantes que apresentaram dificuldades de compreensão dos conteúdos, freqüentando regularmente as aulas.

Esses autores mostram que a não-detecção das contradições contidas nos textos de Ciências poderá significar um inadequado controle (por meio da avaliação) do nível da compreensão dos conteúdos. Para eles, quando a contradição é detectada, o comportamento subsequente do indivíduo, na fase de controle, será examinado com maior propriedade.

Outros fatores didático-pedagógicos que influenciam no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, segundo Pastrana (2007), são:

- a) A escassa implantação do Construtivismo como marco teórico mais relevante durante o ensino dos conteúdos das Ciências;
- b) O desconhecimento sobre os avanços na investigação didática e suas aplicações na realidade;
- c) A dificuldade para contextualizar o conhecimento científico, a partir dos feitos da realidade social e econômica, fundamentados em aplicações científicas e/ou tecnológicas e no processo de avaliação;
- d) O fato dos conteúdos de Biologia ser abordados de uma maneira cada vez mais generalizada nas aulas, tornando o clima de aprendizagem desfavorável e promovendo as limitações para a organização de atividades práticas e procedimentais;

e) A pouca importância frente às idéias prévias e às idéias alternativas do aluno.

A falta de priorização do ensino contextualizado dos conteúdos de Biologia, também citada como uma das causas do surgimento das dificuldades de aprendizagem tem sido o foco das reflexões desenvolvidas por diversos autores, dentre os quais: Braga (1987); Scharmann; Harris (1992); Bizzo (1997); Núñez, Pacheco (1997); Brasil (1999, 2001); Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002); Galagovsky, Muñoz (2002); Hurtado e García (2003); Xavier e Kerr (2004); SILVA (2004); Krasilchik (2005); Dias e Núñez (2004); Dias e Núñez (2006); Figini e De Micheli (2005); Marandino *et al.* (2005); Diniz, Tomazello (2005); De Pro Bueno (2006); Godoy (2006); Camargo, Infante-Malachias, Amabis (2007) e Pastrana (2007), cujas discussões também serão contempladas ao longo deste capítulo.

Destas discussões, emerge a constatação de que o erro cometido pelo estudante nas provas contribui para identificarem-se as dificuldades na aprendizagem. Nesse contexto, o professor é visto como uma peça-chave no diagnóstico dos erros como forma e expressam das dificuldades. Portanto, o instrumento de avaliação pode ser vista como uma importante ferramenta da qual o professor deverá dispor para identificá-las, se tornando um adjuvante na sinalização das deficiências imediatas na aprendizagem do aluno, também servindo para analisar possíveis falhas ocorridas durante o ensino dos conteúdos em aula.

Jiménez Aleixandre (2003, p. 122) foi enfática ao destacar a importância da figura do professor no momento de identificar essas dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, por meio do processo de avaliação, no sentido de:

[...] conhecer as respostas, inclusive contraditórias, que têm sido dadas às questões que norteiam os conceitos básicos em biologia e os obstáculos que esses devem superar para que sejam construídos determinados conceitos e teorias.

Essa autora listou alguns questionamentos que deverão ser respondidos pelos conteúdos dessa disciplina e pensados no momento que antecede o seu ensino – ainda durante a etapa do planejamento devendo, inclusive; ser priorizados

durante a avaliação, com o objetivo de minimizar o surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, conforme o Quadro 3.

➤ O que é a vida? Ou mais precisamente, em que se diferencia o vivo do inanimado? ➤ Qual é a origem da vida? Para responder à questão: como apareceu o primeiro ser vivo? ➤ Qual é a origem das espécies? Para responder sobre: como se tem originado a diversidade biológica? Em outras palavras: por que dos ovos de perdizes saem perdizes e porque um gato não é idêntico a nenhum outro? ➤ Como se dá o desenvolvimento? Ou seja: que mecanismos são responsáveis por transformar, em umas semanas, um ovo em um político? ➤ Que relações os seres vivos têm entre si e com o seu meio? Por exemplo: que

QUADRO 3 Questionamentos que deverão ser respondidos na disciplina de Biologia. (JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2003, p. 122).

Durante o planejamento do ensino, essas questões não deverão ser vistas de forma desvinculada dos objetivos que os conteúdos se propõem a cumprir na formação escolar do estudante, como também não deverão figurar como exclusivas, devendo antes coexistir com outras. Para Jiménez Aleixandre (2003), a priorização desses conteúdos, em aula e no momento da avaliação, objetiva reduzir a influência dos fatores que podem vir a constituir obstáculos à aprendizagem dos conteúdos que geralmente são contemplados na disciplina em foco.

Nesse contexto, o processo de avaliação surge como um importante critério, a ser considerado como um meio de diagnosticar o erro e promover as mudanças necessárias na forma de ver e transformar o ensino dos conhecimentos biológicos, no sentido de contemplar os pressupostos da perspectiva atual de educação em Ciências Naturais para a escolaridade básica, que se encontram nos PCNEMs (BRASIL, 2001), conforme discutido no capítulo anterior.

Torna-se importante esclarecer que as discussões sobre as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos, que guardam relação com as questões didático-pedagógicas do ensino de Biologia, não se limitam ao referencial adotado neste tópico, como também não se esgotaram nas discussões desenvolvidas até este ponto; embora satisfaçam às necessidades de teorização e reflexões sobre o assunto para esta etapa de desenvolvimento da Tese.

Nesta, a identificação do tipo de erro, expresso no momento da escolha da alternativa incorreta na prova de Biologia do Vestibular da UFRN, servirá para correlacionar as dificuldades que se apresentam na aprendizagem dos conteúdos biológicos com a influência exercida pelas concepções alternativas que o estudante constrói sobre os conteúdos de Biologia.

A dificuldade na aprendizagem desses conteúdos será entendida tanto como reflexo dos conhecimentos prévios mal organizados, resultantes da falta de compreensão/aprendizagem dos conteúdos conceituais estruturadores do conteúdo de Biologia, quanto da expressão das concepções errôneas sobre os conteúdos biológicos.

As pesquisas mais relevantes com os seus autores, tomados como referencial nas discussões desenvolvidas neste capítulo, encontram-se resumidas no Quadro 4.

AUTOR (ES) / ANO DE REFERÊNCIA	FOCO DAS DISCUSSÕES
Ayuso e Banet (2002)	Discutem as dificuldades na aprendizagem inerentes ao ensino da Genética e as alternativas didático-pedagógicas necessárias ao ensino desse conteúdo durante o Ensino Médio.
Hurtado e García (2003)	Enfocam a relação entre o surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos da área de Histologia e a forma como esses são abordados nos livros didáticos.
Jiménez Aleixandre (2003)	Destacam a relevância no entendimento das dificuldades que os estudantes apresentam para aprender os conteúdos de Biologia; desenvolvem reflexões sobre as questões didáticas implícitas em seu ensino.
Figini e De Micheli (2005)	Analizam as atividades presentes em livros de Biologia, com o objetivo de identificar fragilidades nas questões que abordam os temas de Genética e Herança.
Marandino, Selles, Ferreira e Amorim (2005)	Abordam as necessidades formativas dos professores de Biologia e as questões didáticas implícitas no ensino dos seus conteúdos, ressaltando a importância de traçar relações entre esses elementos e o ensino dos conteúdos dessa disciplina.
Pedrancini, Corazza-Nunes, Galuch e Nunes, (2004)	Identificam as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia que enfocam as temáticas que abrangem CTS, entre os estudantes do Ensino Superior e do Ensino Médio.
Pedrancini, Corazza-Nunes, Galuch, (2005)	Enfatizam as questões didáticas particulares ao ensino dos conteúdos de Biologia e sua importância no desenvolvimento da prática pedagógica durante a formação dos professores para ensinar nessa área do conhecimento escolar.
Silva (2005)	Faz uma análise sistemática dos problemas apresentados na abordagem do conteúdo - classificação dos seres vivos nos livros-texto de Biologia.
Sánchez, Escudero e Massa (2006)	Fizeram uma análise sistemática dos problemas apresentados em livros-texto de Biologia, a fim de prover um critério para a análise e a seleção de materiais para ensino dessa disciplina.
Camargo, Infantemalaquias, Amabis (2007)	Pesquisaram sobre as dificuldades implícitas no ensino e aprendizagem que os professores têm sobre os conteúdos da Biologia Molecular relacionando com o seu nível de alfabetização tecnológica.

QUADRO 4 Resumo das principais pesquisas referenciadas neste capítulo.

No próximo subtópico deste capítulo, serão discutidas as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia que guardam relação com as concepções alternativas construídas preliminarmente, tanto pelos estudantes quanto pelos professores.

2.2.2 O Movimento das Concepções Alternativas (MCA) e as Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos Científicos

No sentido etimológico, a palavra *concepção* refere-se a um conjunto de idéias ordenadas e imagens coerentes que têm poder explicativo e preditivo, sendo construídas e utilizadas pelas pessoas para raciocinar face às situações-problema. (DE LA TAILLE 1977).

Para caracterizar as concepções que os aprendizes possuem e que são, na maioria das vezes, diferentes daquelas consideradas como corretas pela Ciência, Oliveira (2002) reúne as diferentes denominações para este termo, dentre as quais: *pré-concepções, idéias intuitivas, idéias prévias, pré-conceitos, erros conceituais, conceitos alternativos, conhecimentos prévios*, e por fim, *concepções alternativas*.

A partir da perspectiva da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1982), as concepções alternativas que o estudante constrói previamente sobre os conteúdos são menos estruturadas que os conceitos científicos, pois representam uma explicação pessoal de um conhecimento aceito pela Comunidade Científica. Ao comparar as concepções alternativas com o conhecimento científico, o referido autor utiliza os aspectos que se encontram no Quadro 5.

Concepção Alternativa	Conhecimento Científico
É figurativa.	É operativo.
Pertence aos fenômenos cotidianos.	Pertence aos fenômenos e teorias fundamentadas pela Comunidade Científica.
É formada por idéias abstratas.	É formada por idéias lógicas.
Relaciona a causa com a consequência.	Relaciona-se ao que desencadeou a situação.
Liga-se às explicações egocêntricas.	

QUADRO 5 Elementos que diferenciam a Concepção Alternativa do Conhecimento Científico, segundo Ausubel (1982).

As pesquisas sobre as Concepções Alternativas, desenvolvidas em meados da década de setenta do século passado, surgiram como uma crítica aos estudos realizados por Piaget (1977), tendo como foco o estudo das idéias dos estudantes em relação aos diversos conceitos científicos aprendidos na escola.

Paralelamente aos estudos de Ausubel, surge na área de Educação em Ciências, primeiro nos EUA e mais tarde no Brasil, um novo Programa de Pesquisa denominado “Movimento das Concepções Alternativas” (MCA). (LAWSON, THOMSON, 1988; DRIVER, 1989; CAMPANARIO, OTERO, 2000; MELILÁN, CAÑAL, VEJA, 2007; OLIVEIRA, 2007; PESA, CUDMANI, 2007; POSNER, STRIKE HEWSON, GERTZOG, 2007 e SILVA, 2007).

O período favoreceu o desenvolvimento das discussões acerca da importância do conhecimento que o professor deveria ter sobre as concepções prévias, posteriormente denominadas de “concepções espontâneas”, que os estudantes trazem para a sala de aula, antes de iniciar a sua tarefa como mediador do processo de ensino-aprendizagem.

Esse tipo de discussão enquadra-se nos pressupostos da perspectiva construtivista do conhecimento, tendo como fundamento teórico e metodológico os trabalhos realizados por Piaget (1977), sobre o pensamento causal das crianças, e a obra de Ausubel (1982), sobre a aprendizagem significativa. O MCA tem suporte teórico nas concepções filosóficas e psicológicas de diversos autores, dentre os quais se destacam Piaget, Ausubel, Bachelard e Kelly.

Esse Movimento procurava evidenciar a importância dos conhecimentos prévios dos estudantes na aprendizagem de novos conceitos, revelando que as concepções espontâneas dos estudantes são fortemente influenciadas pelo contexto social e cultural no qual estão inseridos e permanecem resistentes a mudanças, mesmo após o processo de ensino-aprendizagem.

As contribuições advindas do MCA podem ser observadas a partir das constatações de Osborne e Wittrock (1983), quando sustentam a existência de toda uma dinâmica de interação entre os conhecimentos escolares e as idéias que os estudantes constroem sobre alguns desses conhecimentos, ao longo das suas experiências cotidianas.

Villani, Pacca e Freitas (2002) enfatizam que o MCA exerceu uma influência significativa na tentativa de resgate do trabalho do professor, sobretudo o de Ciências, uma vez que ele teria como tarefa de maior prioridade, investigar os conhecimentos prévios dos estudantes, para organizar estratégias de ensino capazes de se constituírem como ponte entre a estrutura cognitiva prévia do estudante e o conhecimento a ser aprendido.

Os trabalhos realizados pelos autores vinculados ao MCA também têm fornecido surpreendentes conclusões acerca da origem e das características das concepções alternativas e sobre a importante participação destas no surgimento das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos escolares.

Quanto às características e origem das concepções alternativas, é imprescindível citar as constatações de Mortimer (1996, p. 5), ao considerar que:

- Os estudantes, com base em suas experiências de vida constroem, por si mesmos, várias teorias acerca das coisas da Natureza, que explicam os fenômenos naturais com coerência, do ponto de vista pessoal, embora incoerentemente, do ponto de vista científico;
- As teorias que os estudantes trazem consigo podem divergir, quase que totalmente, dos conhecimentos da Ciência Contemporânea;
- As teorias não-científicas dos estudantes podem ser muito resistentes a mudanças, pois são consideradas mais plausíveis do que as teorias científicas;
- As teorias dos estudantes, que divergem do saber científico, podem funcionar como importantes obstáculos à aprendizagem;
- O ensino escolar, em diferentes Países do Mundo, tem sido ineficaz em fazer com que os estudantes construam conceitos cientificamente aceitáveis, podendo estimular o surgimento de idéias imprevistas e indesejáveis, como as concepções alternativas.

Giordan e De Vecchi⁴ (1996, p. 95) consideram que a *concepção*, a qual também classifica *construto*, “[...] não é o produto, mas sim o processo de uma atividade de construção mental do real.” Esses autores concebem que essa construção se efetua a partir das informações que o “aprendente” não recebe, por intermédio de seus sentidos, das relações que mantém com os outros indivíduos ou grupos de indivíduos e durante a sua história, as quais permanecem gravadas em sua memória. Para tais autores, a atividade de construção mental do real efetua-se

⁴ Conforme esses autores, a realidade é a fonte da qual o sujeito concebe o real. Ela é abordada, recortada, decodificada e explorada em função das questões, do quadro de referência e das operações mentais do aprendiz; o que lhe permite constituir uma grade de leitura aplicável ao seu ambiente. (GIORDAN; DE VECCHI, 1996, p. 96).

de acordo com as modalidades psicológicas e socialmente determinadas e interdependentes.

Os estudos desenvolvidos por Pozo e Gómez Crespo (1998, p. 46) também apontam algumas das características mais marcantes das concepções alternativas, as quais denominam de “representações”, ao afirmarem que estas:

- São construções pessoais dos estudantes, elaboradas de forma espontânea na sua interação cotidiana com o mundo que os cerca;
- São incoerentes do ponto de vista científico, embora não tenham por que sê-lo, do ponto vista do estudante;
- São concepções que costumam ter bastante poder de predição em relação aos fenômenos cotidianos;
- São, geralmente, estáveis e resistentes a mudança, pois persistem apesar da instrução científica;
- Têm caráter implícito, diante do caráter explícito das idéias científicas, uma vez que muitos estudantes têm grandes dificuldades para expressar e descrever suas idéias, não tendo nem mesmo consciência da existência destas;
- Procuram mais a utilidade do que a verdade, como supostamente fariam as teorias científicas;
- São conhecimentos específicos que se referem à realidade próxima e concreta, à qual o estudante não sabe aplicar as leis gerais explicadas nas aulas.

Seguindo esse raciocínio, Serrano (1987) enfatiza que, embora a aprendizagem possa ser influenciada por elementos externos ao domínio cognitivo do indivíduo, não se impõe a este, pelo fato de vir determinada pelas interações que se dão na memória entre o conteúdo que o estudante possui e as novas contribuições que chegam até ela.

Pozo e Gómez Crespo (1998) destacam três origens para as concepções alternativas, reordenadas por Barrabín (2007), ao introduzir a origem analógica. São elas:

- A origem sensorial⁵ (Concepção Espontânea) – que está relacionada aos significados que são dados às atividades cotidianas a partir da percepção de fenômenos, processos e observações realizadas ao longo da vida cotidiana.
- A origem social (Concepção Induzida) – que surge por influência do entorno social e cultural imediato do estudante. Considerando-se que o meio escolar não é o único caminho de transmissão cultural, essa concepção é gerada por influência do meio social e cultural do indivíduo, em que a família, a escola e os meios de comunicação, ou seja, toda a realidade social em seu entorno, têm responsabilidade na sua construção.
- A origem escolar – relacionada às situações de ensino formal, que influenciam as aprendizagens posteriores. Ressaltaram que, quando certos conceitos são abordados de modo simplificado ou distorcido, estes costumam levar a uma compreensão errada/deformada por parte dos estudantes.
- A origem analógica – que se reporta às analogias que os estudantes ou os professores utilizam para ajudar a compreender e interpretar a nova situação, a partir de idéias ou esquemas de conhecimento preexistentes.

Ainda quanto à origem das concepções alternativas, Hurtado e García (2003) alertam para o fato de que “[...] o ensino das ciências biológicas apresenta uma série de problemas que guardam relação com conceitos, nomenclaturas e classificações, que, às vezes, confundem, induzem ou reforçam a construção de concepções errôneas” (p.2).

Giordan e De Vecchi (1996, p.139) chamam a atenção para a ação docente que visa à superação desse quadro, quando afirmam que:

Se as representações iniciais forem apenas rejeitadas o sujeito adquirirá somente a ilusão de saber, um saber puramente artificial, uma logomarca e/ou a possibilidade de aplicar receitas estereotipadas e as velhas concepções ressurgirão na primeira oportunidade um tanto incomum.

⁵ Luís (2004) as classificou “concepções ingênuas”, uma vez que estas são resultantes das experiências dos sentidos.

Deste modo, as contribuições advindas de uma prática docente que visa à aprendizagem dos conceitos científicos se iniciam com o reconhecimento das dificuldades que se inserem na apropriação do saber científico, no sentido de proporcionar uma maior interação com os conhecimentos previamente construídos pelos estudantes, o que poderá favorecer a aquisição dos novos conhecimentos.

Duarte (1999) e Luís (2004) consideram que, como as concepções alternativas afastam-se claramente do conhecimento científico, a criação de termos que substituam ou facilitem a sua utilização no dia-a-dia pode contribuir para o desenvolvimento e/ou o reforço dessas concepções, as quais os autores denominam de “induzidas”.

Dentre os fatores que foram concebidos como fonte de origem da construção das concepções alternativas pelos estudantes, destaca-se a linguagem, pois existe uma descontinuidade e interferência entre a linguagem cotidiana e a linguagem científica apresentada ao estudante.

Segundo Bachelard (1996), para que ocorra aprendizagem, é necessário que o professor esteja ciente de que o estudante pode não entender as suas explicações ou a linguagem do livro didático, um aspecto que denominou de ‘perfil epistemológico’.

Esse tipo de perfil, segundo Bachelard (1996), envolve as diferentes formas de se conceber e representar uma mesma realidade, em que a visão de cada conceito difere de um indivíduo para outro, sendo fortemente influenciado pelas diferentes experiências e raízes culturais de cada pessoa. Sendo assim, tal formação apresenta uma hierarquia de sua gênese, constituída de estágios distintos, que se iniciam pelo senso comum (realismo), passando por um empirismo claro e positivista (empirismo), até chegar a um pensamento mais rebuscado e racional (racionalismo dialético).

Luís (2004) complementou esse pensamento ao acrescentar que as concepções construídas no contexto escolar também reproduzem, em muitos casos, os erros conceituais presentes nos manuais escolares e nas explicações dadas sobre os fenômenos, como também na forma como o conhecimento científico foi apresentado inicialmente ao indivíduo.

Pozo e Gómez Crespo (1998) enfatizam que, quando o saber científico é apresentado aos estudantes como algo diferente dos outros saberes, faz com que eles, os estudantes, tendam a assimilar os conhecimentos escolares de forma

analógica, havendo uma incompreensão do discurso científico e uma “mistura” deste com o conhecimento sensorial e social.

As pesquisas desenvolvidas por vários autores sinalizam para a importância de se levar em consideração a participação da diversidade cultural e social dos estudantes na construção dessas concepções, sendo, todavia, constatável que muitas destas são idênticas, apresentando características e traços comuns entre estudantes de diferentes meios, idades, sexos, inclusive provenientes de diferentes culturas. (FURIÓ, 1996).

Moura e Moretti (2000, p. 68) descrevem que “[...] o meio social constitui o manancial no qual se baseia o desenvolvimento conceitual das crianças.” O fato das idéias alternativas dos estudantes serem coerentes com o seu meio social, as suas necessidades e a maneira deles explicarem os acontecimentos ao seu redor parecem ser justamente a razão maior pela qual tais idéias dificilmente são abandonadas.

Núñez e Banet (1996) chamaram a atenção para o risco de se planejar o ensino sem levar em conta o quanto os conhecimentos prévios dos estudantes podem contribuir para a formação e/ou reforçar as concepções alternativas. Aliás, um dos fatos apresentados por Núñez e Banet, que contribui para a ocorrência das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos escolares, decorre dos novos conhecimentos não se enquadrarem na estrutura conceitual do estudante.

Neste caso, Luís (2004) destacou que ou prevalecem as teorias pessoais, que apenas sofrem pequenas reestruturações, ou os estudantes estabelecem ligações não apropriadas aos seus conhecimentos anteriores, construindo significados que não são os pretendidos.

De acordo com Mortimer (1994), as dificuldades de aprendizagem também podem ocorrer quando o estudante acredita que um dado assunto é um conhecimento de difícil aprendizagem, o que o levará a buscar formas de simplificá-lo, gerando as concepções alternativas. O mesmo também se aplica ao professor (ARNAY, 1998) que, ao buscar simplificar o conceito, no sentido de torná-lo mais acessível, elabora idéias alternativas sobre o assunto, as quais poderão ser transferidas ao estudante.

Pesquisadores como Bastos (1998) e Cachapuz (2000) relacionam o surgimento das concepções alternativas à expressão da subjetividade, ou seja, a interpretação pessoal de cada indivíduo, justificando que tudo depende de como o

aprendiz interpreta uma frase dita pelo professor ou de como ele compreende o que está escrito em um livro.

Mortimer (1994), adaptando a proposta do ‘perfil epistemológico’ de Bachelard (1978), propõe a noção de ‘perfil conceitual’, o qual descreve a evolução dos conceitos na escola. Esse tipo de perfil apresenta algumas características em comum ao primeiro tipo de perfil (o epistemológico), pois compartilha a idéia de que um único conceito pode estar disperso entre vários tipos de pensamento filosófico.

A possibilidade do estudante saber conviver com as duas concepções – a científica e a alternativa - vem sendo defendida por vários pesquisadores, como Driver (1989) e Mortimer (1994). Estes acreditam que, se o estudante tiver a consciência de que possui idéias prévias sobre determinados conhecimentos, as quais não são realmente científicas, e, se após esse momento de tomada de consciência ele tiver contato com as idéias científicas, saberá quando utilizá-las.

Segundo Mortimer (1994), esses aspectos determinam o conhecimento individual, acrescentando que este pode apresentar um caráter supra-individual. Este aspecto acentua a relevância da vivência de situações em que o sujeito toma consciência do seu próprio perfil conceitual. Se isso não acontecer, o estudante poderá generalizar seu conceito anterior, que, por lhe ser mais familiar, é usado com mais segurança.

Ao mesmo tempo, muda-se a expectativa em relação ao destino dessas idéias, uma vez que se reconhece que elas podem permanecer e conviver com as idéias científicas, aplicado a um contexto apropriado. Portanto, a partir da noção de “perfil conceitual”, identificamos várias conseqüências para o estabelecimento de estratégias de ensino e para a análise do processo de evolução conceitual em sala de aula, conforme concebe Mortimer (1996).

Giordan e De Vecchi (1996) complementam que nem sempre é possível “desmontar” as idéias alternativas dos estudantes, pois a familiaridade com elas faz com que estes resistam a qualquer prova de mudança, mesmo quando parece evidente a incoerência dessas idéias alternativas. Para esses autores, o melhor é apoiar-se nas concepções prévias dos estudantes para superar os obstáculos durante a aprendizagem escolar.

Arnay (1998) comenta que há várias evidências empíricas de que o conhecimento cotidiano é um obstáculo sério para a aquisição de outros conceitos mais elaborados, pelo fato de resistir à mudança. Nesse sentido, as concepções que

o estudante constrói e tende a conservar são aquelas consideradas mais inteligíveis, plausíveis e proveitosas. A tarefa do professor é, então, fazer com que o estudante passe a ver as concepções científicas da mesma maneira, a ponto de vir a constatar que estas sobrepujam as concepções alternativas.

Para que ocorra essa transformação, no entanto, o professor precisará criar situações em que o estudante perceba a insuficiência de suas concepções prévias, isto é, precisará criar situações que levem a isto. Como forma de conseguir tal 'metamorfose conceitual', Bastos (1998, p. 9) pontua algumas questões que deverão compor o fazer pedagógico do professor:

- Criar argumentos convincentes que contradigam as idéias não científicas dos estudantes;
- Descobrir situações reais (acessíveis a todos os estudantes), nas quais as teorias destes não sejam aplicáveis;
- Identificar, entre as idéias prévias dos estudantes, pontos de partida consistentes para a construção das idéias cientificamente corretas;
- Propor currículos em que os argumentos e situações reais mencionados acima sejam utilizados consistentemente, no sentido de favorecer a mudança conceitual nos estudantes.

Pozo (1998) acrescenta que um dos fatores que precisa ser levado em conta para se atingir a aprendizagem escolar, valendo-se dos conhecimentos prévios dos estudantes, é promover, em primeiro lugar, uma tomada de consciência, da parte do professor, em relação às idéias que o estudante tem sobre os conteúdos, já que só assim poderão buscar modificá-las. Ressalta que uma das formas de ajudar os estudantes a modificar suas idéias prévias é apresentar o conhecimento escolar em situações e contextos próximos à sua vida cotidiana, de maneira que o conhecimento científico se mostre útil para explicar as situações e fenômenos reais da vida.

Seguindo essa linha de pensamento, Cachapuz (2000) comenta que as concepções alternativas não devem ser encaradas como momentâneas ou como resultado imediato de um contexto atual, mas como idéias que podem permear, por muito tempo, a maneira como o aprendiz vê e explica muitos fenômenos do Mundo.

Cabe ressaltar a importância da aceitação das contribuições advindas desse tipo de concepção, como uma variável relevante na verificação das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, uma vez que são concepções que podem, inclusive, se apresentar como co-responsáveis pelo surgimento dessas dificuldades ou constituir obstáculos na aprendizagem dos conteúdos escolares.

Reconhecer a importância dessas representações e a forma como elas influenciam no processo de ensino-aprendizagem pode auxiliar na compreensão de muitas das dificuldades enfrentadas pelos estudantes diante de determinados conceitos científicos, como no caso dos conteúdos de Biologia, conforme será discutido no subtópico a seguir.

2.2.3 As Concepções Alternativas e as Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos de Biologia

A partir das disposições iniciais sobre o MCA e sobre a influência das concepções alternativas no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos do currículo escolar, torna-se importante entender as conotações que o termo “concepções alternativas” vem tomando ao longo da história da Didática das Ciências Naturais e como estas podem influenciar no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia.

Os resultados dos trabalhos desenvolvidos nessa área têm fornecido importantes contribuições no reconhecimento da participação das concepções alternativas como causas das explicações errôneas fornecidas pelo estudante sobre os conceitos biológicos.

Dentre os autores que se voltam para esta questão, destacam-se: Cubero Pérez, 1986; Serrano, 1987; Jiménez Aleixandre, 1987; Giordan, 1987; Díaz González, Albuín Figueras, 1998; Caballer, Giménez, 1993; Núñez, Banet, 1993; Díaz, Jiménez, 1993; Mondelo Alonso, García Barros, Martínez Losada, 1994; Rodríguez Palmero, 1999; Duarte, 1999; Jiménez Aleixandre, 2003; Santos, 2003; Luís, 2004 e Pedrancini *et al.*, 2005 e Dias, 2006, além de outros que serão apresentados ao longo das discussões contidas neste subtópico.

Ao utilizar o termo ‘concepção alternativa’, Pozo e Gómez Crespo (1998) o fazem para dar vazão a uma tipologia de concepção⁶ que não é aceita pela Comunidade Científica, mas que tem o poder explicativo e preditivo para o indivíduo que a possui, fazendo sentido que seja útil identificá-la durante a construção do conhecimento científico.

Um aspecto importante, dentre os que são destacados por esses autores e se insere nas prerrogativas implícitas no surgimento das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Biologia, é o fato de haver, durante o ensino de seus conteúdos, o risco de os estudantes desenvolverem os conceitos de forma incompleta ou errônea.

Sendo assim, ao conceber a influência das concepções alternativas na origem das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, Cachapuz (2000), acrescenta que a adequação das estratégias de ensino às idéias prévias dos estudantes é uma posição que enriquece o trabalho do professor e contribui para que, em fases posteriores, ocorra a apropriação de conhecimentos significativos para a vida dos estudantes.

Santos (2003, p. 5), por sua vez, concebe as concepções alternativas como “[...] construções internas de caráter provisório, porém necessárias, ao processo de construção do conhecimento, e não como simples peças de desinformação.” Para esse autor, tais tipos de concepções são mais do que explicações para uma grande variedade de fenômenos e situações sobre os conteúdos que compõem os currículos escolares.

Nesta linha de raciocínio, Luís (2004) destaca que as concepções (idéias) prévias derivam de uma ‘arquitetura conceitual preexistente’, constituindo um importante ponto de partida para a aprendizagem formal e, inclusive, influenciando fortemente na aquisição de novos conhecimentos.

Tal tipo de concepção se apresenta como uma construção pessoal sobre os fatos, que o indivíduo presencia, chegando mesmo a captar o sentido das relações dos elementos que o integra, o que termina por levá-lo a ter uma participação nos fenômenos do cotidiano. Tal postura reflete o anseio natural que visa dar sentido ao mundo físico e social que o rodeia.

⁶ Essas concepções constituem um estado progressivo de aprendizagem que vai culminar em conhecimentos que irão influenciar as novas aprendizagens. (POZO, GÓMEZ, 1998).

Complementando essa idéia, Luís (2004) é incisiva ao afirmar que as concepções alternativas (crenças) são muito resistentes às mudanças e interferem ativamente em todo o processo de ensino-aprendizagem do estudante.

A autora ressalta que tal resistência pode se expressar quando os estudantes chegam à aula com os conhecimentos e preferências sobre os assuntos que serão alvos de aprendizagem. Muitas das dificuldades na aprendizagem de conceitos científicos, conforme ressalta Luís (2004, p. 31), podem estar relacionadas com as idéias que os estudantes construíram prévia e erroneamente sobre os fenômenos biológicos e que: “[...] é importante conhecer e compreender melhor os fatores que contribuem para a formação das concepções alternativas dos estudantes para que estas possam ser remediadas com sucesso.”

Moreno e Moreno (1989) emitem opinião a esse respeito, ao ressaltarem a relação entre as idéias que os estudantes constroem em etapas anteriores à educação formal e os erros de conceituação que têm cometido quando é realizada a avaliação da aprendizagem de conceitos em qualquer área das Ciências.

A evidência desses aspectos deixa transparecer que as intenções, os objetivos e as conclusões do professor não são transferidos e nem integrados de forma automática à estrutura cognitiva do estudante, uma vez que o estudante atribui sentido e significado próprios aos conceitos que lhe são apresentados.

A partir desse ponto, o erro cometido pelo estudante durante a avaliação, à luz das concepções alternativas, dos pressupostos sócio-construtivistas e da função didática que a avaliação deverá cumprir no ambiente escolar passa a ser interpretado como um importante fator de avaliação do progresso do conhecimento científico que ele atinge.

Nesta pesquisa, será adotada a perspectiva de “concepção alternativa”, descrita por Pozo (1998) como uma noção individual do significado de um conceito, a qual, em alguns aspectos, é contrária ou inconsistente com o conceito científico.

Assumiu-se que as concepções alternativas são diferentes das concepções científicas, porque são construções do sujeito com a finalidade de explicar os fenômenos naturais e suas implicações. Mesmo no período que antecede a escola, convém ressaltar, o estudante pensa a respeito de fenômenos que acontecem ao seu redor, tais como: a sua religião, suas concepções de homem, natureza e mundo, pautando, nesse emaranhado de informações, a formulação de seus conceitos e a

interpretação do conhecimento escolar, fazendo, inclusive, associações entre o que ele já sabia e o que a escola ensina.

As pesquisas sobre a influência das concepções alternativas no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos das Ciências Naturais têm possibilitado identificar a utilização incorreta dos conhecimentos biológicos, um fato que pode ser observado a partir das pesquisas que diversos autores têm desenvolvido nos últimos vinte anos, conforme será apresentado a seguir:

a) As concepções Alternativas e os Conteúdos sobre a Célula

Os conteúdos sobre a célula envolvem um caráter de conhecimento estruturante para a compreensão dos temas que tratam sobre todos os conteúdos que compõem o conhecimento biológico, pelo entendimento de que a Biologia é o estudo da vida sob todas as formas de manifestação. Como se sabe, os organismos dotados de vida dependem indubitavelmente dos processos fisiológicos realizados pelas células. (RODRÍGUEZ PALMERO, 2001).

Díaz González e Abuín Figueras (1988) mostram, como resultados de uma pesquisa sobre osmose, que ocorre erro de interpretação do vocabulário científico, por parte da grande maioria dos estudantes participantes dessa pesquisa. Para esses estudantes, o código de representação de “solúvel” não coincidiu com o utilizado nos livros, tampouco com o utilizado pelos docentes. Os estudantes também correlacionam o termo “concentração salina” com sal não dissolvido, o que denota que o descompasso no código de representação de “solúvel” constitui uma barreira para interpretar adequadamente o fenômeno de osmose.

Caballer e Giménez (1993), ao desenvolverem pesquisa sobre a compreensão que os estudantes têm sobre a célula e o seu funcionamento, mostram a existência das concepções alternativas dos estudantes por meio da representação mental que estes têm acerca da imagem unidimensional (achatada) da célula, conforme é apresentado nos esquemas de aula e nos livros didáticos.

Nessa pesquisa, os estudantes reconhecem que os seres vivos são constituídos por células, porém demonstram contradições, ao associarem a estrutura celular mais aos animais que aos vegetais. Para esses estudantes, a estrutura celular passa a ser limitada quando se aplica às situações concretas, uma vez que, apesar de considerarem a presença de uma estrutura celular nos seres vivos, não a

relacionam com as suas funções fisiológicas, pois, ao que parece, não têm clara a relação estrutura/função das células.

Esses estudantes desconhecem os processos biológicos ao nível bioquímico e não correlacionam a distribuição de oxigênio com a composição celular dos seres vivos (nem com as necessidades de cada célula). Acreditaram que o crescimento das plantas não tem relação com a estrutura das células nem com a multiplicação celular; mostrando que o nível de compreensão e de aceitação da célula como unidade funcional é muito baixo e que desconhecem a Teoria Celular.

Caballer e Giménez (1993) demonstram, por meio de uma pesquisa sobre a compreensão que os estudantes têm sobre a célula, que estes não têm uma representação mental clara sobre tal matéria e não se referem à existência das estruturas citoplasmáticas, com exceção do núcleo.

Metade dos estudantes participantes dessa pesquisa conferiu, por exemplo, tridimensionalidade à célula, embora tenham lhe atribuído funções na perspectiva macroscópica. Apesar de demonstrar entender a célula como unidade de vida utilizou esse conhecimento com contradições, atribuindo-lhe funções ou condutas de organismos superiores. Os estudantes demonstraram não compreender por que e para quê ocorrem essas funções. Para eles, a respiração não é uma função celular, corroborando o desconhecimento sobre os processos físico-químicos que ocorrem a esse nível.

O obstáculo epistemológico presente nesses resultados, segundo Caballer e Giménez (1993), reside na impossibilidade de os estudantes representarem mentalmente uma célula respirando ou ingerindo alimento, uma vez que associaram as funções fisiológicas das células à função desempenhada pelos órgãos e sistemas, em nível orgânico.

Núñez e Banet (1996), ao relatarem os resultados de uma pesquisa sobre a relação entre os processos implicados na nutrição humana e o metabolismo celular, identificam que poucos estudantes demonstraram entender como se dá o transporte de substâncias nutritivas até à célula. Apenas um quarto dos participantes da pesquisa atribuiu o transporte de oxigênio a uma das funções desempenhadas pelas células. Para esses autores, a simplificação dos conceitos e dos processos metabólicos celulares, durante a aula, pode gerar idéias e concepções errôneas sobre a célula.

Mondelo Alonso, García Barros e Martínez Losada (1994) apresentam as concepções dos estudantes sobre a célula e os seres vivos, ao mostrarem, como resultado de suas pesquisas, que os participantes acreditam que a matéria-viva não está constituída por átomos. Os estudantes, mesmo reconhecendo a célula como a menor unidade da matéria-viva, acreditaram que esta aparece em maior proporção nos animais que nos vegetais, pois para eles estes são menos vivos que aqueles.

Esses estudantes demonstraram dificuldades para compreender a presença dos mesmos elementos químicos em ambos os tipos de matéria, demonstrando uma visão microscópica diferenciada para a matéria viva e a matéria inerte. Eles admitiram de forma menos freqüente a existência de átomos em animais que em vegetais e não conceberam a constituição atômica da matéria-viva, também apresentando dificuldades para aceitar a existência do mundo microscópico.

As causas atribuídas a esses resultados, conforme os autores, decorre do fato de que a compreensão dos processos biológicos requer conceitos químicos ou, de outro modo, não se produz o salto da visão macroscópica (organismo) para a visão microscópica (célula), na qual ocorrem as reações químicas e vice-versa, que constitui um obstáculo epistemológico.

Algumas pesquisas realizadas sobre a influência das concepções alternativas no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia (CABALLER, GIMÉNEZ, 1993; BANET, AYUSO, 1995; BARRABÍN, SANCHEZ, 1996; GIORDAN, DE VECCHI, 1996; AYUSO, BANET, 1996; BANET, AYUSO, 1995, 1998, 2000a, 2000b; OSBORNE, WITROCK, 1996; OSBORNE, 1996; OSBORNE, 1997; ABRIL, MUELA, QUIJANO, 2002; EL HANI, 2005; EL HANI, BIZO, 2002), principalmente quanto aos conteúdos das áreas de Citologia e Genética, revelam que o ensino na escola está sendo pouco eficaz na promoção do desenvolvimento do pensamento conceitual dos estudantes. Neste caso, o saber científico ensinado, tende a ser rapidamente esquecido pelos estudantes.

Köse e Uşak (2006), visando identificar as concepções alternativas, as quais denominaram *emergentes*, sobre o tema “Fotossíntese e Respiração Vegetal”, mostram que, para os indivíduos pesquisados, apenas as plantas verdes podem realizar fotossíntese. Esse processo metabólico foi concebido como ‘um processo de troca de gás’, enquanto a respiração em plantas foi considerada como ‘um processo que ocorre unicamente à noite’.

Ao se buscar contrastar os dois processos (fotossíntese/respiração), a fotossíntese foi concebida como o inverso da respiração e alguns estudantes participantes da pesquisa destacaram que as plantas obtêm seus alimentos da água ou que o alimento da planta é água. Isso denota a existência de uma compreensão equivocada do processo de fotossíntese e uma falsa idéia sobre a respiração nos vegetais.

A explicação mais viável para a construção dessas concepções reside na incompreensão dos processos de respiração e de fotossíntese, que vem como consequência da exigência e da demanda cognitiva desses conteúdos. As razões atribuídas pelos autores para o surgimento desse tipo de problema de aprendizagem dizem respeito à influência exercida pelo conhecimento prévio e à diferença existente entre a linguagem científica, a linguagem cotidiana e a linguagem que se apresenta nos livros didáticos.

Mengascine (2006), ao analisar as diversas concepções alternativas construídas pelos estudantes sobre a estrutura das células, enfatiza que essas concepções também se configuraram quando os estudantes foram questionados sobre os componentes fundamentais de todas as células.

Identificou que, dentre os participantes da sua pesquisa, foi freqüente a menção ao núcleo e a omissão do citoplasma, o que revelou que as concepções alternativas se expressam em duplo sentido, qual seja: por um lado, deixando de considerar a existência de células sem núcleo definido (como as procarióticas) e, por outro, concebendo a existência de células “ocas”. A autora conclui que isso permite identificar que os enfoques descritivos, sozinhos, são insuficientes para dar conta de uma melhor compreensão sobre a entidade celular.

Dias (2006), ao desenvolver uma pesquisa sobre as representações que os estudantes de um Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas têm acerca dos conteúdos de Citologia, envolvendo a organização do citoplasma e a bioquímica celular constata uma grande dificuldade, por parte destes, em correlacionar as estruturas citoplasmáticas com as funções desempenhadas na célula, como também em identificar/diferenciar os componentes orgânicos e inorgânicos do citoplasma.

Dentre os estudantes participantes da pesquisa, os que conseguiram relacionar corretamente os componentes encontrados no citoplasma de uma célula eucariótica não souberam associar corretamente as suas funções na célula. Esses estudantes também não conseguiram classificar os componentes moleculares da

célula como orgânicos e inorgânicos, como consta nos livros didáticos nem identificar as suas funções em um sistema vivo. (FROTA-PESSOA, 2001; PAULINO, 2002; CÉSAR, SEZAR, 2002; LOPES, 2002; LINHARES, GEWANDSZNAJDER, 2004; AMABIS, MARTHO, 2004).

Esse tipo de dificuldade, segundo Dias (2006), tem várias origens, dentre as quais, a relação insuficiente entre átomo e célula, também presente nos livros escolares, a qual é mantida durante a abordagem dos conteúdos em aula, evidenciando a importância de se estabelecerem relações entre a Teoria Celular e a Teoria Atômico-Molecular da matéria.

b) As Concepções Alternativas e os Conteúdos sobre os Seres Vivos

As pesquisas que retratam as concepções alternativas que os estudantes constroem sobre os seres vivos têm como precursores Banet Hernández e Núñez Soler (1995), que se voltaram para as concepções dos estudantes sobre si mesmos como organismos e sobre o corpo humano como tal, descobrindo estes não tinham claro que o destino dos nutrientes eram as células de todos os órgãos do corpo. Os estudantes que participaram da pesquisa, também demonstraram não compreender a utilização dos nutrientes no nível celular, revelando ter pouco consolidada a produção de resíduos por parte da célula.

Díaz González *et. al.* (1996), em uma pesquisa sobre as concepções que os estudantes têm sobre as transformações dos alimentos por ação dos microorganismos e a relação entre a fermentação com os processos observados em casa, identificaram respostas antropocêntricas. Os participantes da pesquisa aceitaram que os alimentos servem de comida para os micróbios ou que são atacados por eles.

Os autores atribuem esse “achado” à baixa aplicação que se dá ao estudo desse fenômeno em aula, afirmando que seria preciso investigar sobre a utilização das analogias para favorecer a compreensão, quando os fenômenos estudados são pouco acessíveis para o estudante, no sentido de proporcionar uma maior acessibilidade.

Núñez e Banet (1996), quando analisam os modelos conceituais elaborados pelos estudantes sobre a nutrição, como forma de estudar as suas representações sobre esse conteúdo, deduzem a existência de um obstáculo epistemológico relativo

ao desconhecimento da estrutura e funcionamento da célula, centrado, principalmente, nos processos biológicos ao nível anatômico, por uma parte, e celular, por outra.

Esses resultados, segundo os autores, levam à conclusão de que o ensino dos conteúdos sobre a célula, habitualmente desenvolvido nas escolas, não contribui para que se produza a reestruturação das concepções iniciais dos estudantes sobre o tema, necessárias à aprendizagem de outros conteúdos que a ele se integram.

Núñez e Banet (1996) alertam para o fato de que se torna necessário considerar que os estudantes têm concepções sobre o corpo humano que se reestruturam em representações mentais construídas a partir de suas percepções pessoais, sendo, portanto, persistentes e difíceis de ser modificadas.

De Manuel Barrabín e Grau Sánchez (1996), ao analisarem as representações e dificuldades comuns na concepção do pensamento biológico, identificaram que os estudantes participantes da pesquisa recorrem a critérios relativos ao comportamento mais que aos critérios fisiológicos ou morfológico-estruturais, para explicar o conceito de ser vivo. Foi detectada, inclusive, uma aplicação incorreta da Teoria Celular para explicar o tamanho dos organismos, observando-se uma tendência de representação plana da célula, proveniente da imagem originada pelos esquemas e desenhos dos livros didáticos.

Os participantes dessa pesquisa associaram a fotossíntese e a respiração aos processos de trocas gasosas, ignorando a transformação de energia pela célula. Foram detectadas também dificuldades lingüísticas derivadas da precisão do significado dos conceitos genéticos.

Os autores que desenvolveram as pesquisas nessa área, embora unanimemente tenham enfatizado a importância que deve ser dada à aprendizagem dos termos técnicos em Biologia, alertam que esta não deve superar a compreensão dos conceitos, sendo, inclusive, necessário dar condições para que os estudantes expressem seus conceitos prévios, como uma forma de se poderem detectar-lhes os significados construídos.

c) As Concepções Alternativas e os Conteúdos da Área de Ecologia

Libanore (2007) identifica que tanto os estudantes como as professoras de Ciências de uma 8ª série do Ensino Fundamental possuíam idéias alternativas a respeito do efeito-estufa, concebendo esse fenômeno como consequência da ação antrópica que se verifica no ato de poluir e destruir a Natureza.

Fica explícito, na pesquisa desenvolvida pela autora acima citada, que, tanto para os estudantes quanto para os professores participantes, o efeito-estufa e o aquecimento global são sinônimos, concebendo o aumento de câncer de pele e o derretimento das geleiras como consequências do efeito-estufa.

Outras concepções predominantes foram as de que os buracos na camada de ozônio geram o efeito-estufa e que o nosso Planeta é comparado a uma estufa justamente por causa dos raios ultravioletas que penetram pelos buracos dessa camada e aumentam a temperatura na Terra. Algumas dessas idéias alternativas também foram constatadas, pela autora, no livro didático da disciplina de Geografia, adotado pela escola.

Esses resultados indicam que a confusão conceitual manifestada pelos estudantes e professores tem suas raízes no processo de ensino e aprendizagem e interfere nitidamente na qualidade do ensino de Ciências, corroborando as discussões que têm sido desenvolvidas até este ponto.

As concepções que o estudante tende a conservar são aquelas que ele considera como mais inteligíveis, plausíveis e proveitosas, como já foi afirmado. A principal tarefa do professor é fazer com que o estudante passe a ver as concepções científicas assim, tal como o faz com as alternativas.

Para que ocorra essa transformação, no entanto, o professor precisará criar situações em que o estudante se torne insatisfeito com suas concepções prévias, isto é, situações em que essas concepções se tornem, para o estudante, pouco plausíveis e pouco proveitosas.

d) As Concepções Alternativas e os Conteúdos de Genética

Dentre as pesquisas que apresentam a influência das concepções alternativas na origem das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Genética, a principal referência é o estudo desenvolvido por Banet e Ayuso (1995),

que, ao analisarem os aspectos que dificultam a aprendizagem desses conteúdos, dentre outras causas, destacam o fato de os estudantes acreditarem que não existe relação significativa entre genes e cromossomos.

Os estudantes participantes dessa pesquisa também acham que os vegetais não têm células nem cromossomos e que a informação genética está, exclusivamente, nos gametas. Esses estudantes aceitam que há diferença na informação genética nos vários tipos celulares que compõem um mesmo organismo, motivo pelo qual a célula-ovo se divide para gerar as distintas células que compõem o seu corpo. Esses estudantes não conseguem relacionar a divisão celular com a transmissão de informação genética. Isto é reforçado pelas dificuldades que apresentam para reconhecer que todas as células contêm informação genética.

Em linhas gerais, os resultados das pesquisas desenvolvidas por Braga (1987) e por Xavier e Kerr (2004) já haviam identificado que muitos dos estudantes do Ensino Médio apresentam idéias sincréticas em relação à localização e função do material genético e sobre os seres vivos.

Esperbén e Birabén (2005), ao fazerem uma análise didática com reflexões epistemológica, psicológica e pedagógica sobre o ensino de Genética Mendeliana, identificaram alguns obstáculos na aprendizagem entre os estudantes do Uruguai, os quais classificaram como:

- *Obstáculo Perceptivo* – demonstrado pelo predomínio da percepção sobre a conceitualização (confiança no que percebe), esforçando-se pelas evidências que supõe.

Na sua pesquisa, o obstáculo perceptivo pode ser observado para o caso de herança gênica, quando os estudantes demonstram uma imagem contínua do material hereditário, ao acreditarem que a transmissão de caracteres se realiza através de algo semelhante ao sangue – um fluido, um líquido, uma substância – e a mistura que se forma em um descendente não se separa, apesar de algumas vezes se diluir.

A herança gênica, para esses estudantes, se aplica também a traços imateriais – “partículas” ou genes. Tais estudantes apresentaram dificuldade para conceituar o desaparecimento e posterior reaparecimento de um caráter na descendência e, nos casos de padrão de dominância incompleta e herança

poligênica, deram como exemplo a cor da pele, explicando que este é o motivo pelo qual podem-se observar mulatos de todos os tons.

- *Obstáculo Valorativo* – possibilita observar a valorização/desvalorização do conteúdo.

Papadogeorge (1995) encontra ambivalência (valorização/desvalorização) para esse termo entre os estudantes de uma área agrícola que conheciam as técnicas de melhoramento genético. Estes conceberam o híbrido como vigoroso, rentável e útil (conceito próximo ao de vigor híbrido ou heterozigose). As noções de híbrido, para os estudantes pesquisados, representam desvalorização, quando eles identificam o híbrido como algo indefinido, misturado, que não é uma coisa nem outra, ou como algo artificial, contrário à Natureza.

- *Obstáculo gerado pelo “pensamento categorial”* – que privilegia o pensamento por pares (herança/meio; vivente/não-vivente).

Esperbén e Birabén (2005) também identificaram essa tendência entre os estudantes, quando estes tratam o genético e o ambiental como categorias opostas. Para os estudantes, o genético seria um patrimônio imodificável, não percebendo as relações recíprocas com o meio ou externo aos genes. Os participantes da pesquisa não concebem a possibilidade de modificar a expressão gênica por influência das mudanças ambientais.

- *Obstáculo gerado pelas idéias do “Mecanicismo ou Preformismo”* – tendência de priorizar uma explicação com base no mecanicismo, pelo qual as organizações são vistas como um arranjo rígido, construídas a partir de um projeto e montadas como peças mecânicas. Esse tipo de priorização privilegia a ação genética nas características orgânicas e no comportamento dos seres humanos.

Na pesquisa desenvolvida pelos autores acima referidos, os estudantes conceberam o gen como uma estrutura de diversas naturezas – partícula observável; porção de um cromossomo; pedaço de DNA; e seqüência nucleotídica,

embora tenha havido ausência do conceito operatório de gen. Os estudantes também demonstraram não compreender o seu funcionamento, pois não o vincularam com as características que se manifestam em uma população nem com a evolução.

- *Obstáculo Epistemológico* – tomado no sentido bachelardiano, pelo qual o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos.

Os estudantes pesquisados por Esperbén e Birabén (2005) também apresentaram dificuldades para relacionar a informação genética codificada com o fenótipo. Neste caso, o obstáculo epistemológico é verificado quando os estudantes apresentam dificuldade para passar do nível molecular e microscópico para o macroscópico; ou vice-versa.

- *Obstáculo por redução funcional* - quando as interpretações tendem ao reducionismo do conceito.

Os estudantes que participaram da pesquisa consideraram que os termos gen e caráter aparecem vinculados por uma relação de causalidade simples linear - um gen produzirá um caráter. Também conceberam, como unidades de adaptação e evolução, os genes isolados e não o genótipo, porque não pensaram sobre os sistemas de relações. Neste caso, ou foi feita uma “economia de variáveis” ou eles não analisaram como os genes atuam - em forma sucessiva e não concomitante -, introduzindo uma cronologia inexistente.

- *Obstáculo por falta de raciocínio probabilístico* – pelo qual as leis do acaso se apresentam como um evento paradoxal.

Os estudantes pesquisados identificam o acaso como causa acidental, desconhecida ou como um erro. Houve dificuldades para fazer a passagem da lei do binômio para a de Laplace-Gauss e vice-versa.

Bonzanini e Bastos (2005), ao analisarem as concepções prévias de estudantes do 2º ano do Ensino Médio sobre clonagem, organismos transgênicos e

o Projeto “Genoma Humano”, citam que a complexidade dos conteúdos dessa área aumenta quando os conteúdos de Genética se aliam os diferentes níveis de pensamento, necessários à abordagem desses temas.

Abril, Muela e Quijano (2007), utilizando diferentes métodos para determinar os conceitos errôneos que os estudantes constroem quando estudam os temas de herança gênica, pela primeira vez, identificam algumas concepções em Biologia que geram ou se apresentam como obstáculos à aprendizagem dos conteúdos.

Dentre as concepções apresentadas pelos estudantes estão: todos os organismos vivos estão formados por células (inclusive as plantas); as células compõem todo o corpo de um indivíduo; todas as células contêm informação genética; contêm cromossomos e guardam a mesma informação genética.

Os estudantes, segundo esses autores, não entendem como as células utilizam seletivamente a informação genética que têm, dependendo da função que irão realizar, pois acreditam que todos os cromossomos contêm informação genética, confundem mitose com meiose - não concebendo que a mitose origina as células somáticas e a meiose as células sexuais.

Para esses estudantes, os cromossomos sexuais e as células sexuais são termos geralmente confundidos, pois consideram que em uma célula só existem os cromossomos sexuais os quais ‘determinam o sexo do indivíduo’.

De acordo com Abril, Muela e Quijano (2007), as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Genética decorrem das concepções errôneas que o estudante constrói sobre os conceitos básicos. Geralmente os conceitos de cromossomos e genes são vistos, pelos estudantes, como sinônimos, o mesmo sendo observado com as palavras *genes* e *alelos*. Estes também não atribuem a palavra “gen” ao sítio físico do cromossomo, não relacionando com a “separação de genes” a “segregação de cromossomos”.

Os estudantes pesquisados por Abril, Muela e Quijano (2007) não relacionaram os problemas de herança com a transmissão da informação genética, tampouco com a meiose. Demonstraram confundir os termos *cromátide* e *cromossomo*, *informação genética* com *código genético* e alguns consideraram estes dois últimos termos como sinônimos. O termo *caráter dominante*, para os estudantes pesquisados, foi identificado como ‘o fenótipo mais observado em uma população’ e a *variabilidade genética* compreendida como ‘o resultado de uma divisão do tipo sexuada’.

Os autores pesquisados são unânimes em aceitar que, para se compreender a organização celular dos seres vivos, é necessário abordar o estudo da mitose, basicamente em termos de significado e importância biológica. O estudo da meiose deve ter a atenção dirigida para o seu significado biológico, já que é a chave da resolução de vários problemas de Genética.

Abril, Muela e Quijano (2007), ressaltam que antes de aprofundar os estudos sobre a herança biológica e os seus mecanismos de transmissão, os estudantes devem conhecer as relações entre a informação genética com a estrutura e as funções celulares, no sentido de integrar os conteúdos, conforme se tem discutido ao longo deste capítulo.

e) As Concepções Alternativas e os Conteúdos de Evolução

A influência das concepções alternativas no surgimento das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de evolução foi abordada por Mengascini e Menegaz (2005), ao trabalharem o conceito de evolução biológica entre professores da Educação Fundamental e Média na Argentina.

As autoras, utilizando o modelo de evolução da mariposa *Biston betularia* - um caso típico de estudo, no âmbito da evolução conhecido como “melanismo industrial” -, que pode ser utilizado em aula como exemplo de variações biológicas a curto prazo -, chegaram a importantes conclusões.

Os resultados sinalizaram que há influência das concepções alternativas tanto nas respostas dos estudantes quanto nas conclusões incorretas apresentadas pelos professores pesquisados, quando estes elaboram as suas explicações sem especificar o nível de análise no qual trabalham (se indivíduo/população, genotípico/fenotípico). Os professores pesquisados expressaram dificuldades para compreender a idéia de tempo na escala evolutiva e apresentaram a variação genotípica/fenotípica para uma geração.

Para esses professores, a variação, nesse tipo de caso, é apresentada, quase exclusivamente, por meio de variações experimentadas apenas para um indivíduo, sem considerar a população como unidade de análise. E tem mais: tais professores não expuseram as idéias de probabilidade e acaso, tampouco consideraram que a variação se dá como resposta adaptativa às variações do ambiente, ou seja, têm direcionalidade e intencionalidade.

De acordo com Mengascini e Menegaz (2005), o grupo de professores em foco também considerou que o meio age sobre o indivíduo, produzindo a variação. Por isso, segundo eles, se produz uma expressão direta do genótipo no fenótipo e que todas as variações no genótipo são visíveis. Para os professores pesquisados, a descendência é tida como idêntica aos pais e as mutações, como etapas que se relacionam unicamente com anormalidades e não com a ocorrência de variabilidade genética. Neste caso, o conceito de adaptação envolveu apenas os de aclimação, que aparecem atrelados a um contexto específico.

De acordo com essas pesquisadoras, o obstáculo epistemológico expressado por esse grupo de professores foi observado tanto quando aplicam a idéia lamarquista de evolução dirigida ou quando não fazem a utilização ou utilizam de forma incorreta dos termos científicos.

No próximo subtópico serão discutidas as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos da Biologia que guardam relação com a visão do conteúdo enquanto construto e com a demanda cognitiva que este exige do estudante.

2.2.4 As Dificuldades Implícitas nos Conteúdos de Biologia e as Dificuldades na sua Aprendizagem

Nas pesquisas desenvolvidas sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, estas se expressam de forma multicausal, conforme vem sendo discutido desde o início deste capítulo. Foi reconhecida a participação das questões didático-pedagógicas no ensino dos conteúdos, a influência das concepções alternativas que o estudante constrói sobre os conteúdos biológicos e as dificuldades implícitas de cada conteúdo.

Uma das pesquisas mais importantes sobre as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos que guardam relação com as dificuldades implícitas do conteúdo foi realizada por Jiménez Aleixandre (2003), que mapeou as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos – conceituais, procedimentais e atitudinais.

Nesse estudo, a autora destacou cinco temas de abrangência da Biologia, relacionando as dificuldades apresentadas pelos estudantes participantes da pesquisa, cujos resultados estão expostos no Quadro 6:

TEMA	DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM
Os Seres Vivos	Conceitos: confusão entre atributos de vivo e de animal; presença não universal de células; 'vivo' restringido a 'animal'; crença na geração espontânea. Procedimentos: classificação seguindo critérios de semelhança morfológica; dificuldade de identificação com chave. Atitudes: insuficiente respaldo conceitual à manutenção da diversidade; identificação de microorganismos como 'prejudicial'.
Plantas e Fotossíntese	Conceitos: atribuição de flores e frutos só para plantas que os têm de forma aparente; confusão entre fruto/fruta; as plantas se 'alimentam' de água, terra. Procedimentos: dificuldades de identificação de plantas dos arredores. Atitudes: falta de interesse por conservação de plantas; não inclusão de conhecimentos sobre árvores na 'cultura geral'.
Animais	Conceito: 'animal' restringido a vertebrados/mamíferos; antropomorfismo. Procedimentos: dificuldades na identificação de animais comuns dos arredores. Atitudes: desinteresse pela conservação de conservação de insetos.
Ecologia	Conceitos: ecossistema restringido seres vivos; percepção linear das relações (cadeias, não redes); concepção estática. Procedimentos: dificuldades na interpretação de redes alimentares; em escala de tempo, em atribuição causal. Atitudes: 'problema ambiental' restringido a contaminação, escassa atenção a recursos, sobretudo abióticos; dificuldades para aceitar a própria responsabilidade pessoal.
O ser Humano e a Saúde	Conceitos: confusão entre nutrição e alimentação; papel da nutrição restrito a aporte de energia, ignorando nutrientes plásticos; confusão excreção/defecar; crenças inadequadas sobre dieta equilibrada; conhecimento insuficiente sobre reprodução, gravidez, DSTs; esteriótipos sobre contágio. Procedimentos: dificuldades para a interpretação do rótulo dos alimentos. Atitudes: falta de disposição para seguir uma dieta equilibrada de forma continuada; esteriótipos sobre sexualidade e relações de gêneros.

QUADRO 6 Categorias de Conteúdo e as Dificuldades na Aprendizagem de Biologia, segundo Jiménez Aleixandre (2003, p. 131).

A linguagem é um dos aspectos essenciais a serem considerados no ensino de Biologia, visto que, para a compreensão, faz-se necessário que a memorização do conceito seja ultrapassada, alcançando-se a apreensão do seu significado. Esses eventos têm relação com a natureza do conteúdo e a complexidade do conhecimento dessa disciplina, concebendo-se que, para uma adequada compreensão dos fenômenos biológicos, os estudantes também devem assumir e manejar diversos conceitos científicos, inclusive as interações entre os estes, conforme será discutido nesta parte do capítulo.

As questões implicadas na falta de aprendizagem dos conteúdos de Biologia e que guardam relação com a natureza desses conteúdos (É assim mesmo? Do jeito q estava, estava confuso) e as dificuldades inerentes aos conceitos biológicos serão enfocados a seguir.

a) As Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos sobre o Tema “Célula”

Os conteúdos sobre a célula envolvem, para a compreensão dos temas que tratam dos seres vivos, um tipo de conhecimento estruturante, pelo entendimento de que os organismos dotados de vida indubitavelmente são portadores desses elementos.

Os autores considerados no referencial desta pesquisa relacionam o surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos à falta de compreensão ou a persistência de um conhecimento insuficiente ou errôneo sobre o que é uma célula e a sua organização. Os resultados das pesquisas desenvolvidas por diversos autores (BASTOS, 1992; CABALLER, GIMÉNEZ, 1993; GIORDAN, DE VECCHI, 1996, RODRÍGUEZ PALMERO, 1996, 1997, 1998, 2000, 2001; COX, 2004; PEDRANCINI, CORAZZA-NUNES, GALUCH, 2004, 2005; RODRÍGUEZ PALMERO, MARRERO, 2003; RODRÍGUEZ PALMERO, ACOSTA, 2003; RODRÍGUEZ-MONEO, APARÍCIO, 2004; MENGASCINI, 2006; DIAS, 2006; CAMARGO, INFANTE-MALACHIAS, AMABIS, 2007 e HIRT, 2007) revelam que a maioria dos estudantes do Ensino Médio, e mesmo os do Nível Universitário, apresenta uma idéia sincrética, portanto pouco definida, sobre a célula, confundindo o seu conceito com os de átomo, molécula e tecido.

Rodríguez Palmero (1998) considera o tema “célula” como portador de conceitos de difícil apreensão por parte do alunado. Nos seus estudos, esse autor acrescenta, dentre os principais motivos do surgimento dessas dificuldades, a aprendizagem deficiente dos conhecimentos básicos sobre os fundamentos de Química. Afirma que o ensino dos conteúdos dessa área do conhecimento biológico habitualmente inclui eventos que se correspondem com delineamentos descritivos.

Conforme a revisão desenvolvida por Rodríguez (1995), alguns dos conteúdos que são freqüentemente relatados como mais difíceis de ser aprendidos pelos estudantes dizem respeito à dificuldade de compreensão de que todas as

células guardam informações genéticas, contêm cromossomos e que células de um mesmo indivíduo guardam a mesma informação genética. Segundo o autor acima, os estudantes não entendem que as células utilizam seletivamente a informação genética que têm, dependendo da função que irão realizar.

Abril, Muela e Quijano (2002) chamam a atenção para o fato de que os estudantes, ao confundirem mitose com meiose, também mostram que não aprenderam que aquela ocorre em células somáticas e esta, em células sexuais, decorrendo daí que não saberão relacionar os problemas envolvendo os conhecimentos sobre herança gênica com a transmissão da informação genética, nem com a meiose.

Os autores referidos alertaram para o fato de que as palavras *cromossomos* e *genes* são tomadas, pelos estudantes, como sinônimas, o mesmo sendo observado para as palavras *genes* e *alelos*. Os estudantes também não atribuem um sítio físico ao gene no cromossomo e, quando se fala de “segregação de cromossomos”, não relacionam esta com “separação de genes”, confundindo também os termos *cromátide* e *cromossomo*.

Para os estudantes, os termos *cromossomos sexuais* e *células sexuais* muitas vezes se confundem, ao ponto de considerarem que, em uma célula, só existem os cromossomos sexuais, que são os que “determinam o sexo do indivíduo”; não reconhecendo, assim, a existência de outros cromossomos diferentes.

Abril, Muela e Quijano (2002) chamam a atenção para a confusão que os estudantes fazem para diferenciar os conceitos de *informação genética* e *código genético*. Geralmente entendem que esses dois termos significam a mesma coisa. O caráter dominante costuma ser compreendido como o fenótipo mais abundante, e a variabilidade genética, como o resultado de uma reprodução do tipo sexuada, pois não vêem que essa variabilidade se produz pela separação dos pares de cromossomos e pela recombinação dos genes.

Além disso, existem dificuldades para esses estudantes solucionarem os problemas que exigem a utilização de análise combinatória e para entender o conceito de *probabilidade*. Segundo os autores citados, eles podem até chegar a resolver os problemas de herança, porém o farão de maneira mecânica.

Dentre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos que dizem respeito aos conhecimentos que envolvem o tema “célula”, está a de retratar uma célula, conforme atestou Mengascine (2006), ao pesquisar a imagem construída pelo

estudante de uma célula procariótica “vazia”, por meio da fotografia de uma célula de bactéria fotossintetizante, com dobras de membranas contendo pigmentos fotossintéticos.

Buscando compreender a ocorrência dessa falta de reconhecimento, por parte do grupo pesquisado, o autor identificou a coexistência de dois aspectos que colaboram para isto: primeiro, o fato de esse tipo de dificuldades na aprendizagem ocorrer por se tratar da construção de uma imagem de célula diferente da construída pelo estudante, muito distante da tradicionalmente conhecida por este, qual seja, a “célula vazia” - sem mitocôndrias, sem núcleo definido e sem retículo endoplasmático. O segundo aspecto guarda relação com a imagem construída sobre a célula “ovo frito”, presente no material didático, e a representação de um núcleo não esférico e distanciado do centro da célula (o que é habitualmente observado na célula vegetal, a qual traz um grande vacúolo central), o que geralmente faz com que surjam questionamentos sobre este tipo de visão.

As dificuldades no ensino e na aprendizagem dos conteúdos sobre a célula também podem ser facilmente verificadas na abordagem de sua composição química e de sua estrutura física, bem como no reconhecimento das organelas do citoplasma e da integração das suas funções na célula.

Com relação à aprendizagem dos conteúdos que enfocam a composição química da célula, as dificuldades, de acordo com Caballer e Giménez (1993) e Banet e Ayuso (1995, 1998), estão relacionadas a múltiplos fatores, dentre os quais, o fato de os termos que expressam forte conotação científica, como os conceitos de cromossomos, genes, alelos, dominância e recessividade, serem empregados pelos estudantes sem que estes tenham consciência do seu significado nem da sua importância para a vida. (POZO, LIMON, SANZ, 1991); BAHAR, JOHNSTONE, HANSELL, 1999; BRAGA, 1987; DIAS, SOARES, SILVA, NÚÑEZ, 2004; DIAS, SOARES, NÚÑEZ, RAMOS, 2005; DIAS, NÚÑEZ, 2006; DIAS, NUÑEZ, 2005; NOVAK, 1988).

Inicialmente tal fato foi descrito por Banet e Ayuso (1995), ao observarem que os estudantes consideraram os diversos tipos celulares como portadores de informação genética diferente, em razão da função que cada um cumpre. Apesar de terem feito alusão à diversidade celular dentro de um mesmo organismo, esses estudantes não souberam explicar como se transmite a informação genética presente em um zigoto para as células do corpo formado a partir dele, havendo,

inclusive, em alguns casos, a concepção de que esse tipo de informação genética se “divide” entre as células.

Isto mostra que, com relação aos conceitos desses termos e sua importância para a vida, os estudantes não têm a compreensão dos processos de divisão celular, localização, estrutura e função do material genético, nem da sua relação com a transmissão de caracteres hereditários.

Apesar da construção concreta dos conhecimentos sobre a célula se configurar na integração entre os diferentes conceitos e dos conhecimentos incluírem a percepção das interações⁷ entre as suas organelas citoplasmáticas (que também possuem suas particularidades) é importante que haja a percepção das interações de uma célula com as demais que compõem os tecidos. Esse aspecto permitirá a extrapolação dos domínios do que ocorre ao nível celular para o que se dá no nível fisiológico de um indivíduo (uni ou pluricelular). No entanto, de acordo com o referencial adotado nesta pesquisa, esse aspecto requer um maior esforço cognitivo, que nem sempre é atingido, o que termina por colaborar com o surgimento das dificuldades na aprendizagem, as quais também podem ser verificadas quando são abordados os conceitos ou enfocados os assuntos que englobam o metabolismo celular.

Dentre os conteúdos envolvendo o metabolismo da célula, o que se mostra difícil, na visão do estudante, é a divisão celular. Barros e Carneiro (2005) chegaram a essa constatação, ao desenvolverem uma pesquisa na qual utilizaram mapas conceituais construídos a partir dos conhecimentos apresentados pelos estudantes sobre a divisão celular, procurando identificar: como estão organizados os conceitos necessários para interpretar as imagens dessa divisão; como os estudantes lêem essas imagens e quais conhecimentos eles utilizam para interpretá-las, buscando verificar as dificuldades apresentadas durante a sua interpretação.

Nessa pesquisa, os estudantes demonstraram dificuldade para fazer a leitura dos esquemas que representam a divisão celular, o que foi atribuído, pelas pesquisadoras, ao fato de esses esquemas apresentarem um alto grau de complexidade.

⁷ Nessas interações, considerem-se as relações entre as organelas citoplasmáticas e o significado metabólico destas interações, que culmina com os processos fisiológicos do indivíduo; podendo ser apresentado em um primeiro plano e descrito a partir dessas interações, por meio das quais se pode conhecer cada organismo, em particular, e reconhecê-lo no ambiente.

As pesquisadoras também identificaram dificuldade dos estudantes em compreender e aplicar os conceitos dos termos técnicos envolvidos no entendimento do processo de divisão da célula, tais como: *cromátide*, *cromossomos homólogos*, *célula haplóide* e *célula diplóide*; bem como em interpretar os esquemas do processo de divisão da célula, sem correlacioná-la às funções biológicas do indivíduo.

As dificuldades dos estudantes para interpretar tais esquemas e reconhecer os conceitos básicos em citogenética, segundo Barros e Carneiro (2005), decorrem de dois fatores: do pouco conhecimento anterior que eles têm disponível na sua estrutura cognitiva sobre a célula e a divisão celular e das falhas no trabalho do professor, que deve dirigir a atenção dos estudantes para a leitura das imagens sobre o processo de divisão das células.

Rodríguez Palmero e Marrero (2003) destacam, dentre as questões pertinentes ao surgimento das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos contemplados nessa temática, a necessidade do reconhecimento das inter-relações entre o metabolismo celular e os processos fisiológicos que ocorrem no organismo, e entre os processos de divisão celular e o seu envolvimento na formação dos gametas e também dos tecidos que compõem um embrião.

Nas pesquisas desenvolvidas por Bastos (1992) e por Caballer e Giménez (1993), para muitos dos estudantes pesquisados, a relação ser vivo e célula foi aceita como um evento exclusivo dos seres humanos. Este fato também foi observado nas reflexões desenvolvidas por Giordan e De Vecchi (1996). Os autores atribuem essas dificuldades à complexidade dos conceitos implicados, aliada à forma como o ensino é organizado, que geralmente potencializa a fragmentação dos conteúdos, dificultando a aprendizagem da estrutura e fisiologia celular como uma das características básicas dos seres vivos.

Dentre os conteúdos sobre o metabolismo celular, incluídos entre os que estão no patamar de maior dificuldade de aprendizagem, os temas “respiração” e “fotossíntese” foram destacados como os mais problemáticos, tanto para o ensino quanto para a aprendizagem.

Sobre a respiração, entre as causas mais comuns para a falta de aprendizagem, cita-se o fato de que os estudantes confundem a respiração celular com o evento simples da troca de gases, ou seja, não associam a respiração a um processo de combustão que ocorre ao nível celular. Muitas vezes os estudantes consideram que as organelas encarregadas de realizar respiração nos vegetais são

os cloroplastos e que a respiração vegetal diferencia-se da dos outros organismos, pelo fato de os vegetais absorverem dióxido de carbono e liberarem oxigênio durante a respiração, conforme García Zaforas (1991).

Rodríguez Palmero e Marrero (2003) atribuem essa dificuldade à necessidade de utilização dos conhecimentos avançados sobre o metabolismo celular e as interações bioquímicas intracelulares, que, dado o nível de dificuldade, fogem ao domínio de conhecimento do estudante recém-ingresso no Ensino Médio.

Nas discussões sobre as dificuldades na aprendizagem, com relação ao tema “fotossíntese”, está o fato de que tal tema exige a abordagem dos conceitos de várias disciplinas, tais como: Química (propriedades químicas da água, pH, reações redox, substâncias orgânicas e inorgânicas, equilíbrio químico); Bioquímica (enzimas, co-enzimas, catalisação de reação, cadeia transportadora de elétrons, ciclos de reação); Ecologia (ciclos biogeoquímicos, cadeia alimentar, ecossistemas); Física (radiação eletromagnética, energia, conversão e transferência de energia), além das diversas questões relativas aos fatores ambientais (temperatura e umidade relativa do ar, estações do ano, latitude, altitude, poluição por gases e componentes incrustantes); à morfologia vegetal (forma da folha, superfície foliar, modificações morfológicas dos órgãos); à citologia (organelas celulares, organização do cloroplasto) e à fisiologia vegetal (absorção de água, transporte de substâncias e mecanismo de abertura dos estômatos).

A aprendizagem do tema citado requer do estudante, além da aprendizagem dos aspectos conceituais, a capacidade de inter-relacionar os conceitos, para uma compreensão concisa do fenômeno e sua importância para os seres fotossintetizantes, uma estratégia de motivação, a fim de minimizar as dificuldades na inter-relação de conceitos biológicos complexos.

É necessário que, ao ensinar esses conteúdos, o professor domine os aspectos básicos sobre a Teoria Celular, desde a história do descobrimento da célula e a maneira como estão distribuídas as organelas nas distintas células da grande variedade de seres vivos, até as funções que estas desenvolvem e os componentes químicos que compõem cada uma de suas partes, para levar os estudantes a compreender a transcendência envolvida nesse tema.

Um dos aspectos que pode gerar dúvidas ou dificuldades no momento da abordagem dos conteúdos sobre a célula diz respeito à inexistência de exclusividade para a ocorrência desse evento, uma vez em que pode haver saltos entre os níveis

intermediários de organização dos seres vivos, dependendo da sua evolução, de modo que existem células que são organismos (os seres unicelulares), os organismos constituídos por células que não estão integradas para compor tecidos verdadeiros (esponjas) e os organismos que não apresentam órgãos verdadeiros (as medusas).

Diante dessa realidade, parece evidente que a maneira como o ensino tem sido organizado e conduzido está sendo pouco eficaz em promover a aprendizagem conceitual sobre a célula e as suas inter-relações, inclusive dificultando o entendimento do trabalho exercido pelas células que compõem o indivíduo.

Nas discussões dispostas no Relatório do Secretaría de Educación Pública da Argentina (SEPA, 2006), algumas das dificuldades de compreensão do funcionamento da célula nos seres vivos decorreram da falta de domínio dos temas envolvendo Anatomia, Fisiologia, Biologia Celular e Bioquímica.

Na pesquisa realizada por essa entidade, com o objetivo de identificar as necessidades formativas dos professores para ensinar os conteúdos de Biologia, foram observadas dificuldades tanto de identificação e dedução dos aspectos relacionados com a nutrição e a respiração celulares, quanto sobre a circulação humana e as funções exercidas pelas glândulas e os hormônios que estas produzem.

Considerou-se que, por sua complexidade, esses temas podem gerar confusões se não forem articulados de maneira ordenada e específica, exprimindo-se a importância em se deixar muito claras as diferenças quanto à organização e funcionamento dos distintos tipos de células – por exemplo, as dos organismos procariontes (como as bactérias) e os eucariontes, que apresentam organelas bem definidas, para se poder compreender processos como a reprodução, a circulação de nutrientes ou a sua mobilidade.

Os conteúdos envolvendo os conhecimentos em Embriologia e Histologia foram pontuados, por Hurtado e García (2003), como uma das áreas de maior dificuldade de aprendizagem. Esses pesquisadores afirmam que uma das principais formas de minimizar esse problema consistiria em o professor de Ciências assumir, diante desse fato um papel de guia, no uso da terminologia científica adequada, sendo necessário, para isto, que viesse a ter bem clareza no uso e definição dos termos de sua especialidade.

Com base na natureza das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Histologia, os referidos autores sugerem três critérios para análise da origem das dificuldades dos estudantes, a saber: a) o estrutural; b) o funcional e c) o referente à origem embrionária dos tecidos.

O critério estrutural, considerado como o principal, se deve ao fato da Histologia ser uma área eminentemente morfológica, que trabalha fundamentalmente com preparações e fotografias. Os autores afirmam que, “[...] quando se busca situar o conceito de tecido em seu contexto, deverá se recorrer a uma idéia biológica básica que diz respeito aos níveis de organização e integração entre as células” e que “[...] a classificação dos tecidos que apresentam características morfológicas intermediárias entre dois grupos pode ser arbitrária.” (HURTADO; GARCÍA, 2003, p. 3).

Os mesmos autores ilustram essa problemática com um evento que pode ser freqüentemente observado nos livros de Biologia do Ensino Médio, em que os níveis de organização da matéria-viva são apresentados a partir da hierarquização em moléculas – macromoléculas – orgânulos – células – tecidos – órgãos – sistemas – organismos – populações – comunidades e ecossistemas.

Essa hierarquização aparece como inclusiva, pois, nos textos referidos, se considerou que os organismos são formados por órgãos, os órgãos por tecidos, os tecidos por células e, assim, sucessivamente, até atingir o nível de organização das comunidades, populações e da própria biosfera.

É possível deduzir daí, portanto, que o conceito de tecido irá se enquadrar naturalmente como um nível intermediário entre células e órgãos.

A inclusão de uma seqüência de conceitos não é regra, podendo haver esgotamento de um nível em si mesmo ou saltos entre os níveis intermediários, de modo que há células que são organismos – como os organismos unicelulares, constituídos por uma só célula ou por células que não são integradas para compor tecidos verdadeiros – tais como as esponjas e até organismos sem órgãos verdadeiros –, como se observa nas medusas, conforme apresentamos acima.

O segundo critério apresentado pelos autores diz respeito às funções desempenhadas pelos tecidos, que em muitos casos são múltiplas, inclusive para cada modelo de ser vivo, e, de alguma maneira, se associam com a sua estrutura.

Hurtado e García (2003) afirmaram que, durante a construção da definição de tecido, também podem ser observados dois outros problemas que, apesar de se

alternarem, apresentam igual importância, quais sejam: a existência de determinadas unidades relativamente independentes - as células, cuja união compõe o que consideramos como tecido - e a reunião de várias dessas células, com um mesmo nome genérico, observado durante a classificação dos tecidos.

Os autores também associaram às dificuldades de aprendizagem sobre tecidos a construção incorreta ou incompleta do seu conceito e o desconhecimento de algumas de suas particularidades, citando, a título de exemplo, o reconhecimento de que em um tecido podem associar-se as células que apresentam diferentes estruturas, funções e origem embrionária.

Outras questões, além desta, emergem do contexto do ensino desses conteúdos, destacando-se a importância de o professor ter a consciência de que a delimitação do assunto acima requer o conhecimento dos diferentes tipos de tecidos animais embora sua demonstração, muitas vezes, não seja possível. Deve então o professor fazer com que os estudantes reconheçam que os tecidos raramente se encontram formando unidades puras e claramente delimitadas.

Como terceiro critério adotado pelos autores mencionados, tem-se a origem embrionária do tecido, uma vez que, durante a classificação deste, apenas a origem embrionária comum das suas células não é suficiente para defini-lo, o que causa confusão durante a aprendizagem do estudante. É possível identificar isso quando se observa a forma como os conteúdos de Histologia são apresentados nos livros didáticos, sendo possível identificar que, apesar de estes descreverem tecidos humanos, geralmente utilizam os embriões de outros modelos animais. Nesses modelos se encontram tecidos que poderão ou não apresentar a mesma função, uma vez que as classificações em Histologia Comparada requerem algumas modificações.

Segundo Hurtado e García (2003), isto constitui uma importante causa das dificuldades para se definir e delimitar um tecido, ressaltando que:

[...] quando acreditamos observar um tecido na verdade estamos observando células em conjunto com outros materiais. A interpretação desse achado com uma unidade decorre da integração desses elementos com uma estrutura conceitual teórica; que lhes supõem certos caracteres comuns relativos à sua origem, estrutura, organização e funções, que raramente se cumpre. (p. 3).

O erro, nesse tipo de contexto, resulta da associação dos atributos incorretos ao conceito que se está desenvolvendo ou do estabelecimento de relações e inter-relações incorretas entre um novo conceito e outros conceitos previamente aprendidos.

Como uma forma de superar as dificuldades de aprendizagem desses conteúdos, Hurtado e García (2003) sugerem o desenvolvimento da percepção das funções múltiplas de um tecido, por meio da instigação de uma discussão acerca do corpo humano.

Outro aspecto que merece espaço nessas reflexões refere-se às dificuldades na aprendizagem dos conteúdos que enfocam os avanços biotecnológicos.

A respeito das recentes pesquisas na área da Biologia Celular e Molecular, Wood-Robinson, Lewis, Leach e Driver (1998) constataam que, apesar de os estudantes terem consciência das implicações dos conhecimentos genéticos para a compreensão das tecnologias genéticas, ou tecnologias do DNA recombinante, e também da atitude que irão tomar frente ao uso dessas tecnologias, eles possuem pouca familiaridade com termos como *mapeamento genético*, *tecnologia genética*, *terapia genética* e *Projeto Genoma Humano*.

De acordo com Tavares *et. al.* (2003), para compreender estruturas sub-microscópicas como a molécula do DNA, seria necessária a contextualização desse conteúdo em situações diversas vivenciadas pelos estudantes, de forma que estes pudessem estabelecer relações, por exemplo, entre o DNA e os organismos geneticamente modificados (OGMs). Isto permitiria que as pessoas entendessem melhor as possibilidades de aplicações e implicações tanto da Genética Básica quanto dos avanços atuais nessa área, evitando alegar ignorância ou rejeitar acriticamente as novas descobertas em Genética Molecular.

Menezes (1996) considera de extrema importância a abordagem de pesquisas científicas atuais em sala de aula, assim como dos problemas sociais, econômicos, tecnológicos, ambientais e éticos envolvidos. Porém o autor ressalta que é preciso apresentar tais problemáticas em *“exercício real”*, ou seja, abordar os temas que estão sendo diariamente apresentados através dos meios de comunicação, não apenas num plano geral informativo, mas através de discussões de interesse direto do estudante.

Segundo este autor, é importante apresentar a Ciência como um instrumento de crítica frente a suas aplicações, como a dos explosivos nucleares, ou em seus métodos, como determinadas manipulações genéticas, pois diante desses assuntos o posicionamento dos jovens será decisivo.

Wood-Robinson, Lewis, Leach e Driver (1998) enfatizam que os conteúdos relacionados à Genética Contemporânea geram grande interesse entre os estudantes e isso poderia dar margem às discussões centradas em questões éticas, políticas e econômicas suscitadas pelas pesquisas atuais.

Conforme lembra Amorim (1995), embora a inclusão, no ensino de Ciências, de temas atuais que abordem as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade tenha sido proposta desde a década de 80, as abordagens adotadas pelos professores são ainda influenciadas por orientações tradicionais de transmissão de conhecimentos.

Em uma pesquisa desenvolvida por Bonzanini e Bastos (2005) sobre as concepções do estudante acerca dos conhecimentos em Genética e Biotecnologia, foi mostrado que eles elaboraram respostas vagas ou pouco detalhadas, ao atribuírem os fenômenos mencionados simplesmente à "genética", indicando que não possuem noções claras acerca de como as características de uma espécie viva são controladas e perpetuadas. Por essas respostas, percebe-se que muitos estudantes já possuem concepções diversificadas a respeito do tema *clonagem*.

O contato anterior com o assunto em pauta se deve, muito provavelmente, à influência dos meios de comunicação em massa, embora se observem respostas que podem ser devidas a uma série de confusões (por exemplo, confundir a clonagem com a produção de organismos transgênicos ou a hibridação).

No estudo desenvolvido pelas pesquisadoras, também não houve respostas que explicassem, com base na referência a genes ou genótipo, o porquê da mencionada identidade de características entre os clones. Notam-se, nas respostas dadas, algumas possíveis confusões (por exemplo, entre produto transgênico e produto de agricultura orgânica). Além disso, nenhum estudante citou a "mistura" de DNA proveniente de duas espécies diferentes. Esta questão suscitou muitas dúvidas entre os estudantes. Estes, ao terminarem de responder o questionário, indagaram tanto à pesquisadora quanto à professora "*o que é Projeto Genoma?*". Muitos, inclusive, declararam estar ouvindo a expressão *Projeto Genoma Humano* pela

primeira vez. Tais observações evidenciam a necessidade de se promover a inserção das temáticas atuais ao ensino de Genética.

Wood-Robinson, Lewis, Leach e Driver (1998), durante o desenvolvimento de suas pesquisas, também constataram que, quando os estudantes são indagados sobre as tecnologias aplicadas à Genética, revelam desconhecer o que é o *Projeto Genoma Humano* e quais são as técnicas utilizadas em investigações e produção de organismos geneticamente modificados.

Os autores pontuam que, nos jornais e revistas destinados ao grande público, esses temas geralmente são tratados de maneira superficial, confusa e incompatível com um nível mínimo de rigor científico. Notaram que os estudantes se interessam pelas temáticas contemporâneas, como a clonagem, organismos transgênicos e Projeto Genoma, pois demonstraram curiosidade em relação a esse tipo de assunto, embora aqueles que disseram já ter lido sobre o assunto, ao serem solicitados a dar opinião a respeito de possíveis prejuízos ou benefícios das pesquisas em Genética Molecular, não souberam fazê-lo.

Algumas das explicações para esses aspectos são fornecidas por Silveira (2003), ao afirmar que a população, em geral, encontra-se cientificamente despreparada para participar, de modo crítico e democrático, dos debates sobre os avanços biotecnológicos. Sobre esta questão, o autor salienta que:

[...] é mínima a condição do público brasileiro para participar, de maneira informada e democrática, de um debate como o dos alimentos transgênicos, ou das implicações da pesquisa genômica [...] esse estado de coisas cria uma obrigação para todos os autores do processo: fornecer informação compreensível, qualificada e contextualizada sobre as biotecnologias, da engenharia genética à transgenia, da genômica à eugenia (p.45).

Bonzanini e Bastos (2003, p. 2) alertaram para o fato de que as novidades, de natureza científico-tecnológica, “[...] não ocorrem em um cenário de aceitação pacífica, mas em meio a intensas controvérsias sobre aspectos éticos e, também, em meio a poderosos interesses econômicos e políticos”. Enfatizaram esses autores que “[...] é impossível admitir que os indivíduos permaneçam alheios às descobertas realizadas e seus múltiplos desdobramentos.”

Diante desse aspecto, cresce a necessidade de a escola e os seus professores oportunizarem a discussão desses assuntos, cada vez mais presentes no cotidiano das Sociedades Contemporâneas.

Banet e Ayuso (1998) e Silveira (2003), ao mesmo tempo em que chamam a atenção para a necessidade de um ensino que priorize a compreensão sobre os atuais avanços biotecnológicos a serviço da população, tais como a técnica de transgenia, de clonagem de organismos, a utilização de células-tronco, o mapeamento e seqüenciamento de genomas, entre outros, também fazem um apelo à eliminação do ensino pautado na memorização, que termina gerando um conhecimento equivocado sobre a Ciência e os seus produtos.

b) As Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos sobre os Seres Vivos

As dificuldades na aprendizagem dos conteúdos sobre os seres vivos podem ter várias origens, conforme será apresentado a seguir, e incluem diversos elementos, dentre os quais: a dificuldade para se definir o que é vivo e compreender os processos evolutivos que caracterizam a diversidade biológica; a dificuldade para identificar os processos metabólicos que ocorrem em diferentes níveis nos seres vivos (ao nível de célula e de indivíduo); o processo reprodutivo além da dificuldade para utilizar os critérios de classificação biológica, conforme se apresentam nas pesquisas desenvolvidas nos últimos anos. (BRUMBY, GARRARD, AUMAN, 1985; BANET, NÚÑEZ, 1990; BANET HERNÁNDEZ, NÚÑEZ SOLER, 1995 e BARROS, CARNEIRO, 2005).

Stavy, Eisen e Yaakobi (1987), por sua vez, assinalam, dentre as causas para as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos sobre os seres vivos, a dificuldade para conceber o corpo humano como um sistema químico, com escassos conhecimentos sobre os elementos que constituem um organismo.

Na pesquisa desenvolvida por Anderson, Garrard e Dubay (1990), os estudantes de todas as idades tiveram dificuldades para identificar as fontes de energia dos vegetais e dos animais. Tenderam a confundir a energia com outros conceitos, como alimento, força e temperatura, o que os impediu de perceber a unicidade e importância dos processos de conversão de energia, como respiração e fotossíntese.

Osborne e Freyberg (1991) identificaram, da parte dos estudantes, dificuldade para explicar as diferenças entre vivo e inanimado. Jiménez Aleixandre (2003) atribui isto à coexistência de dois significados para 'vivo': "[...] vivo oposto a inanimado (no contexto de Ciências) e vivo oposto a morto (no contexto cotidiano), dentre outras causas.

Mengascine (2006) sinaliza que as dificuldades de aprendizagem sobre os seres vivos também se apresentaram no momento em que foi solicitado que o estudante citasse as diferenças entre a reprodução por fissão binária e uma mitose, com todas as semelhanças e diferenças que implicam esses processos na reprodução celular. O mesmo se deu, conforme ressalta o referido autor, quando os processos de nascimento, desenvolvimento e reprodução celular foram contemplados de maneira parcial, ou quando somente um desses eventos foi selecionado e abordado como característica única do desenvolvimento celular.

No Relatório da Secretaría de Educación Pública de Argentina (SEPA, 2006), as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos sobre a reprodução humana se centraram em diversos pontos deste conteúdo, quais sejam: a identificação correta das fases do ciclo menstrual, as condições em que se dá a fecundação, nas etapas do desenvolvimento embrionário e a identificação dos caracteres sexuais masculinos e femininos.

Essas dificuldades iniciais, segundo o mencionado documento, podem influir, por exemplo, na compreensão de outros conteúdos, como é o caso da clonagem, uma vez que o entendimento dessa técnica implica o conhecimento e interpretação dos temas vinculados com a multiplicação celular. Compreender este processo implica, por exemplo, em processo que implicam a análise e comparação dos mecanismos sexuais e assexuais que se dão nas diferentes células. Neste contexto, torna-se necessário reconhecer a importância dos componentes celulares nos eventos dos quais tomam parte, como a participação do núcleo da célula nas etapas de divisão da célula ovo ou zigoto, durante aos processos de reprodução.

Também tem sido verificada a ocorrência de dificuldade para identificar as modificações advindas dos processos de evolução dos seres vivos e os mecanismos de adaptação que se manifestam diferentemente nos sistemas de um organismo inferior e do ser humano pode influenciar no surgimento de dificuldades na aprendizagem dos conteúdos sobre os seres vivos, fundamentalmente no que diz respeito à classificação biológica. (MENGASCINE, 2006).

Bell (1981), ao desenvolver uma pesquisa sobre as dificuldades na aprendizagem na temática “seres vivos”, demonstra que os participantes não compreenderam que um organismo pode ser classificado ao mesmo tempo como ave e animal, o que remonta às dificuldades apresentadas pelo estudante para entender as questões hierárquicas dos conhecimentos na área de Biologia.

As investigações desenvolvidas por Keil (1989) entre os estudantes do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, na área de *classificação dos seres vivos*, também indicam dificuldades na compreensão desses conteúdos. Os estudantes demonstraram compreender que os animais de uma mesma espécie têm semelhanças tanto anatômicas quanto em sua origem genética. No entanto, ao agruparem certos organismos, formaram grupos compostos por animais de características distintas e tenderam a utilizar vários grupos mutuamente excludentes, além de não terem conseguido explicar a hierarquia entre os grupos, o que reforçou os resultados encontrados anteriormente por Bell (1981).

Mintzes, Trowbridge, Arnaudin e Wandersee (1991) identificaram que os estudantes do Nível Médio possuem um conceito muito restrito para a palavra "animal", uma vez que a maioria, ao ser solicitado para caracterizar um organismo do reino animal, citou características exclusivas dos vertebrados, como a quantidade de patas, cobertura corporal e *habitat*, para determinar sua classificação.

c) As Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos sobre Ecologia

A relevância sobre a necessidade de incorporação da temática ambiental nas reflexões e nas ações educativas tem sustentado, consideravelmente, os estudos sobre esse tema, com destaque para as possibilidades de entendimento das situações decorrentes dos desequilíbrios físicos, químicos, biológicos, geológicos e sociais, bem como da intervenção humana para a retomada do equilíbrio.

Segundo os resultados do relatório SEPA (2006), há problemas para se reconhecer que as transformações de energia não se dão unicamente na biomassa, podendo se manifestar em calor e outras formas de energia que ocorrem em um ecossistema. Devido a esse tipo de dificuldade, não foram identificadas, com clareza, as interações dos tipos mutualista, predatória e por competição, que se dão continuamente entre os seres vivos nos ecossistemas.

Outro aspecto que denota dificuldade na aprendizagem diz respeito à identificação das condições de determinados fatores abióticos em um ecossistema. Para se atingir a compreensão, favorecer a interpretação e a aplicação dos conhecimentos que abrangem este tema, favorecendo a sua aplicação nas situações da vida cotidiana, é necessário dominar os conceitos básicos desse tema e conhecer o máximo possível as ferramentas que outras ciências proporcionam como a Matemática, a Física e a Química, entre outras disciplinas.

Para Mayer (1996), a devida compreensão da função do ambiente deverá contribuir para tornar claras as interações que se dão na biosfera e nos ecossistemas, tornando-se importante considerar que cada organismo é fruto de interações entre órgãos, aparelhos e sistemas, formados por um conjunto de células que interagem, no nível mais íntimo.

Esses conhecimentos possibilitarão, ainda, o estabelecimento de relações entre intervenção no ambiente, degradação ambiental e agravos à saúde humana e o entendimento do significado de desenvolvimento sustentável, como alternativa ao modelo atual de subsistência e exploração responsável dos recursos naturais. (MORAES; MANCUSO, 2004; KRASILSHICK, 2005; MARANDINO *et al.*, 2005).

Um bom mecanismo para articular a problemática dos processos envolvidos nas interações alimentares pode ser através de uma ou de várias seqüências tróficas, cadeias e teias alimentares, contribuindo para a consolidação do conceito em desenvolvimento e para o início do entendimento da existência de um equilíbrio dinâmico nos ecossistemas.

Nesse contexto, a tecnologia surge como um importante instrumento de intervenção, de base científica, podendo ser apreciada como moderna decorrência sistemática de um processo, em que o ser humano, parte integrante dos ciclos e fluxos que operam nos ecossistemas, nele intervém, produzindo modificações intencionais e construindo novos ambientes.

d) As Dificuldades na Aprendizagem dos Conteúdos sobre Genética e Evolução

➤ **Genética**

No amplo espectro dos conteúdos que compõem a Biologia, o tema Genética tem experimentado um novo advento, a partir da repercussão social que envolve alguns dos seus assuntos, tais como: clonagem, a descoberta do genoma humano e de outros seres vivos de importância médica e/ou econômica, além das técnicas de engenharia genética, que aumentaram a possibilidade de diagnóstico precoce e tratamento para algumas doenças de origem genética ou consideradas incuráveis até então.

A Genética é considerada um tema imprescindível à base conceitual para a compreensão da evolução dos seres vivos e da própria Biologia, constituindo um campo paradigmático para a ilustração de muitas das dificuldades e problemas de aprendizagem as quais se aludiu.

Ao longo do tempo, vem sendo observado o aumento do número de pesquisas que analisam as causas das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Genética (BANET, AYUSO, 1995, 1998, 2000a, 2000b; AYUSO, BANET, 1996; ABRIL, MUELA, QUIJANO, 2002; EL HANI, 2005; EL HANI, BIZO, 2002; OSBORNE, WITROCK, 1996; OSBORNE, 1996 e OSBORNE, 1997), dentre outros que serão apresentados nas discussões aqui desenvolvidas.

Deadman e Kelly (1978) realizaram um dos primeiros estudos nessa área, o qual indica que a compreensão imprópria de probabilidade e a ausência de um conceito simplificado de Herança Mendeliana são alguns dos maiores obstáculos para a aprendizagem de conceitos mais elaborados sobre esse tema.

De acordo com Deadman e Kelly (1978), existe a idéia generalizada, entre os professores de Biologia, que um dos temas de maior dificuldade, no processo de ensino-aprendizagem, é o de Herança Gênica. A partir desse ponto, vários pesquisadores (JOHNSTONE, MAHMOUND, 1980; BANET, AYUSO, 1995; WOOD-ROBINSON *et al.*, 1998) têm proposto soluções ou alternativas didáticas para minimizar esse tipo de problema, ao buscarem identificar os conteúdos mais difíceis de aprender ou de explicar sobre o tema referido.

Esses pesquisadores, embora sejam unânimes quanto à importância de reconhecerem que os conteúdos na área de Genética são portadores de elementos capazes de desencadear dificuldades durante a sua abordagem em aula. Alguns estudos têm demonstrado que a Genética é um tema considerado difícil, no que diz respeito à aprendizagem. (WOOD-ROBINSON *et al.*, 1998), demonstraram que esse fato pode ser observado até mesmo entre os estudantes que finalizam com sucesso o Ensino Secundário e passaram no Vestibular para os cursos da Área Biomédica. Este resultado foi observado a partir da aplicação de testes entre os estudantes universitários que estudaram tópicos de Genética, evidenciando que nem sempre eles conseguiam estabelecer as associações conceituais que os professores esperavam. (BAHAR, JOHNSTONE, HANSELL, 1999).

Lewis, Leach e Wood-Robinson (2000) sugeriram, nesse sentido, que, para os estudantes construírem uma estrutura conceitual coerente, que lhes permita uma melhor compreensão da Genética e da Hereditariedade, necessitam de alcançar um nível de compreensão elevado da relação entre estruturas básicas, em particular da ligação física entre genes e cromossomos, a qual deve ser explicitada pelos professores. Só assim os estudantes poderão compreender claramente, por exemplo, os processos da mitose, da meiose e da fecundação; os quais resultam num fluxo de informação genética dentro e entre os organismos.

Além disso, também existem problemas para se reconhecer e compreender os conceitos básicos da Genética, como: *gene*, *alelo*, *fenótipo*, *genótipo*, *homozigótico* e *heterozigótico*, *genopatia* e *doenças congênitas*. No trabalho desenvolvido por Abril, Muela e Quijano (2002), verificou-se que os estudantes confundiram o conceito de *genótipo*, com o conjunto de *genes* que caracterizam um ser vivo, e o *alelo* foi considerado como sendo cada uma das formas alternativas que pode ter um *gene*. A aprendizagem desses conceitos, convém ressaltar, é necessária para, por exemplo, o reconhecimento dos processos que fazem com que os pais transmitam características aos seus descendentes, durante os eventos que se dão na divisão celular por meiose.

Dentre os aspectos implicados no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Genética, Cid e Neto (2005) relacionaram o fato de muitos dos conceitos e processos abordados nessa área serem aprendidos em tópicos separados e o fato de as relações entre eles nem sempre serem explicitadas.

É importante manejar os conceitos de genótipo e alelo (entre outros) para compreender a teoria da herança proposta por Mendel. No entanto, de acordo com o referencial adotado (LEWIS, LEACH, WOOD-ROBINSON, 2000; ABRIL, MUELA, QUIJANO, 2002; CID, NETO, 2005), as dificuldades na aprendizagem são freqüentemente observadas quando os estudantes são convidados a fazer a identificação dos princípios básicos sobre a estrutura e as funções de todos os fatores envolvidos na herança, a síntese de proteínas e os mecanismos da divisão celular.

Esses também demonstram não distinguir as estruturas químicas das cadeias de DNA e de RNA, base da transmissão de informação que passa dos progenitores a seus descendentes, tanto no nível celular como no dos organismos superiores, nem destacar sua relação com os processos da mitose e da meiose.

O manejo de conceitos como *cromossomo*, *gene*, *alelo*, *mutação*, *fenótipo*, *genótipo*, *homozigótico*, *heterozigótico*, *dominante* ou *recessivo* é o mínimo que o professor deve dominar para conduzir o ensino, levando os estudantes a compreender que tanto a herança como a manifestação de suas características físicas dependem de fatores que se encontram nas células e que estão codificados por meio da estrutura de biomoléculas, como o DNA.

As causas atribuídas às dificuldades dos estudantes com a linguagem da Genética são, em particular, recorrentemente referidas e atribuídas ao fato de esta ser uma área caracterizada por um vasto e complexo vocabulário, para o qual os estudantes mostram, muitas vezes, dificuldades em compreender e diferenciar os conceitos envolvidos, como é o caso de termos como *alelo*, *gene* ou *homólogo*. Além disso, as próprias expressões matemáticas usadas neste contexto são muitas vezes alvos de confusões pelos estudantes, até porque os símbolos respectivos nem sempre são usados consistentemente por professores e autores de livros e manuais didáticos. (CID, ANTÓNIO, 2005).

A partir do reconhecimento de que os estudantes iniciam os estudos de Herança Gênica com idéias que são fruto de sua experiência pessoal e social, alguns autores como Deadman e Kelly (1978) propõem a escolha de métodos de ensino que levem em conta as idéias que os estudantes trazem para a escola. Inclusive, seguindo o exemplo de outros pesquisadores, sugeriram diferentes métodos para detectar os conceitos errôneos que os estudantes possuem, os quais

podem ser identificados quando se deparam pela primeira vez com o estudo dos temas que envolvem esse conteúdo.

A aprendizagem de tais conteúdos requer, em linhas gerais, a construção prévia dos conhecimentos sobre Citogenética - que são vistos no primeiro ano do Ensino Médio, quando também são enfocados os conteúdos que abrangem a organização do núcleo celular, os mecanismos de divisão celular (mitose e meiose) e a gametogênese, gerando um distanciamento do *continuum* necessário à condução do ensino desses conteúdos interdependentes.

Trivelato (1988), ao investigar o ensino de Genética Humana em uma escola, constatou que os estudantes apresentavam noções inadequadas sobre os conteúdos dessa área. O autor demonstrou que eles revelavam mais interesse e participavam qualitativamente da aula quando havia abordagem de temas da Genética nos quais eram mencionados exemplos humanos ou dos quais os estudantes tinham alguma referência conceitual anterior.

Ao verificar que a Genética Humana recebe pouco destaque durante as aulas de Biologia, o referido autor correlacionou este fato ao baixo benefício que esses estudantes atribuem às informações que lhes são transmitidas. Recomenda que, para mudar tal situação, é necessário deslocar o enfoque tradicional na abordagem desses conteúdos e passar a privilegiar os assuntos que têm maior relevância para os estudantes, ordenando-os de acordo com os anseios e as suas necessidades, para que esses temas despertem o seu interesse e promovam aprendizagem.

Tem-se observado que, apesar da produção científica na área da Genética Molecular ter produzido uma infinidade de novos conhecimentos sobre os mecanismos envolvidos na hereditariedade, algumas pesquisas realizadas sobre a aprendizagem dos seus conceitos e sobre as concepções que o estudante constrói acerca desses conteúdos revelaram que a maioria das pessoas ainda possui escassas informações sobre os conhecimentos básicos dessa área.

As pesquisas realizadas por Ayuso e Banet (1995) e Silveira e Amabis (2003) pontuam, dentre os elementos que geram dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Genética, o fato de: a) os estudantes acreditarem que os vegetais não possuem células, genes ou cromossomos; b) muitos estudantes, mesmo após concluírem o Ensino Médio, atribuírem significados errôneos a conceitos básicos como cromossomos, genes alelos, mutações; c) existir a concepção de que as

células que possuem material genético se localizam no sangue e no sistema reprodutivo (geralmente masculino); d) em diversos casos, os estudantes interpretarem, de maneira equivocada, os fenômenos da *dominância* e da *recessividade* e situarem genes alelos em um mesmo cromossomo.

Este estado, com relação ao ensino-aprendizagem, é preocupante pelo fato de o estudo da herança biológica ser um dos pontos norteadores da construção do conhecimento da Biologia. No entanto, observamos um aspecto que pode colaborar para o aumento do surgimento dessas dificuldades, pelo fato de distanciar-se, em termos de abordagem dos conteúdos, que é o fato dos conteúdos sobre a genética e evolução serem abordados no último ano do Ensino Médio.

Esses autores chamam a atenção para o fato de que muitos estudantes não compreendem a existência de informações genéticas em todas as células, por não se dar a devida importância ao significado de processos como a meiose ou os mecanismos de transmissão das características hereditárias durante as aulas.

Por fim, é interessante destacar que, ao apresentar temas da Atualidade, o professor pode favorecer a visão da Ciência como fruto da construção humana e, portanto, suscetível a erros e questionamentos a respeito da validade e aplicabilidade dos conhecimentos produzidos. Além disso, a Genética, sendo uma das áreas básicas das Ciências Biológicas, é fundamental para explicar diversos conceitos relacionados a outros ramos da Biologia e proporcionar a contextualização do ensino que está sendo ministrado.

➤ **Evolução**

Rodriguez (1995), ao realizar uma análise das pré-concepções dos estudantes do Ensino Secundário a respeito de evolução e herança dos caracteres genéticos, constata que a existência generalizada de uma compreensão imprópria a respeito de probabilidade e a ausência de conceitos simplificados sobre Herança Mendeliana constitui obstáculos para o desenvolvimento de conhecimentos mais elaborado sobre essa temática.

A Teoria Sintética da Evolução é considerada a teoria mais unificadora dentre todas as teorias biológicas, entretanto, do ponto de vista da sua *transposição didática*, isto é, a transformação do “saber dos sábios” em saber pronto para ser ensinado (CHEVALLARD, 1985), o tema se torna problemático. Esse aspecto pode

ser decorrente do fato de o conceito de Evolução mostrar-se permeado por obstáculos epistemológicos, geralmente de fundo ideológico, filosófico e teológico, o que torna a sua abordagem, em contexto de sala de aula, particularmente difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos estudantes.

Deve-se enfatizar que a compreensão dos processos evolutivos tem um papel central na conceitualização de todos os temas da Biologia. (ALMEIDA, FALCÃO, 2005). Contudo é freqüente, em vários livros didáticos de Biologia adotados no Brasil, a abordagem do tema como concluído, desprovido de contextualização histórica para a compreensão, por parte dos estudantes, de como os conceitos foram desenvolvidos ao longo do tempo. No lugar da contextualização, apresentam-se: a dicotomia teórica entre lamarckismo x darwinismo, a viagem de Darwin no *Beagle* e a sua demora na publicação de “A Origem das Espécies”.

Deve ser destacado que o termo “evolução” é uma metáfora viva, contendo, portanto, necessariamente uma certa carga de ambigüidade polissêmica. Segundo Astolfi e Develay, 1995, p.49), “[...] trata-se de um fenômeno geral denominado de ‘processo de dogmatização’, como uma retificação de teorias científicas no âmbito do saber escolar”.

Conforme enfatizado por Lewontin (2002, p. 9), “[...] não se pode fazer ciência sem usar uma linguagem cheia de metáforas”. Deve-se atentar para o fato de que “[...] se metáforas podem ser usadas como ‘amplificadores culturais’, é preciso não perder de vista que elas podem desviar completamente o indivíduo da compreensão conceitual desejada.” (ALMEIDA, FALCÃO, 2005, p. 18).

Conforme o Relatório SEPA (2006), os problemas de aprendizagem na área de Evolução são verificados a partir das dificuldades para se manejar corretamente a terminologia, com a finalidade de adequá-la ao nível dos estudantes e fazer com que estes possam iniciar a compreensão dos processos hereditários de maneira clara. Por exemplo, ao compreender a função do DNA, os estudantes também poderão entender por que os filhos se parecem com os pais, mas não são idênticos a eles, e como o ambiente pode modificar suas características físicas, sem que necessariamente transmitam essas mudanças aos seus descendentes.

Mellado (1999) enfatiza que, nos estudos sobre Genética e Evolução, ao ser focalizada a Teoria Sintética da Evolução, é possível identificar a contribuição dos diferentes campos do conhecimento, como a Paleontologia, a Embriologia, a

Genética e a Bioquímica, a partir dos seus temas centrais, para a compreensão das teorias, dos conceitos de adaptação e da seleção natural (como mecanismos da evolução), bem como da dimensão geológico-temporal do processo evolutivo.

A importância em relacionar, aos estudos sobre a ocupação humana, a comparação com a dinâmica populacional (humana e de outros seres vivos), permitirá compreender e julgar modos de realizar tais intervenções, por meio do estabelecimento de relações com os fatores sociais e econômicos envolvidos.

Em todos os ramos disciplinares, principalmente nas Ciências Naturais, esse cenário permeia as esferas de nossa vida pessoal, mobilizando continuamente nossa reflexão acerca dos valores, atitudes e conhecimentos que pautam a vida no ambiente natural e o convívio na Sociedade, pois a dinâmica social desafia, apresenta novos problemas, questiona a adequação de nossas antigas soluções e exige um posicionamento rápido e adequado a este cenário de transformações.

Convém ressaltar que as dificuldades na aprendizagem podem ser consideradas empecilhos para se vir a compreender as Teorias da Evolução. Isto se confirma quando o estudante não reconhece como os conhecimentos da Genética, da Anatomia Comparada, da Embriologia, da Paleontologia e da Bioquímica complementam e explicam muitos dos mecanismos que tenham dado origem à aparição de novas espécies. (BRUMBY, 1979a, 1979b; BIZZO, 1991, 1997; LAWSON, WORSNOP, 1992; KINDFIELD, 1994; BISHOP, 1995; SANTOS, INFANTE-MALACHIAS, AMABIS, 2003; ALMEIDA, FALCÃO, 2005; FERREIRA, JUSTI, 2004; HERNÁNDEZ, RUIZ, 2000; TEJADA, GARCÍA, HÓDAR, 2007).

A manifestação de dificuldades de compreensão de conceitos como: *variabilidade, mutação, recombinação, deriva gênica e seleção natural* costuma se refletir no entendimento das razões que o uso indiscriminado de antibióticos provoca na proliferação das bactérias resistentes e a forma como esses micróbios atingem a resistência - um tema que envolve muitos dos conteúdos mencionados neste capítulo.

A partir das discussões aqui desenvolvidas, alguns recortes tornaram-se necessários, a fim de que pudesse ser explicitado o posicionamento teórico a ser assumido para as análises que serão desenvolvidas nesta pesquisa. Dentre esses recortes, destacam-se alguns elementos teóricos que emergiram da sistematização das análises descritivas e das reflexões aqui desenvolvidas, dos quais, será considerado que:

- O alcance da aprendizagem dos conteúdos de Biologia demanda a integração dos componentes cognitivos, afetivos e valorativos do indivíduo;
- A aprendizagem dos conteúdos de Biologia depende de vários aspectos, dentre os quais se inserem: a sua natureza, a prioridade que lhe foi conferida durante o ensino e a relevância que esses assumem na vida do estudante;
- Durante a aprendizagem dos conteúdos escolares, há interferência dos conhecimentos pertencentes ao elenco de saberes de cada indivíduo – as concepções prévias (alternativas) -, que o estudante constrói sobre os conceitos biológicos;
- As concepções alternativas têm o poder de influenciar/induzir o estudante ao erro no momento da avaliação da aprendizagem;
- Durante a abordagem das diversas temáticas que compõem o conhecimento da Biologia, cada conteúdo requer um nível diferente de abstração, exigindo uma demanda cognitiva diferenciada por parte do estudante e momentos de sistematização dos novos conhecimentos que deverão ser construídos ou reconstruídos.

As discussões sobre os diferentes contextos, nos quais se discutiram as dificuldades de aprendizagem dos conhecimentos da Biologia, servirão de referência na identificação das dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos candidatos no contexto do Vestibular da UFRN. Chegou-se ao consenso de que essas dificuldades, independentemente de sua origem, se expressam quando o candidato escolhe as alternativas incorretas nas provas de múltipla escolha do referido Vestibular.

No sentido de atingir o objetivo geral, proposto para esta pesquisa, e buscando responder às questões de estudo, essas discussões permitiram o delineamento das categorias de análise, conforme está disposto no percurso metodológico que se apresenta no capítulo seguinte.

CAPÍTULO III - O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Neste capítulo se apresenta o percurso metodológico da pesquisa, no qual constam as questões de estudo e a tese que se defende sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos biológicos.

As questões de estudo levantadas *a priori*, que permearão os diversos momentos deste processo investigativo, consistem em identificar:

- Quais conteúdos (temas/subtemas) foram explorados nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, no período de 2001 a 2008?
- Quais foram os procedimentos exigidos pelas questões dessas Provas?
- A contextualização presente nas situações que compõem as questões das Provas e a presença de elementos não-textuais influenciam no aumento da dificuldade da questão?
- Em quais conteúdos (temas e subtemas), os candidatos obtiveram os menores índices de aproveitamento?
- Em quais procedimentos os candidatos obtiveram os menores índices de aproveitamento?
- Quais foram os tipos de erros mais freqüentemente cometidos pelos candidatos nas Provas do Vestibular da UFRN aplicadas no período proposto para este estudo?

Torna-se necessário esclarecer que, apesar de haver a intenção de analisar os dados qualitativamente, também será dado um enfoque quantitativo, por meio das análises desenvolvidas com utilização do programa de análise qualitativa de dados quantitativos Modalisa 4.5, no sentido de verificar a associação entre as variáveis expressas nas questões de estudo.

Quanto à natureza dos seus objetivos, esta pesquisa assume um caráter descritivo (BARDIN, 1977), uma vez que se buscou descrever as características de duas situações: a primeira com relação à dificuldade na aprendizagem dos conteúdos de Biologia (temas, subtemas e procedimentos), nos quais os candidatos que se submeteram ao Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008,

apresentaram baixo Índice de Aproveitamento; a segunda, atinente à natureza do erro que os candidatos cometeram nessas Provas.

A tese defendida se configura em duas dimensões: 1) Os conteúdos explorados nas provas do Vestibular da UFRN se distribuem uniformemente ao longo dos anos, sendo priorizados os procedimentos que exigem demandas cognitivas diversificadas na solução dos problemas; 2) os resultados observados nas provas, em relação ao baixo Índice de Aproveitamento, indicam a existência de áreas dessa disciplina nas quais há *déficit* de aprendizagem, também explicitando as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos interdependentes.

Foram construídas categorias de análise, com o intuito de obter respostas às questões de estudo levantadas, cujas peculiaridades e finalidades serão descritas em momento posterior, ainda neste capítulo.

3.1 DESCRIÇÃO DAS FONTES DE COLETA DE DADOS

Os dados que se prestaram ao desenvolvimento desta pesquisa foram colhidos de duas fontes, quais sejam: as Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN - período de 2001 a 2008 - e os resultados apresentados nos Relatórios do Processo Seletivo Vestibular desse período, emitidos pela COMPERVE/UFRN.

As Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, utilizadas nesta pesquisa, compõem a primeira etapa do Processo de Seleção e têm função classificatória e eliminatória. As suas questões versam sobre os conhecimentos específicos dessa área e visam avaliar o domínio dos conteúdos e a capacidade do candidato para fazer a interpretação adequada das situações apresentadas.

Essas Provas, até o Vestibular de 2007, eram compostas por quinze questões, contendo, cada uma, quatro alternativas para escolha pelo candidato. A partir do Vestibular de 2008, passaram a apresentar doze questões, sendo mantido o mesmo número de alternativas para cada questão.

Em tais questões, priorizam-se a base do item ou enunciado **(1)**, um comando ou solicitação **(2)** e quatro alternativas, das quais uma é a correta **(3)** e as demais são dispersores **(4)**, conforme representado no Quadro 7.

Vestibular UFRN 2002 Questão 01. Professor Astrogildo mostrou à turma a grande quantidade de poeira e fuligem depositada sobre a vegetação em torno da área da mineração, alertando para os prejuízos provocados nas funções das plantas. **(1)**

Nesse caso, a função vegetal que está diretamente prejudicada é a **(2)**

A) fotossíntese. (3)	C) síntese protéica. (4)
B) germinação. (4)	D) divisão celular. (4)

QUADRO 7 Elementos que compõem a estrutura de uma questão da Prova de Múltipla Escolha da UFRN (COMPERVE/UFRN, 2002).

A base do item inclui o que é estritamente necessário para que o sentido correto da resposta seja compreendido. O comando é a exigência ou solicitação feita sobre o enunciado ou situação, cuja função é direcionar o candidato para a escolha da alternativa correta, ou seja, aquela que se adapte à base, de modo que não retem dúvidas a respeito de sua veracidade e pertinência. Os dispersores são itens incorretos, cuja função é confundir os estudantes menos informados; aqueles que não tenham estudado suficientemente ou não tenham compreendido completamente o conteúdo. (COMPERVE/UFRN, 2002).

No caso específico desta pesquisa, a escolha dos dispersores pelos candidatos, ou seja, a escolha da alternativa incorreta, será relacionada com a dificuldade na aprendizagem dos conteúdos (tema, subtema e procedimento) priorizados pela questão e como reflexo da influência exercida pelas concepções alternativas construídas sobre o conteúdo pelos candidatos.

Nessas Provas do Vestibular, as opções de respostas à pergunta não contêm alternativas absurdas à situação proposta e todas concorrem com as mesmas possibilidades de escolha pelo candidato. Portanto temos uma prova organizada de forma tal, que todas as alternativas deverão ser plausíveis de resposta e não favorecer procedimentos cognitivos relacionados com a memorização, visto que são situações que não se excluem uma à outra.

A opção pela utilização das Provas de Múltipla Escolha como instrumento de coleta de dados da pesquisa deveu-se a três motivos:

- Esse tipo de Prova oferece vantagens em termos quanti/qualitativos, tanto pelo número de questões que disponibilizam (cento e dezessete), para os oito anos de provas, quanto pela representatividade esperada para os conteúdos;
- São Provas realizadas por todos os candidatos que se submetem ao Vestibular da UFRN. Sendo assim, as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos (temas, subtemas e procedimentos), que se apresentarem por meio do baixo Índice de Aproveitamento obtido pelos candidatos nas questões desse tipo de prova contribuem no sentido de mostrar um panorama da situação de aprendizagem desses conteúdos entre os estudantes que concluíram o Ensino Médio.

Esses dados fornecerão subsídios para os Cursos de Formação de Educadores, para os Educadores que atuam no Ensino Médio e para a Equipe de Elaboração das Provas;

O elevado número de candidatos (Quadro 8) que se submete anualmente ao Vestibular promovido pela COMPERVE/UFRN garante um alto grau de confiabilidade dos resultados que se apresentarem quanto a esse tipo de dificuldade.

Ano do vestibular	Número de Candidatos que fizeram a Prova
2001	20.235
2002	23.383
2003	22.176
2004	24.467
2005	23.135
2006	24.473
2007	22.796
2008	21.392
Total	160.665

QUADRO 8 Número de Candidatos, por ano de Vestibular da UFRN (Relatório do Processo Seletivo Vestibular, COMPERVE, 2001-2008).

Os Relatórios dos Vestibulares emitidos pela COMPERVE/UFRN, no período do estudo (2001-2008), forneceram informações relevantes quanto ao índice de acerto obtido por questão/ano da prova e quanto ao número total de candidatos que, em cada ano, fizeram a prova.

Os dados quanto ao índice de aproveitamento da questão foram utilizados na construção da categoria de análise *Dificuldade da Questão*, conforme será apresentado no próximo tópico deste capítulo.

3.2 CATEGORIAS DE ANÁLISE

Denominaram-se “Categorias de Análise” as categorias empíricas que se prestaram às análises dos dados e ao alcance dos resultados da presente pesquisa. Essas categorias emergiram das diversas fontes adotadas na construção deste trabalho, incluindo-se as reflexões e discussões que compõem o referencial adotado nos capítulos teóricos.

As categorias utilizadas na realização das análises dos resultados desta pesquisa foram: *Conteúdo* (tema, subtema e procedimento), *Índice de Aproveitamento da Questão*, *Estrutura da Questão*, *Contextualização da Questão* e *Tipologia de Erro*. Tais categorias serão descritas a seguir:

3.2.1 Conteúdo

A categoria *Conteúdo* foi amplamente discutida no Capítulo I desta Tese, daí o posicionamento teórico assumido para ela já estar anteriormente definido.

Com o intuito de atingir os objetivos para os quais se propõe esta pesquisa, estabeleceram-se três subcategorias relacionadas ao conteúdo: *tema*, *subtema* e *procedimento*.

Como a principal fonte de coleta de dados utilizada na presente pesquisa foi a Prova do Vestibular da UFRN, achou-se por bem utilizar a categoria *Tema*, conforme se apresenta no Programa desse Concurso, fornecido pela COMPERVE/UFRN (2008, p. 36), no qual os conteúdos da Área de Biologia estão

agrupados em oito blocos temáticos, a saber: *A célula, Seres Vivos, Ecologia, Genética, Evolução, Reprodução Humana, Saúde e Doença e Biotecnologia* (Quadro 2).

Cada *Tema* inclui o que se denominou *Subtema*, ou seja, as sub-áreas nas quais estão distribuídos os conteúdos pertencentes a cada *Tema*. Essa categoria será utilizada para identificar a incidência dos *Temas* e *Subtemas* explorados nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, no período de 2001 a 2008.

A construção da categoria *Procedimento* se deu pela análise do procedimento exigido do candidato, durante a escolha da alternativa correta da questão da Prova. Nessa análise, incluem-se o enunciado e as alternativas fornecidas para a sua escolha. Consideraremos que uma mesma questão pode exigir vários procedimentos.

Por compreender que apenas listar o procedimento exigido seria insuficiente para contemplar o domínio das estratégias exigidas por cada um dos procedimentos priorizados pelas questões das provas, buscou-se correlacionar o significado que esses procedimentos assumem, conforme se apresentam nas questões (enunciado das perguntas ou composição das alternativas), tal como se encontra disposto no Quadro 9.

Procedimento Exigido	Correspondência de sentido
Analisar situação/ aplicar conceito	Submeter uma situação ou contexto à crítica, tendo em vista conhecer sua natureza, suas proporções, suas funções, suas relações em uma dada situação. Aplicar os conceitos em um contexto; associar/identificar elementos do conhecimento ou do conceito a uma situação imposta.
Associar	Estabelecer uma correspondência entre dois ou mais elementos. Reunir num só conjunto, agregar, unir.
Comparar	Estabelecer as semelhanças/diferenças ou relações entre elementos. Confrontar, igualar, pôr em confronto.
Analisar Figura / Esquema / Tabela	Observar, examinar com minúcia, explorar os dados representados em uma tabela, as informações contidas em um esquema ou figura, extraindo as informações.
Analisar situação	Tornar claro o sentido de algo. Explicar, traduzir, aclarar, reproduzir o pensamento ou sentido de uma situação proposta. Julgar, considerar algo representado por meio de uma situação.
Classificar	Distribuir determinados elementos em classes. Arrumar, ordenar, determinar as categorias (para um conjunto), qualificar algo.
Correlacionar	Estabelecer relação ou correlação entre situações ou categorias propostas. Identificar correspondência entre variáveis ou a dependência entre as funções de distribuição de duas variáveis aleatórias, em que a ocorrência de uma favorece a variação da outra.
Generalizar	Tornar geral. Não fazer restrições individuais. Difundir vários elementos ou sujeitos, tornando algo comum a um grupo ou grupos.
Identificar	Determinar a identidade, tomar o caráter ou configurar-se como.
Inferir	Deduzir por meio de raciocínio. Tirar por conclusão a partir de uma situação que se apresenta. Concluir, assumir uma posição que não é conhecida diretamente, a partir da ligação dela com outras proposições assumidas como verdadeiras.
Interpretar texto	Explorar, traduzir, aclarar, reproduzir o pensamento ou sentido de algo exposto. Julgar, considerar algo representado por meio de uma proposição ou texto.
Interpretar gráfico	Explorar, traduzir, aclarar, reproduzir o pensamento ou sentido de determinada situação representada graficamente. Julgar, considerar algo representado por meio de gráfico.
Reconhecer	Conhecer de novo. Admitir como certo, certificar-se, constatar, aceitar, dar a conhecer, identificar, admitir como verdadeiro ou legítimo, conhecer.
Seqüenciar	Estabelecer a ordem precisa na qual aparece um dado elemento. Delinear a ordem. Fazer a listagem da seqüência.

QUADRO 9 Procedimentos exigidos durante a escolha da resposta de questões de múltipla escolha das Provas do Vestibular da UFRN e a correspondência de sentido.

Essa categoria se aplicará à identificação dos conteúdos procedimentais explorados nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, no período de 2001 a 2008.

3.2.2 Índice de Aproveitamento

O *Índice de Aproveitamento* (IA) é uma categorização da variável que resulta da divisão do número de pessoas que responderam corretamente à questão, em relação ao número total dos que responderam à mesma questão, multiplicando-se o resultado por cem. (CROCKER; ALGENA, 1986).

Os dados que favoreceram a definição dessa categorização foram obtidos dos Relatórios do Vestibular emitidos pela COMPERVE/UFRN (2001-2008), os quais serão utilizados para favorecer a identificação da dificuldade na aprendizagem, que se expressa nas análises do IA obtido pelos candidatos, em função dos *Temas*, *Subtemas*, *Procedimento*, *Contextualização da Questão* e presença de *elementos não-textuais* priorizados nas questões das provas.

Os dados numéricos pertencentes a essa categoria foram organizados em intervalos de classes (Quadro 10), conforme a sua concepção inicialmente apresentada nas pesquisas desenvolvidas por Dias, Soares, Silva e Núñez (2004). A organização do IA em intervalos de classe, a partir dos resultados obtidos pelos candidatos, possibilitou o seu agrupamento em cinco categorias, quais sejam: IA Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto.

Classificação quanto ao Índice de Aproveitamento	Percentual de Acerto da Questão
Muito Baixo	De 0 a 20%
Baixo	Acima de 20 a 40%
Médio	Acima de 40 a 60%
Alto	Acima de 60 a 80%
Muito Alto	Acima de 80 a 100%

QUADRO 10 Intervalos de classe para a Categoria IA das questões das Provas (DIAS, SOARES, SILVA, NÚÑEZ, 2004).

Essa categoria se aplicará às análises dos dados, quanto ao IA observado nas cento e dezessete questões dos oito anos de provas, para um total de cento e sessenta mil, seiscentos e sessenta e cinco candidatos que a elas responderam, considerando-se o Vestibular da UFRN, no período mencionado.

Nessas análises não será levado em consideração o número de repetições de realização do Concurso Vestibular, por parte de algum candidato, uma vez que a análise desse dado não constitui objetivo desta pesquisa.

A aplicabilidade da categoria IA no cumprimento dos objetivos propostos para esta Tese consistirá na identificação dos temas, subtemas e procedimentos, nos quais os candidatos obtiveram os menores índices. Os baixos IAs obtidos pelos candidatos serão correlacionados às dificuldades de aprendizagem que estes apresentaram para os conteúdos em questão, de acordo com Dias, Soares, Silva e Núñez (2004).

3.2.3 Contextualização da Questão

A categoria “Contextualização da Questão” será atribuída às situações observadas na Prova do Vestibular da UFRN, nas quais se identificou que o conteúdo/situação não se reduz a uma mera ilustração ou aplicação direta dos conceitos em resposta a uma solicitação.

Neste caso, as informações que se apresentam nas questões das Provas são pertinentes à construção e ao tratamento dado ao problema, não aceitando respostas diretas à situação proposta, valorizando o conhecimento do cotidiano, o saber popular e outras formas de conhecimento, os quais se revelam como necessárias para a atribuição de sentidos.

Foram desenvolvidos questionamentos quanto à interferência que essa variável pode exercer no aumento do nível de dificuldade da questão. No intuito de identificar essa possibilidade Dias, Soares, Silva e Núñez (2004) construíram, a partir da análise da estrutura da Prova do Vestibular da UFRN, duas subcategorias: *Situação Contextualizada* e *Situação Direta*, que estão caracterizadas a seguir.

a) Situação Contextualizada

Considerando-se que as informações necessárias à análise de um objeto se expressam como uma unidade, a base apresentada neste tipo de questão dá prioridade à expressão de um fato ou situação que se apresenta em um contexto. A

solicitação e as alternativas de resposta, inclusive os dispersores, estão relacionadas a esse contexto, embora apenas uma satisfaça à exigência implícita na questão.

b) Situação Direta

Uma questão será concebida como direta, quando as questões que se expressam nas Provas utilizam uma base/solicitação direta e quando, nas alternativas para a escolha pelos candidatos, não são observadas quaisquer tentativas de levar o conteúdo explorado a um contexto.

A contextualização foi considerada como uma variável que tem o poder de influenciar no nível de dificuldade da questão. Para identificar a veracidade desse evento, foi realizada a análise comparativa quanto ao IA (muito baixo ou baixo) e o IA (alto ou muito alto) obtidos pelos candidatos nas questões que priorizaram a contextualização.

3.2.4 Estrutura da Questão

A estrutura da questão é definida pelas conformações que a compõem, expressadas por meio das diferentes linguagens (textual e não-textual). Na categorização aplicada à análise das questões das Provas do Vestibular da UFRN, em termos de estrutura, foi verificado que estas contemplam elementos diversos (textuais e não-textuais), que se incorporam ao evento que se pretende avaliar – temas, subtemas e procedimentos, podendo constituir que obstáculos durante a escolha da alternativa correta da Prova.

No sentido de avaliar a dificuldade da questão em decorrência desse evento, a partir dos estudos iniciais desenvolvidos por Dias, Soares, Silva e Núñez (2004), foram construídas quatro subcategorias, as quais estão caracterizadas a seguir:

a) Texto: classificado, segundo a Lingüística, como um conjunto de palavras de uma mesma língua, que, juntas, expressam um significado próprio. Neste caso, as questões das Provas do Vestibular da UFRN nas quais, durante a

análise, observaram-se exclusivamente a presença de pequenos textos explicativos ou apenas a presença da solicitação, serão classificadas na categoria Texto.

b) Texto com Tabela: segundo o conceito matemático-estatístico, a tabela será considerada como uma representação matricial, isto é, disposição de dados numéricos em linhas e colunas. As tabelas são a conjugação entre o pensamento abstrato e a necessidade de visualização do sujeito. Elas são portadoras de um ponto muito forte, que é a capacidade de fornecer muita informação em um espaço reduzido.

Para as análises desenvolvidas neste trabalho, considerou-se que a presença da variável *tabela*, nas questões das Provas de Biologia do Vestibular da UFRN, constitui um fator que aumenta o nível da dificuldade da questão, podendo figurar entre os aspectos que influenciam na escolha da alternativa incorreta pelo candidato. Para constatar a ocorrência desse fato, os resultados quanto ao IA (muito baixo ou baixo), obtidos pelos candidatos nas questões que apresentam dados ou informações organizadas em tabelas, foram comparados com os IA (alto ou muito alto) obtidos pelos candidatos nas questões nas quais esses elementos não aparecem.

c) Texto com Gráfico: segundo o conceito matemático-estatístico, é um instrumento que possibilita transmitir o significado de planilhas ou tabelas complexas, de uma forma mais eficiente e mais simples. Serve para reproduzir uma periodicidade ou aperiodicidade de coordenadas para a representação de um fenômeno qualquer.

Utilizando-se os dados tabulados, é possível expressá-los por meio de um gráfico, fazendo-se a representação em um *eixo X* horizontal (abscissa), em que são colocados os valores da variável independente (por exemplo: tempo, valores, faixas etárias, medidas métricas, anos, meses, dias da semana, localidades geográficas) Esse eixo *X* se correlaciona com um *eixo Y* vertical (ordenada), no qual serão colocados os valores da variável dependente (por exemplo: espaço, crescimento, distância de um referencial). Por meio de um gráfico, é possível visualizar-se o comportamento das grandezas envolvidas de uma maneira fácil e rápida, que

possibilita a verificação de como estas se comportam em função de outra (por exemplo: variação da glicemia após uma refeição).

Nas análises desenvolvidas neste trabalho, a presença da variável *gráfico* nas questões das Provas será vista como um fator que aumenta o nível de dificuldade da questão, podendo figurar entre os aspectos que dificultam a escolha da alternativa correta da questão.

No sentido de verificar esta proposição, foram realizadas análises comparativas quanto ao IA (muito baixo ou baixo) com os IA (alto ou muito alto) obtidos pelos candidatos nas questões que apresentam dados ou informações representadas por meio de gráfico, com os IA (muito baixo ou baixo) e IA (alto ou muito alto), verificados nas questões nas quais essa variável não aparece.

d) Texto com Ilustração: serão considerados ilustração os elementos gráficos sem expressão de dados matemático-estatísticos nem esquemático, tais como desenho de qualquer natureza estética, conhecido também como *texto não verbalizado*, incluindo as ilustrações, os desenhos, as colagens, as fotografias e as pinturas.

É impossível negar que todo texto ilustrado vai, necessariamente, receber interferência de suas ilustrações. Sendo assim, a energia, a leitura (ilustrar é interpretar), o imaginário, a linguagem, as cores, o clima, a técnica, as referências icônicas vão alterar e interferir na leitura (e no significado) do texto. (AZEVEDO, 2007).

Para as análises que serão desenvolvidas neste trabalho, a presença da variável *ilustração*, nas questões das Provas, será vista como um fator com o poder de influenciar num aumento do nível de dificuldade da questão, podendo figurar entre aqueles aspectos que determinantes desse aumento, por ocasião da escolha da alternativa correta da questão.

Os resultados quanto ao IA (muito baixo ou baixo) obtido pelos candidatos nas questões que apresentam essa variável serão comparados com os IA (alto ou muito alto) obtidos pelos candidatos com os IA (muito baixo ou baixo) e com os IA (alto ou muito alto), verificados nas questões nas quais essa variável não aparece, objetivando-se observar a veracidade dessa afirmação.

3.2.5 Erro

Visando responder à última questão de estudo proposta nesta pesquisa, as questões das provas serão analisadas buscando-se identificar o tipo de erro que o candidato cometeu, ao escolher a alternativa incorreta da prova. Essa categoria se presta à identificação dos temas e subtemas do conhecimento de Biologia, nos quais os candidatos não obtiveram sucesso, com base no IA, cujos resultados servirão para identificar a tipologia de erro mais freqüentemente observada para cada tema e subtema da área de Biologia.

Nesse caso, o erro será identificado:

- A partir das questões incorretas que o candidato escolheu;
- Nas questões em que se verificou o IA mais baixo.

Após serem colhidos, os dados obtidos das análises das questões serão tabulados numa base de dados na Planilha Excel e processados pelo programa de análise qualitativa de dados quantitativos Modalisa 4,5.

Os resultados serão apresentados e discutidos no próximo capítulo deste trabalho, conforme as questões de estudo apresentadas previamente.

CAPÍTULO IV - AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA: O QUE SINALIZAM OS RESULTADOS DESTA PESQUISA

Neste capítulo, se apresentam os resultados e discussões concernentes à análise das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, identificadas a partir dos conteúdos avaliados nas oito Provas de Múltipla Escolha do Vestibular da UFRN. Essas provas, aplicadas no período compreendido entre 2001 e 2008, tiveram suas questões respondidas por cento e sessenta mil, seiscentos e sessenta e cinco candidatos, somando-se o número de inscritos nos oito anos de Vestibular.

As discussões apresentadas neste capítulo se desenvolverão na ordem em que os objetivos da pesquisa foram dispostos, de forma que inicialmente buscaremos identificar os temas e subtemas contemplados nas provas citadas.

No tópico seguinte serão identificados os procedimentos mais freqüentemente exigidos dos candidatos, nas questões dessas provas.

Em seguida, será verificado se a contextualização da questão e a presença de elementos não-textuais representados por figuras, tabelas, gráficos e esquemas, nas questões dessas provas, influenciam no aumento do seu nível de dificuldade, podendo influenciar na redução do índice de aproveitamento da questão.

No próximo tópico, correlacionaremos os baixos Índices de Aproveitamento obtidos nas questões com os temas, subtemas e procedimentos, a fim de sinalizar as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos.

Por último, identificaremos os erros cometidos pelos candidatos nas questões das provas. O tipo de erro que o candidato comete nessas provas será avaliado para os temas e subtemas nos quais foram observados os menores Índices de Aproveitamento na questão.

Em alguns momentos, os erros serão discutidos como formas de manifestação das concepções alternativas que o candidato constrói sobre os conteúdos, as quais se expressam como elementos que influenciam no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia. Em outros momentos, esses erros serão apresentados como resultado da falta de aprendizagem dos conteúdos, que se explicam a partir dos motivos discutidos no capítulo teórico que trata deste tema.

4.1 OS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA (TEMAS/SUBTEMAS) EXPLORADOS NAS QUESTÕES DAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DO VESTIBULAR DA UFRN

Para que sejam iniciadas as análises e discussões dos dados, torna-se necessário esclarecermos que, a utilização dessas categorias de análise, está isenta de pretensão em propor a separação entre os conteúdos conceituais e procedimentais. Também não se objetivou fazer apologia à fragmentação dos conteúdos durante o ensino de Biologia, quando da identificação em separado dos conteúdos (temas, subtemas e procedimentos) mais freqüentemente abordados nessas provas. Igualmente, esclarecemos que a identificação em separado desses conteúdos tornou-se necessária para facilitar as análises, no sentido de favorecer o exame das questões das provas e de melhorar a visualização dos resultados deste estudo.

Os conteúdos conceituais, aqui denominados *Temas*, são as áreas específicas dos blocos de conteúdos, enquanto os subtemas são os conteúdos que compõem cada tema.

Para fazer essa categorização dos temas/subtemas, tomamos como referência a listagem de conteúdos do Programa do Vestibular da UFRN (COMPERVE, 2008, p. 34), conforme se encontra apresentado no Quadro 2.

Os resultados obtidos para as discussões dessa primeira questão de estudo estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 Temas e subtemas explorados nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia, nos Vestibulares da UFRN do período de 2001 a 2008.

TEMAS	SUBTEMAS	Quantidade relativa de questões sobre o Tema	Percentual de questões sobre o Tema	Quantidade relativa de questões sobre o Subtema	Percentual de questões sobre o Subtema
ECOLOGIA	* Ciclos Biogeoquímicos	19	16,2%	5	4,3%
	* Efeitos da ação humana sobre o ambiente			5	4,3%
	*Populações e Comunidades			1	0,9%
	* Relações entre os seres vivos			3	2,6%
	*Cadeia alimentar/Pirâmides ecológicas			5	4,3%
SERES VIVOS	* Funções Biológicas nas Plantas	34	30,6%	8	6,8%
	* Funções Biológicas nos Animais Vertebrados			15	12,8%
	* Funções Biológicas nos Animais Invertebrados			6	5,1%
	* Classificação Biológica			5	4,3%
A CÉLULA	* Divisão Celular	40	34,2%	5	4,3%
	* Material Genético			6	5,1%
	* Organelas Citoplasmáticas			8	8,5%
	* Química da Vida			19	16,2%
	* Membranas			2	1,7%
SAÚDE E DOENÇA	* Transmissão e Prevenção das Doenças	6	5,1%	6	5,1%
GENÉTICA	* Fenótipo e Genótipo	10	8,5%	2	1,7%
	* Hibridismo			3	2,6%
	* Leis de Mendel			5	4,3%
EVOLUÇÃO	* Teorias Evolucionistas	1	0,9%	1	0,9%
BIOTECNOLOGIA	* Transgênicos /Células-Tronco	3	2,6%	3	2,6%
REPRODUÇÃO HUMANA	* Fecundação e Gravidez	4	3,4%	2	1,7%
	* Desenvolvimento Embrionário			2	1,7%
Total		117	100%	117	100%

Esses resultados mostram que, nas oito provas de Biologia do Vestibular da UFRN aplicadas no período considerado neste estudo, os temas mais freqüentemente abordados nas suas questões pertencem aos blocos de conteúdos referentes à *Célula* (34,2%), *Seres Vivos* (30,6%) e *Ecologia* (16,2%).

Os conhecimentos sobre a *célula* são requeridos durante a abordagem de grande parte, senão de todos, dos conteúdos que compõem a área de Biologia, uma vez que os estudos sobre a *célula* fundamentam o ensino dessa disciplina. (MAYER, 1998; BRASIL, 1999; BRASIL, 2001; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2003, 2004).

Rodríguez Palmero (2001) ressalta que os conteúdos desse tema envolvem um caráter de conhecimento estruturante para a compreensão dos conteúdos que tratam sobre os seres vivos. Tal constatação decorre do entendimento de que os organismos dotados de vida, com exceção dos vírus, realizam processos fisiológicos que dependem indubitavelmente do trabalho realizado pelas células.

Os conteúdos sobre a *célula* são abordados durante o primeiro ano do Ensino Médio, compondo uma das áreas de maior abrangência dos conteúdos e de complexidade dos conceitos em Biologia. Os livros utilizados no ensino dessa disciplina geralmente iniciam a abordagem desse tema explicitando o nível de organização da matéria e dos seres vivos, a partir da sequência: moléculas – macromoléculas – orgânulos – células – tecidos – órgãos – sistemas – organismos – populações – comunidades – ecossistemas; enfocando a base molecular da vida. (FROTA-PESSOA, 2001; PAULINO, 2002; CÉSAR, SEZAR, 2002; LOPES, 2002; LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2004; AMABIS, MARTHO, 2004).

Durante o ensino dos conteúdos sobre a *célula*, também são introduzidos os conhecimentos sobre a origem da vida, as características dos seres vivos e a composição química da matéria. São enfocados a *Teoria Celular* e o trabalho dos cientistas, tendo como referência a Biologia como ciência e os avanços biotecnológicos que se deram nessa área.

A abordagem sobre as diferenças entre os tipos celulares e a organização do trabalho entre as células contempla os estudos sobre o metabolismo celular – dos processos respiratórios e da fotossíntese, a compreensão da relação entre o DNA e a síntese protéica (dogma central da Biologia Moderna) e os estudos sobre os tecidos que compõem o indivíduo.

No Programa do Vestibular disposto no Manual do Candidato (Quadro 7), o tema *célula* mantém a abordagem semelhante à observada nos livros didáticos. Isto pode ser notado por meio da forma como o referido Manual dispõe os subtemas: Química da vida; Parede Celular; Membranas; Organelas Citoplasmáticas; Núcleo Celular: componentes e funções; Material Genético e Divisão Celular.

A análise das provas do Vestibular da UFRN, instrumento de coleta de dados deste estudo, mostra que os subtemas que tratam da *célula*, mais freqüentemente explorados nas suas questões, foram: *Química da Vida* (16,2%); *Organelas Citoplasmáticas* (8,5%); *Material Genético* (5,1%); *Divisão Celular* (4,3%) e *Membranas* (1,7%).

Nas questões da prova que exploraram o subtema *Química da Vida*, os conteúdos mais incidentes abrangeram a estrutura, propriedades e as funções das moléculas que compõem a matéria, incluindo-se os componentes orgânicos (biomoléculas) e inorgânicos da célula, bem como a sua função biológica.

Do subtema *Organelas Citoplasmáticas*, as questões enfocaram a estrutura e as funções das organelas citoplasmáticas e a função da membrana. O material genético e os mecanismos de divisão celular foram fracamente explorados nas questões das provas de Vestibular da UFRN analisadas no período proposto para este estudo.

Considerando-se os oito temas propostos pelo Programa do Vestibular da UFRN, o segundo mais abordado nas suas provas foi *Seres Vivos*, representando (30,6%) das questões, cujos conteúdos são enfocados durante o segundo ano do Ensino Médio e constitui um dos conteúdos mais diversificados da área de Biologia.

O Programa do Vestibular proposto pela UFRN traz no tema *Seres Vivos* os subtemas: *Classificação e Características Gerais dos Reinos*; *Reino Animalia*; *Funções Biológicas nos Animais Vertebrados e Invertebrados*; *Reino Plantae e Funções Biológicas das Plantas*, conforme se apresenta no Quadro 8.

A abordagem dos conteúdos dos subtemas propostos no referido Programa segue a proposta dos livros didáticos adotados pelas escolas durante o Ensino Médio (FROTA-PESSOA, 2001; PAULINO, 2002; CÉSAR, SEZAR, 2002; LOPES, 2002; LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2004; AMABIS, MARTHO, 2004), nos quais o enfoque dos conteúdos insere as considerações acerca das regras de classificação biológica.

Na seqüência de conteúdos apresentados nesses livros didáticos, parte-se dos critérios de classificação e nomenclatura biológica utilizados inicialmente por Lineu (século XVIII) até a proposta vigente nos dias atuais, conforme Whittaker (1969), segundo a qual se institui a classificação dos seres vivos em cinco reinos. Nesse Tema também estão incluídos os estudos das características gerais

(anatômicas, fisiológicas e evolutivas) dos seres vivos que compõem os cinco reinos biológicos e o estudo dos vírus e príons.

Nas provas do Vestibular da UFRN analisadas, os conteúdos dos subtemas de maior frequência nas questões foram: *Funções Biológicas nas Plantas* (6,8%); *Funções Biológicas nos Animais Vertebrados* (12,8%); *Funções Biológicas nos Animais Invertebrados* (5,1%) e *Classificação Biológica* (4,3%), conforme disposto na Tabela 1.

O subtema que apareceu com maior frequência nas provas foi *Funções Biológicas nos Animais Vertebrados*, correspondendo a 12,8% do total de cento e dezessete questões, dos oito anos de provas. Os conteúdos desse subtema abordam, de forma comparativa, as funções desempenhadas pelos órgãos e sistemas dos animais das cinco classes de vertebrados – peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (incluindo o homem).

O segundo lugar, em termos de frequência nas provas, foi ocupado pelo subtema *Funções Biológicas nas Plantas* (6,8%), no qual se enfocam as diferenças anatômicas e fisiológicas dos vegetais – inferiores e superiores.

Os conteúdos do subtema *Funções Biológicas nos Animais Invertebrados* corresponderam a 5,1% das questões dessas provas. No livro didático, geralmente, a abordagem dos conteúdos desse subtema é realizada de forma comparativa, no sentido de mostrar que existem semelhanças e diferenças nas funções biológicas desempenhadas pelos animais dos diferentes filos e classes, levando-se em consideração as suas peculiaridades evolutivas, anatômicas e funcionais.

Os conteúdos do subtema *Classificação Biológica* foram os menos frequentes nas provas analisadas, correspondendo a 4,3% das questões, apesar de ser a base dos estudos que são desenvolvidos sobre os seres vivos. Os conteúdos incluídos neste subtema deverão possibilitar ao estudante utilizar normas e regras de classificação e nomenclatura biológica, segundo os PCNEMs. (BRASIL, 2001).

A priorização dada aos conteúdos sobre a *célula* e os *seres vivos*, nas questões das provas do Vestibular da UFRN, mostra certa coerência didática. A abordagem desses conteúdos nas referidas provas, mesmo que indiretamente, serve para explicitar a prioridade que deve ser dada à conexão entre a abordagem dos conteúdos sobre os seres vivos com os conteúdos sobre a célula.

Apesar de esses conteúdos serem estudados em momentos diferentes da educação do candidato (um é estudado no primeiro ano do Ensino Médio enquanto

o outro o é no segundo ano), essa integração resulta em uma melhoria da sua abordagem, visto que leva a uma compreensão de que os processos ocorridos ao nível da célula (microscópico) implicam em processos fisiológicos que se dão ao nível dos seres vivos (macroscópico).

Essa abordagem integradora dos conteúdos também se constitui em uma forma de privilegiar as discussões sobre as diferenças entre o vivo e o inanimado - fundamentalmente, por ocasião da abordagem sobre os vírus e príons, para os quais são requeridos os conhecimentos sobre a estrutura, as propriedades e as funções das biomoléculas.

Durante o enfoque dos conteúdos desses subtemas, a compreensão dos processos metabólicos que ocorrem nos seres vivos não poderá ser vista como um evento desvinculado do metabolismo celular. (RODRÍGUEZ PALMERO, 1999, 2001; BRASIL, 2001; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2004). O corpo humano deve ser entendido como um sistema químico (STAVY, EISEN, YAAKOBI, 1987) e, para isto, os estudantes deverão ter conhecimentos sobre os elementos que formam um organismo (ANDERSON, GARRARD, DUBAY, 1990), precisando perceber a unicidade e importância dos processos metabólicos celulares de conversão de energia, como a respiração e a fotossíntese.

Dentre os conteúdos dos temas mais abordados nessas provas, Ecologia assumiu o terceiro lugar, aparecendo em 16,2% do total das cento e dezessete questões, do total das questões das provas analisadas.

Os conteúdos desse tema são abordados no terceiro ano do Ensino Médio. Nos livros didáticos o enfoque de tais conteúdos se inicia com o estudo dos níveis de organização da vida. Em seguida, abordam-se os conceitos básicos desse campo de estudo, as relações tróficas que se dão entre os seres vivos e os ciclos biogeoquímicos – quando são enfocados os estudos populacionais, os efeitos da ação humana sobre o ambiente e as problemáticas ambientais. (FROTA-PESSOA, 2001; PAULINO, 2002; CÉSAR, SEZAR, 2002; LOPES, 2002; LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2004; AMABIS, MARTHO, 2004).

Mayer (1996) considera que a compreensão sobre a função do ambiente também deverá, dentre outros aspectos, contribuir para a compreensão das interações que se dão na biosfera e nos ecossistemas, considerando-se que cada organismo é fruto de interações entre órgãos, aparelhos e sistemas e, no particular; é formado por um conjunto de células que interagem entre si.

A abordagem sobre as relações tróficas entre os seres vivos demanda a identificação da necessidade dos seres vivos obterem nutrientes e metabolizá-los, permitindo o estabelecimento de relações alimentares. A identificação de uma forma básica de interação observada nos ecossistemas requer, do estudante, a investigação das diversas formas de obtenção de alimento e energia e o reconhecimento das relações entre elas, no contexto dos diferentes ambientes nos quais essas relações ocorrem.

O estudo de uma sucessão ecológica, a partir dessa proposta, deverá possibilitar ao estudante compreender a dimensão espaço-temporal de organização dos ecossistemas, relacionando a diversidade e a estabilidade dos ecossistemas à necessidade de um equilíbrio dinâmico, o qual também se apresenta como elemento para avaliar as possibilidades de absorção de impactos pela Natureza.

Os conhecimentos sobre Ecologia deverão também possibilitar ao estudante o estabelecimento de interações entre os diversos níveis de conhecimento que favoreçam a sua intervenção no ambiente. Neste sentido, o ensino dos conteúdos sobre a temática ambiental deverá colaborar na identificação dos processos de degradação ambiental, bem como quanto aos agravos à saúde humana. Portanto, tais tipos de conteúdos deverão levar os estudantes ao entendimento do significado de desenvolvimento sustentável, como alternativa ao modelo atual de subsistência, e à percepção quanto à importância em se propor e praticar a exploração responsável dos recursos naturais.

O componente atitudinal que se alia a esses conteúdos pode ser apreciado em decorrência da sistemática de um processo em que o ser humano passa a se sentir como parte integrante dos ciclos e fluxos. A consequência esperada, a partir dessa abordagem integradora, é que o estudante passe a operar nos ecossistemas, com a consciência de que neles intervém e produz modificações, intencionais ou não.

Além dos temas tradicionalmente explorados nas provas, o Programa do Vestibular da UFRN propôs três novos Temas, a saber: *Reprodução Humana*, *Saúde e Doença* e *Biotecnologia* (Quadro 2).

Reprodução Humana foi um dos menos contemplados pelas questões dessas provas, correspondendo a 3,4% do total de questões analisadas neste estudo. Este tema enfoca os conteúdos pertinentes às características reprodutivas em humanos, os quais são estudados durante o segundo ano do Ensino Médio,

conjuntamente com os conteúdos sobre anatomia e fisiologia dos animais vertebrados. Neste tema estão inseridos os subtemas *Fecundação e Gravidez* e *Controle de Natalidade*.

Até o ano de 2004, esses conteúdos constavam no Programa do Vestibular, sem, no entanto, receberem qualquer destaque. Apesar da baixa incidência do tema nas provas, verificou-se uma maior valorização sua no referido Programa, em decorrência do destaque dado ao tema e à introdução dos tópicos *Reprodução Assistida e Desenvolvimento Embrionário*.

A mudança observada sugere que houve uma reflexão em torno das mudanças ocorridas no currículo escolar, em Biologia, a partir da nova LDB (Lei 9394/96), e uma contribuição advinda das propostas contidas nos orientadores curriculares. (BRASIL, 1999; 2001; 2006).

O tema *Saúde e Doença* representou 5,1% do total das questões das provas analisadas. Os seus conteúdos poderão ser abordados ao longo das três séries do Ensino Médio, uma vez que abrangem como subtemas: *Conceito de Saúde, Fome e Doença, Doenças Hereditárias e Transmissão e Prevenção de Doenças*.

O foco de estudo dos conteúdos desse tema, de acordo com os PCNs⁺ (BRASIL, 2001), deve promover o conhecimento dos princípios básicos da saúde e discutir as medidas preventivas. Essa ação consiste em uma prerrogativa para se estar saudável e evitar os fatores de risco causadores de enfermidades.

A abordagem desses conteúdos requer a integração dos conhecimentos de diversas áreas de Biologia, durante a busca por mostrar os aspectos que contribuem para uma vida saudável. Também requer conhecimentos sobre os ciclos dos parasitos humanos, as orientações sobre as necessidades nutricionais do organismo, as discussões sobre como se dão os processos fisiológicos de um indivíduo saudável e num doente e como os processos fisiológicos que ocorrem ao nível macroscópico se integram ao nível microscópico, dentre outras abordagens. (BRASIL, 2001).

Pareceu-nos evidente que a introdução desses temas no Programa do Vestibular da UFRN reflete o momento histórico atual pelo qual passa a ciência, quanto aos avanços observados a partir da segunda metade do século passado.

Os conteúdos que compõem o tema *Genética* foram abordados em 8,5% das questões das provas. Este tema inclui os subtemas: *Fenótipo e Genótipo, Hibridismo, Leis de Mendel, Descendência e Probabilidades, Dominância, Polialelia,*

Interação Gênica, Epistasia, Pleiotropia, Ligação Gênica, Genes Letais, sexo e herança e Aberrações cromossômicas.

As questões que abordaram os conteúdos pertencentes ao tema *Evolução* corresponderam a 2,6% do total de questões analisadas. Este tema contém como subtemas: *As Teorias Evolucionistas* e os *Fatores Evolutivos*, que justificam a existência da biodiversidade, cujos conteúdos são estudados conjuntamente com os de Genética durante o terceiro ano do Ensino Médio.

O advento dos conteúdos desses temas tem crescido a partir das grandes descobertas, tais como: a microscopia eletrônica, o modelo da molécula de DNA, o Projeto Genoma Humano e os avanços biotecnológicos que incluem a transgenia, o mapeamento e seqüenciamento de genomas, a clonagem de organismos, as terapias utilizando as células-tronco e as técnicas de engenharia genética.

Mellado (1999) enfatiza que, durante os estudos sobre Genética e a Evolução, principalmente ao se focalizar a Teoria Sintética, é possível identificar a contribuição dos diferentes campos do conhecimento como a Paleontologia, a Embriologia, a Genética, a Citologia e a Bioquímica. Isto se dá a partir da ênfase que os seus temas centrais merecem, os quais contribuirão para a compreensão das teorias, dos conceitos de adaptação e seleção natural (como mecanismos da evolução), bem como a dimensão geológico-temporal do processo evolutivo.

Algumas das mudanças ocorridas no Programa do Vestibular da UFRN refletem os efeitos da globalização, cuja conseqüência pode ser observada por um aumento tanto da divulgação dos produtos da ciência quanto da abordagem dos assuntos relacionados à Biologia, pela mídia, incluindo-se televisão, jornais, rede mundial de comunicação e revistas de divulgação científica. No entanto, apesar dessas discussões iniciais, observamos que, nas questões das provas analisadas, não se priorizou os conteúdos de *Biotecnologia* (2,6% do total de questões das provas), apesar da inquestionável importância desses conteúdos para a formação do estudante que conclui o Ensino Médio.

Partindo-se do pressuposto de que os conteúdos que se inserem no currículo de Biologia deverão abranger não apenas o domínio dos conceitos, mas a aprendizagem de procedimentos e uma tomada consciente de atitudes pelo estudante, contribuindo, assim, para o desenvolvimento de capacidades, habilidades e competências procuramos identificar os procedimentos requeridos pelas questões das provas. Este objetivo de pesquisa tem o intuito de analisar se os candidatos que

se submeteram ao Vestibular promovido pela UFRN, no período proposto para este estudo, atingiram esse nível de aprendizagem.

4.2 OS PROCEDIMENTOS PRIORIZADOS PELAS QUESTÕES DAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DE BIOLOGIA DO VESTIBULAR DA UFRN

Para o desenvolvimento das discussões contidas neste tópico, partimos das reflexões desenvolvidas nos capítulos teóricos deste trabalho sobre a forma como o ensino dos conteúdos de Biologia deverá ser realizado na escola, fundamentalmente em relação às habilidades e competências que precisam ser desenvolvidas no egresso do Ensino Médio. Destacamos a proposta contida nos PCNs⁺ (BRASIL, 2001), quando estes realçam que o ensino dos conteúdos de Biologia deverá enfrentar alguns desafios, dentre os quais, o de possibilitar ao estudante a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico.

Consideramos, portanto, que a seqüência de eventos que antecede esse fato transita pela aprendizagem de conceitos e procedimentos, colaborando no desenvolvimento das habilidades e competências, entre as quais se incluem: representação e comunicação, investigação e compreensão e a contextualização sociocultural, conforme se apresenta no Quadro 1.

Com o intuito de identificar os procedimentos exigidos nas questões das provas, objetivando priorizar elementos que transcendem a aprendizagem memorística de conceitos, estas questões das provas foram analisadas procurando-se identificar e realizar o mapeamento dos procedimentos, a partir de quatro âmbitos:

- a) Os procedimentos implícitos no enunciado da questão;
- b) Os procedimentos decorrentes das exigências contidas no comando da questão;
- c) Os procedimentos expressados na composição da alternativa correta;
- d) Os procedimentos expressados na composição dos dispersores.

Portanto, em uma mesma questão, pudemos identificar a exigência de um procedimento que sobrepujava os demais ou a coexistência de procedimentos combinados, os quais influenciaram na escolha da alternativa correta da prova, cujos resultados se apresentam na Tabela 2.

TABELA 2 Procedimentos priorizados nas questões das provas de múltipla escolha de Biologia dos Vestibulares da UFRN, do período entre 2001 e 2008.

Procedimento Priorizado	Valores Relativos
Analisar Figura / Esquema / Tabela	13
Analisar Situação/ aplicar conceito	64
Associar	94
Classificar	9
Comparar	28
Correlacionar	87
Generalizar	30
Identificar	98
Inferir	6
Interpretar Gráfico	9
Interpretar Texto	7
Reconhecer	93
Sequenciar	21

A postura que assumimos para a aprendizagem dos procedimentos tem suporte nas discussões desenvolvidas por Zabala (1999, p.13), para o qual o conteúdo procedimental é “[...] o conteúdo que é preciso ao saber fazer”. Esse conteúdo inclui, dentre outros elementos, as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias e os procedimentos.

Portanto, conceberemos que o conteúdo configura um conjunto de ações ordenadas e com finalidades no alcance de objetivos educacionais e formativos (NÚÑEZ, PACHECO 1997; ALVAREZ de ZAYAS, 1992; MORAES, MANCUSO, 2004), relacionado ao que o estudante deve ‘saber’ e ‘saber fazer’, ao final de cada etapa da escolaridade. Esses fazeres, nos remetem a Krasilshick (2005) e Marandino *et al.* (2005), que os consideram como intimamente ligados ao tipo de prática educativa adotada pelo educador.

As OCEMs (BRASIL, 2006) enfatizam que, durante o Ensino Médio, é necessária a contribuição de uma escola que forme o indivíduo com um sólido conhecimento de Biologia e com raciocínio crítico, capaz de o tornar apto a se

posicionar diante de uma situação polêmica e de opinar sobre temas que possam interferir diretamente em sua condição de vida.

Com o intuito de buscar as correlações entre os temas abordados pelas questões das provas com os procedimentos que elas exigiram (Tabela 2), cruzamos os resultados das análises dessas questões, conforme apresentado na Tabela 3.

Os resultados que se apresentam estão dispostos de uma forma proporcional à prioridade dada para cada procedimento, em função do tema abordado na questão, os quais serão analisados em termos de subpopulação de cada tema/procedimento. A escolha por essa forma de análise decorre do fato de esta fornecer uma melhor representação quantitativa dessa relação.

Objetivando melhorar a aproximação durante a análise dos dados em estudo, adotaremos como forma de expressão da correlação tema/procedimento avaliada neste subtópico, os resultados cujos percentuais tenham sido iguais ou superiores a 5,0%.

TABELA 3 Procedimentos exigidos nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN do período entre 2001 e 2008, por tema.

TEMA	Ecologia	Seres Vivos	A Célula	Saúde e Doença	Genética	Evolução	Biotecnologia	Reprodução Humana
PROCEDIMENTO PRIORIZADO								
Analisar figura/esquema/tabela	1,0%	1,9%	3,5%	-	3,9%	-	-	5,9%
Sequenciar	7,1%	0,6%	1,7%	19,4%	2,0%	6,7%	6,7%	5,9%
Correlacionar	16,3%	15,6%	18,6%	3,2%	13,7%	13,3%	6,7%	17,6%
interpretar texto	3,1%	1,3%	1,2%	-	-	-	-	5,9%
Identificar	15,3%	15,6%	19,8%	19,4%	19,6%	13,3%	13,3%	23,5%
Generalizar	4,1%	7,5%	1,2%	19,4%	5,9%	6,7%	6,7%	5,9%
Comparar	1,0%	8,8%	5,2%	-	3,9%	6,7%	6,7%	-
Analisar situação/aplicar conceito	23,3%	12,5%	8,7%	19,4%	5,9%	13,3%	13,3%	11,8%
Interpretar gráfico	1,0%	1,3%	1,7%	-	3,9%	-	-	-
Reconhecer	15,3%	16,3%	17,4%	19,4%	17,6%	20%	20%	5,9%
Classificar	1,0%	2,5%	1,2%	-	2,0%	-	6,7%	-
Associar	18,4%	16,3%	19,8%	-	15,7%	13,3%	20%	17,6%
Inferir	2,0%	-	-	-	5,9%	6,7%	-	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Os procedimentos mais frequentemente exigidos nas questões sobre o tema Ecologia foram: analisar situação/aplicar conceito (23,3%); associar (18,4%); correlacionar (16,3%); identificar (15,3%); reconhecer (15,3%) e seqüenciar (7,1%).

Nas questões que contemplaram os conteúdos sobre os Seres Vivos, os procedimentos mais exigidos foram: reconhecer (16,3%); associar (16,3%); identificar (15,6%); correlacionar (15,6%); analisar situação/aplicar conceito (12,5%); comparar (8,8%) e generalizar (7,5%).

Nas questões que exploram o tema *A Célula*, os procedimentos mais freqüentes foram: identificar (19,8%); associar (19,8%); correlacionar (18,6%); reconhecer (17,4%); analisar situação/aplicar conceito (8,7%) e comparar (5,2%).

Os procedimentos exigidos pelas questões que abordam o tema *Saúde e Doença* foram: seqüenciar; identificar; generalizar; analisar situação/aplicar conceito; e reconhecer, os quais aparecem com percentual de 19,4% para todos os procedimentos.

Nas questões que abordaram o tema *Genética*, os procedimentos mais freqüentes foram: identificar (19,6%), reconhecer (17,6%), associar (15,7%), correlacionar (13,7%), generalizar (5,9%) e analisar situação e aplicar conceito (5,9%).

Os procedimentos mais exigidos nas questões de *Evolução* foram: reconhecer (20%); correlacionar (13,3%), associar (13,3%), identificar (6,7%), analisar situação/aplicar conceito (6,7%), seqüenciar (6,7%), inferir (6,7%), comparar (6,7%) e generalizar (6,7%).

No tema *Biotecnologia*, os procedimentos exigidos pelas questões que abordam foram: reconhecer (20%), associar (20%), identificar (13,3%), analisar situação/aplicar conceito (13,3%), seqüenciar (6,7%), correlacionar (6,7%), generalizar (6,7%), classificar (6,7%) e comparar (6,7%).

Para o tema *Reprodução Humana*, os procedimentos exigidos pelas questões foram: identificar (23,5%), associar (17,6%), correlacionar (17,6%), analisar situação/aplicar conceito (11,8%), reconhecer (5,9%), seqüenciar (5,9%), generalizar (5,9%), interpretar texto (5,9%) e analisar figura (5,9%).

Dentre os objetivos propostos para o Ensino Médio, os PCNs⁺ (BRASIL, 2001) afirmam que estes devem priorizar o desenvolvimento de conhecimentos práticos contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea e ao desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos do estudante. Estes deverão ser priorizados no sentido de corresponder a uma cultura geral e contribuir na construção da sua visão de mundo. Os PCNs⁺ também enfatizam a necessidade da compreensão atualizada dos conceitos de Física ou de Química,

considerados como essenciais ao entendimento de aspectos referentes a determinadas áreas de Biologia, como Biologia Molecular, Bioquímica e Biofísica.

Os resultados observados mostram coerência em relação ao que propõem os PCNs, quando consideradas as exigências presentes nas questões das provas de Biologia do Vestibular da UFRN, em relação aos objetivos que deverão ser cumpridos pela educação em Biologia.

A aprendizagem de procedimentos está entre as exigências na formação do estudante egresso do Ensino Médio. Portanto, a posição que assumimos, quanto à correlação tema/procedimentos, implica no fato de que a utilização de um determinado procedimento ou de procedimentos combinados se configura como uma condição essencial durante a escolha da alternativa correta de uma questão da prova. Analisando-se esses resultados da Prova do Vestibular da UFRN, identificamos que além da dificuldade na aprendizagem do conteúdo conceitual também houve dificuldade na aprendizagem dos conteúdos procedimentais, conforme discutimos amplamente no capítulo teórico que tratou sobre esse assunto.

No próximo subtópico será realizada a caracterização das questões das provas quanto à contextualização e à presença dos elementos não-textuais. Em relação ao objeto de estudo – as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia –, consideraremos que estas poderão se expressar no momento em que o candidato se depara com as situações contextualizadas e/ou elementos não-textuais em uma questão da prova. Estes, segundo o nosso entendimento, passam a representar um obstáculo no entendimento das demais questões.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS QUESTÕES DAS PROVAS QUANTO À CONTEXTUALIZAÇÃO E À PRESENÇA DE ELEMENTOS NÃO-TEXTUAIS E SUA RELAÇÃO COM O ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (IA).

Procuramos identificar se a presença de variáveis tais como a contextualização da situação e a presença de elementos não-textuais exercem alguma influência no aumento do nível de dificuldade das questões, revelado por meio do aumento da frequência de IA muito baixo ou baixo, naquelas questões que apresentam essas variáveis.

Para caracterizar uma questão, quanto à contextualização, utilizaremos os critérios apresentados no capítulo metodológico deste trabalho. Consideramos que uma questão é contextualizada se ela agregar elementos que favoreçam a correlação dos conteúdos de Biologia do currículo escolar com as questões que se apresentam em um contexto ou estejam presentes no cotidiano do estudante. Os resultados dessa análise encontram-se apresentados no Gráfico 1.

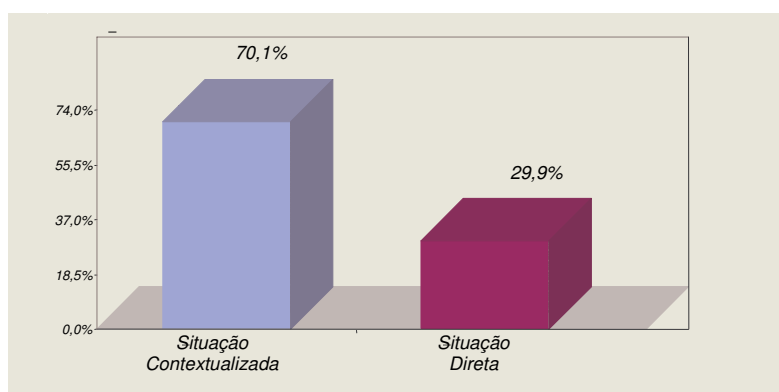


GRÁFICO 1 Contextualização das questões da Prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN (COMPERVE, 2001 2008).

Os resultados quanto à ocorrência de situações contextualizadas nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN mostram que, das cento e dezessete questões analisadas 70,1% apresentaram situações que privilegiaram a contextualização dos conteúdos explorados, enquanto outros 29,9% apresentaram abordagem dos conteúdos por meio de situações diretas.

Diante desse resultado, buscamos identificar se, nas questões em que foram apresentadas situações contextualizadas, os candidatos obtiveram baixo índice de aproveitamento. Nesta pesquisa, consideramos que existe influência dessa variável no aumento do nível de dificuldade da questão.

Conceberemos a existência de influência da variável “*contextualização da questão*” no aumento do seu nível de dificuldade quando a soma dos IAs baixo ou muito baixo for superior à soma dos IAs alto ou muito alto. Os resultados encontram-se dispostos na Tabela 4.

TABELA 4 Índice de Aproveitamento (IA) segundo a contextualização da questão das Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008.

Índice de Aproveitamento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Total
Contextualização da Questão						
Questão Contextualizada	11,0%	42,7%	32,9%	12,2%	1,2%	100,0%
Situação Direta	11,4%	34,3%	42,9%	8,6%	2,9%	100,0%

Os resultados observados mostram que, nas questões das provas nas quais houve a contextualização da situação, o índice dos candidatos que apresentaram IAs muito baixo (11%) ou baixo (42,7%) foi superior ao dos que obtiveram IAs alto (12,2%) ou muito alto (1,2%).

O IA obtido pelos candidatos nas questões que apresentaram situação direta (11,4%) está muito próximo dos resultados observados para as questões nas quais se apresentaram as situações contextualizadas (11%). No entanto, isto mostra que a priorização da contextualização dos conteúdos das questões, para o universo de candidatos que se submeteu ao Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008, influenciou no aumento do nível de dificuldade da questão na prova de Biologia.

Em seguida, procuramos identificar a presença dos elementos não-textuais, tais como: tabelas, gráficos, figuras e esquemas nas questões das provas, cujos resultados podem ser visualizados no Gráfico 2.

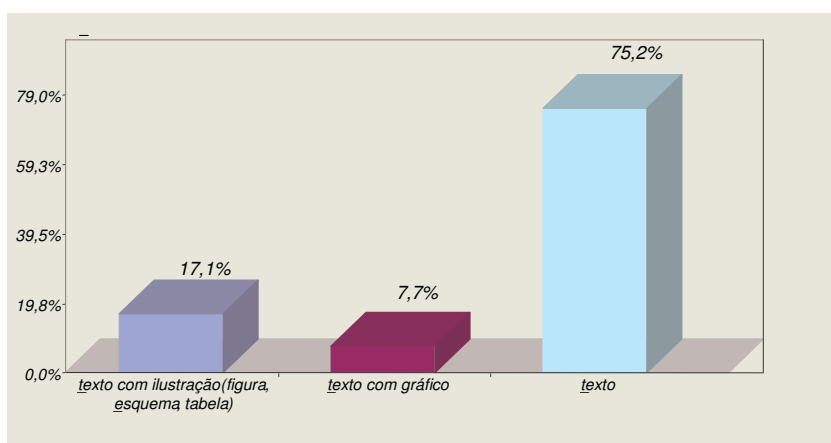


GRÁFICO 2 Presença dos elementos não-textuais nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008.

Na análise das questões foram utilizadas as categorias de análise, conforme se apresentam no capítulo metodológico deste trabalho. Para facilitar a representação dos resultados, uma vez que a quantidade de questões que utilizaram os elementos não-textuais foi muito baixa, reestruturamos os resultados em três categorias, a saber: texto com ilustração (figura, esquema e tabela), texto com gráfico e as que apresentaram somente texto.

A partir dos resultados que se apresentam no Gráfico 2, identificamos que, nas questões das provas analisadas, 75,2% não privilegiaram os elementos não-textuais, sendo compostas, exclusivamente, por um enunciado na forma de texto.

Dentre o total de questões dessas provas, em 24,8%, observamos a presença de elementos não-textuais, outras 17,1% apresentaram ilustração (figura, esquema ou tabela) enquanto 7,7% utilizaram gráfico.

Concebemos que a presença de elementos não-textuais nas provas influencia no aumento da frequência dos IAs baixo e muito baixo entre os candidatos que responderam às questões das provas, tendo o poder de influenciar no aumento da dificuldade de aprendizagem dos conteúdos. Com o intuito de testar essa afirmação, correlacionamos à presença desses elementos com o IA obtido nas questões, cujos resultados estão dispostos na Tabela 5.

TABELA 5 Índice de Aproveitamento segundo o elemento textual e não-textual presente na questão.

Tipo de pergunta	Texto com ilustração (figura, tabela, esquema)	Texto com gráfico	Texto
Índice de Aproveitamento			
Muito Baixo	10,0%	11,1%	11,4%
Baixo	25,0%	44,4%	43,2%
Médio	50,0%	33,3%	33,0%
Alto	15,0%	11,1%	10,2%
Muito Alto	-	-	2,3%
Total	100,0%	100,0%	100,0%

Os resultados dispostos na Tabela 5 foram organizados com base nos índices de aproveitamento obtidos pelos candidatos nas questões das provas que

contemplam os elementos: *texto com ilustração* (tabela, figura e esquema), *texto com gráfico* e *somente texto*.

Pelo fato de as questões que apresentaram *texto com ilustração* (tabela, figura e esquema) não terem sido quase contempladas na referidas provas e objetivando facilitar a apresentação dos resultados, os dados foram analisados por subpopulações. Consideraremos que houve influência da presença de elemento não-textual no aumento do nível de dificuldade da questão, quando a soma dos IAs baixo ou muito baixo forem superiores à soma dos IA alto ou muito alto.

A partir dos resultados apresentados, verificamos que a presença do elemento não-textual *ilustração* (figura, esquema e tabela) exerceu influência no nível de dificuldade da questão, uma vez que, nas questões que priorizaram esses elementos, os resultados dos candidatos que apresentaram IAs muito baixo (10,0%) ou baixo (25,0%) foram superiores aos resultados dos candidatos que apresentaram IA alto (15,0%).

A presença do elemento não-textual *gráfico*, conforme os resultados apresentados na Tabela 5, exerceu influência no aumento do nível de dificuldade da questão, pelo fato de, nas questões que priorizaram esses elementos, os resultados dos candidatos que apresentaram IA muito baixo (11,1%) ou baixo (44,4%) serem superiores aos resultados dos candidatos que apresentaram IA alto (11,1%). Portanto, podemos concluir que a presença do elemento não-textual *gráfico*, nas provas analisadas e para o universo de candidatos participantes desta pesquisa, se apresentou como uma variável que aumenta o nível de dificuldade da questão.

As questões que emergem das discussões contemporâneas sobre a educação básica e que constituem o fundamento deste trabalho dizem respeito às dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia apresentada pelos estudantes.

Para dar continuidade às análises requeridas para responder às questões de estudo propostas para este trabalho, procuramos identificar os temas e subtemas para os quais as dificuldades na aprendizagem se apresentaram nas questões das provas de Biologia do Vestibular da UFRN, de acordo com os IAs obtidos pelos candidatos, o que será motivo de discussão do próximo subtópico.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS TEMAS E SUBTEMAS NOS QUAIS OS CANDIDATOS QUE SE SUBMETERAM AO VESTIBULAR DA UFRN, NO PERÍODO ENTRE 2001 E 2008, APRESENTARAM OS ÍNDICES DE APROVEITAMENTO MAIS BAIXOS

Com o intuito de identificar os conteúdos conceituais (temas e subtemas - Quadro 2) que apresentaram dificuldades na aprendizagem, serão correlacionados os temas/subtemas contemplados nas questões com os IAs *baixo* e *muito baixo* apresentados nos resultados dos Relatórios Anuais fornecidos pela COMPERVE (2001-2008), conforme descrito no capítulo metodológico.

Assumimos a posição de que uma dificuldade na aprendizagem do conteúdo se expressa quando, ao descrever uma situação ou utilizar um conceito, um estudante ou grupo de estudantes não obtém sucesso. (SILVA, NÚÑEZ, 2007).

No caso específico desta pesquisa, extrapolaremos o conceito de dificuldade na aprendizagem dos conteúdos de Biologia para expressar uma ação. Neste caso específico, observada por meio do erro que o candidato comete ao fazer a escolha pela alternativa incorreta da questão da prova. Essa dificuldade, de acordo com o nosso entendimento, decorre de vários aspectos, dentre os quais, consideremos que: não foi atingido o nível satisfatório de aprendizagem de um ou mais conceitos estruturadores de Biologia, de um conteúdo procedimental específico ou de um grupo de conteúdos (conceitual/procedimental), além de motivos variados os quais foram discutidos ao longo deste trabalho.

Será concebido que há dificuldade na aprendizagem dos conteúdos de um tema ou subtema de Biologia, quando a soma dos percentuais de IA baixo ou muito baixo for superior à soma dos percentuais de IA alto ou muito alto, conforme disposto previamente no Quadro 9.

Os resultados que se apresentam na Tabela 6 foram organizados considerando-se a subpopulação dos temas (Quadro 8) explorados nas questões dessas provas. Este artifício foi utilizado com o objetivo de conferir maior fidedignidade aos resultados observados, uma vez que houve temas pouco explorados nas questões das provas analisadas. Para representar a correlação entre o tema e a classificação quanto ao IA, consideramos os percentuais das subpopulações de cada tema explorado nas questões das provas.

TABELA 6 Índice de Aproveitamento (IA) segundo o Tema explorado nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia nos vestibulares da UFRN, no período entre 2001 e 2008.

TEMA	Ecologia	Seres Vivos	A Célula	Saúde e Doença	Genética	Evolução	Biotecnologia	Reprodução Humana
IA								
Muito Baixo	10,5%	3,1%	15,0%	33,3%	10,0%	-	33,3%	-
Baixo	31,6%	46,9%	40,0%	16,7%	70,0%	-	33,3%	25,0%
Medio	36,8%	31,3%	40,0%	16,7%	20,0%	100,0%	33,3%	50,0%
Alto	21,1%	18,8%	5,0%	-	-	-	-	25,0%
Muito Alto	-	-	-	33,3%	-	-	-	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Conforme esses resultados, os menores IAs obtidos pelos candidatos nas questões das Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN, aplicadas no período mencionado, foram registrados nos conteúdos do tema *Genética* que 10% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* e 70%, IA *baixo*.

O segundo lugar ficou para os conteúdos do tema *Biotecnologia*, observando-se que 33,3% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* e outros 33,3%, IA *baixo*. Os conteúdos do tema *A Célula* ocuparam a terceira colocação, observando-se que 15% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* e outros 40%, IA *baixo*.

Esses resultados estão de acordo com os das pesquisas discutidas no capítulo sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, nas quais as que se expressaram nos conteúdos sobre a célula influenciaram no surgimento de dificuldades na aprendizagem dos conteúdos que demandam uma rede complexa de raciocínio, dentre os quais a *genética* e a *biotecnologia*.

Nas pesquisas que antecederam este trabalho, o tema *Célula* foi visto como estruturante do conhecimento de Biologia, situando-se como essencial à abstração dos conceitos biológicos, uma vez que, na maioria dos casos, os estudantes desconhecem e/ou não percebem que os processos biológicos se dão ao nível celular.

A conseqüência deste fato se expressa quando eles sentem dificuldade ou não conseguem correlacionar a função das biomoléculas na célula com as suas necessidades metabólicas ou quando não extrapolam essa dinâmica para os níveis de organização do indivíduo, ou vice-versa. Isso mostra que o nível de compreensão

e de aceitação da célula como unidade funcional é muito baixo ou que desconhecem a Teoria Celular.

Para as questões que contemplaram os conteúdos pertencentes ao tema *Saúde e Doença*, verificou-se que a soma dos percentuais dos candidatos que obtiveram IA muito baixo (33,3%) ou IA baixo (16,7%) foi igual aos percentuais de candidatos que obtiveram IA médio (16,7%) e muito alto (33,3%).

As questões desse tema e dos demais para os quais se observou que a soma dos IA médio ou alto superou a soma dos IAs muito baixo ou baixo não satisfazem a condição imposta inicialmente para que sejam consideradas como temas para os quais as dificuldades na aprendizagem se apresentam.

Portanto consideraremos, a partir dos IAs alcançados pelos candidatos que realizaram as Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, que os temas para os quais se apresentaram dificuldades na aprendizagem dos conteúdos são, em ordem decrescente: *Genética*, *Biotecnologia* e *a Célula*. Esses resultados, quanto à identificação das áreas de Biologia para as quais as dificuldades na aprendizagem se expressaram, assumem proporções relevantes quanto às necessidades inerentes ao ensino desses conteúdos no ambiente escolar, dado o universo de candidatos que apresentaram essas dificuldades na aprendizagem.

É importante ressaltar que, ao tratarmos das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, diversos elementos podem se incorporar a esse processo, apresentando-se como intensificadores ou constituindo obstáculos à sua aprendizagem, conforme discutimos amplamente no capítulo II deste trabalho, sugerindo que o ensino dos conteúdos que se incluem nesses temas deve ser revisto.

Os PCNs⁺ (BRASIL, 2001) chamam a atenção para a existência de determinados temas, os quais são classificados como estruturadores do ensino de Biologia e compõem as principais áreas de interesse da Biologia contemporânea, como é o caso dos conteúdos envolvendo a *célula*, os *seres vivos*, a *ecologia* e a *genética*.

Esses temas, segundo os PCNEMs, têm a função de ajudar o educador a organizar as suas ações pedagógicas, devendo ser utilizados para criar situações de aprendizagem que permitam o desenvolvimento de competências, tais como saber comunicar-se, saber trabalhar em grupo, buscar e organizar informações, propor

soluções, relacionar os fenômenos biológicos com fenômenos de outras ciências, construindo, assim, um pensamento orgânico. (BRASIL, 1999).

Nas articulações entre os conteúdos que compõem os temas estruturadores, há necessidade de que o estudante relacione os conceitos e processos acima expressos aos estudos sobre as leis da herança mendeliana e algumas de suas derivações, como alelos múltiplos, herança quantitativa e herança ligada ao sexo, recombinação gênica e ligação fatorial, conteúdos esses que só serão abordados no último ano do Ensino Médio.

De acordo com Bastos (1992), Caballer e Giménez (1993), Giordan e De Vecchi (1996) e Rodríguez Palmero e Marrero (2003), a compreensão dos conteúdos de Biologia será atingida como resultado da extrapolação dos domínios dos processos que se dão ao nível celular para os que se dão ao nível fisiológico de um indivíduo *uni* ou pluricelular. Caso isso não ocorra, abre-se um precedente no surgimento das dificuldades na aprendizagem desses conteúdos, cujas discussões serão retomadas no último tópico deste capítulo.

Para dar continuidade à pesquisa quanto às dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, procuramos identificar os conteúdos dos subtemas para os quais os candidatos apresentaram dificuldades na aprendizagem.

Semelhante ao que foi proposto para a análise dos temas, será concebido que há dificuldade na aprendizagem dos conteúdos de um determinado subtema quando a soma dos IA *baixo* e *muito baixo* for superior à dos IA *alto* e *muito alto*.

Os resultados dispostos na Tabela 7 estão organizados proporcionalmente à priorização dos conteúdos de cada subtema, destacando-se as subpopulações de conteúdos pertencentes a um mesmo subtema, visando fazer uma melhor aproximação das dificuldades na aprendizagem que se apresentam para cada um deles.

TABELA 7 Índice de Aproveitamento segundo o Subtema priorizado nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, nos Vestibulares da UFRN, no período entre 2001 e 2008.

Subtemas	Muito Baixo	Baixo	Medio	Alto	Muito Alto	Total
Ciclos Biogeoquímicos	20%	40%	40%	-	-	100%
Funções Biológicas nas Plantas	14,3%	42,9%	28,6%	14,3%	-	100%
Funções Biológicas nos Animais Vertebrados	-	46,7%	40%	13,3%	-	100%
Funções Biológicas nos Animais Invertebrados	-	42,9%	28,6%	28,6%	-	100%
Divisão Celular	40%	40%	20%	-	-	100%
Material Genético	-	16,7%	83,3%	-	-	100%
Organelas Citoplasmáticas	25%	25%	25%	25%	-	100%
Química da Vida	10,5%	52,6%	36,8	-	-	100%
Transmissão e Prevenção das Doenças	33,3%	16,7%	16,7%	-	33,3%	100%
Efeitos da Ação Humana Sobre o Ambiente	20%	20%	40%	20%	-	100%
Cadeia alimentar/Pirâmides Ecológicas	-	40%	20%	40%	-	100%
Fenótipo e Genótipo	50%	50%	-	-	-	100%
Classificação Biológica	-	40%	40%	20%	-	100%
Membranas	-	50%	50%	-	-	100%
Relações entre os Seres Vivos	-	33,3%	66,6%	-	-	100%
Transgênicos /Células-Tronco	33,3%	33,3%	33,3%	-	-	100%
Hibridismo	-	100%	-	-	-	100%
Leis de Mendel	-	60%	40%	-	-	100%
Teorias Evolucionistas	-	-	100%	-	-	100%
Fecundação e Gravidez	-	-	50%	50%	-	100%
Desenvolvimento Embrionário	-	50%	50%	-	-	100%
Populações e Comunidades	-	-	-	100%	-	100%

Os resultados apresentados nessa tabela expressam que, nas questões que abordaram os conteúdos pertencentes ao subtema *Química da Vida*, 63,1% dos candidatos obtiveram IA muito *baixo* ou *baixo*. Destes, 10,5% atingiram IA *muito baixo* e outros 52,6% IA *baixo*.

Nas questões que abordaram os conteúdos que se integram para compor o subtema *Divisão Celular*, 80% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* ou *baixo*. Destes, 40% atingiram IA *muito baixo* enquanto outros 40% IA *baixo*.

O IA das questões que abrangem os conteúdos do subtema *Organelas Citoplasmáticas* foi distribuído equivalentemente, com 25% dos candidatos obtendo IA *muito baixo*, 25%, IA *baixo*, 25%, IA *médio* e 25%, IA *alto*. Fato semelhante foi

observado para o subtema *Membranas*, cujos IAs atingidos pelos candidatos foram 50% de IA *baixo* e outros 50% de IA *médio*.

Portanto, nas questões que abordaram o tema a *Célula*, os subtemas para os quais os candidatos apresentaram dificuldades na aprendizagem, com vistas aos percentuais de IA *muito baixo* e *baixo* foram: *Divisão Celular*, *Química da Vida* e *Organelas Citoplasmáticas*.

Nesta pesquisa, a exemplo do que havia sido encontrado anteriormente por Rodríguez Palmero (1999), as dificuldades de aprendizagem também se apresentaram como consequência de uma possível construção ineficiente dos conceitos básicos da *Biologia Celular* e quanto ao *Metabolismo Celular*.

A partir da discussão sobre as causas das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, amplamente desenvolvida no capítulo dois deste trabalho, identificamos que as dificuldades na aprendizagem que se apresentaram por meio dos baixos IAs obtidos pelos candidatos nas provas do Vestibular da UFRN analisadas, têm, dentre as causas de sua origem, a ausência de construção concreta dos conhecimentos sobre a célula, conforme aceito por Rodríguez Palmero (1999, 2001), Rodríguez Palmero e Marrero (2003) e Jiménez Aleixandre (2004).

Um aspecto partícipe das discussões desenvolvidas nos PCNs⁺ (2001), quanto à origem das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos sobre a *célula*, diz respeito ao ensino daqueles conteúdos que compõem as unidades didáticas dessa área. Dentre estes, destaquem-se os considerados como básicos, como é o caso das noções sobre *citologia*, que podem aparecer em vários momentos durante o ensino de Biologia.

Nesses conteúdos existe um forte componente cognitivo, inerente aos conceitos e às abstrações necessárias à sua aprendizagem, que prioriza diversos níveis de enfoque e aprofundamento, dependendo do momento da formação do estudante. Contudo, no currículo escolar, esses conteúdos ainda são ensinados no primeiro ano do Ensino Médio, dificultando a articulação tão necessária à sua aprendizagem.

Em suas discussões, Rodríguez Palmero (2002), similarmente ao que identificamos nesta pesquisa, sinaliza para a existência das dificuldades apresentadas pelos estudantes quanto à identificação correta das funções desenvolvidas pelas estruturas citoplasmáticas. Também chama a atenção para a fragilidade que os estudantes apresentam quanto ao entendimento das correlações

existentes entre as células e os componentes intracitoplasmáticos, implicando numa concepção errônea acerca do trabalho integrado entre estes componentes e as funções metabólicas desempenhada pelo indivíduo.

Dentre os aspectos que obstaculizam a aprendizagem dos conteúdos da *Genética*, a nosso ver, se encontram as dificuldades na articulação dos conteúdos que fundamentam a *Citogenética*, cujos estudos são iniciados no primeiro ano do Ensino Médio, e os de *Genética*, que são concluídos no terceiro ano.

A análise dos resultados das provas do Vestibular da UFRN nas quais as questões exploraram os conteúdos sobre *Genética* - Fenótipo e Genótipo -, revelou que, dos candidatos que responderam às provas, 50% obtiveram IA *muito baixo* e outros 50% IA *baixo*. O caso mais crítico, em termos de dificuldade de aprendizagem dos conteúdos que requeriam conhecimentos sobre Citogenética (hibridismo), sendo registrado o índice de 100% de IA baixo, ou seja, todos os candidatos que se submeteram às provas de Biologia do Vestibular da UFRN, no período entre 2001 e 2008, apresentou dificuldade na aprendizagem.

A análise dos dados que se apresentaram durante as análises das provas do Vestibular da UFRN mostrou que as questões que exploraram conteúdos na área de *Genética*, mesmo aquelas que envolviam os conhecimentos básicos desta área disciplinar, como é o caso dos conceitos de genótipo e fenótipo, apareceram como difíceis para os candidatos que realizaram as referidas provas.

Nesse sentido, El-Hani (2005) salientou os desafios que têm sido impostos ao trabalho docente durante o ensino do conceito atual de gene, mostrando que a maior dificuldade na abordagem desse conteúdo consiste no fato do conceito molecular clássico - no qual um gene é entendido como um segmento de DNA que codifica um produto funcional (polipeptídeo ou RNA) - ter sido mantido.

O referido autor também associa essa dificuldade à superposição da idéia mendeliana do gene como unidade, enfatizando que a interpretação de genes como unidades estruturais e/ou funcionais no genoma é desafiada por evidências que mostram a complexidade e diversidade da organização genômica.

Outra área crítica de aprendizagem dos conteúdos sobre a célula diz respeito aos conhecimentos sobre a divisão celular, a qual também se mostrou para os candidatos que realizaram as provas do Vestibular da UFRN por meio dos erros que cometeram nas questões que abordaram as *Leis de Mendel*, em que 60% dos candidatos obtiveram IA *baixo*.

Espérben e Birabén (2005) buscaram identificar os aspectos epistemológicos, pedagógicos e psicológicos envolvidos no ensino-aprendizagem de *Genética Mendeliana*. Os pesquisadores demonstram que as dificuldades de aprendizagem que os estudantes apresentaram nessa área emergem das dificuldades armazenadas de outros conteúdos que compõem a disciplina Biologia, principalmente a compreensão sobre o funcionamento da célula.

As dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia, observadas entre os candidatos que se submeteram ao Vestibular da UFRN também se apresentaram para os conteúdos de outros subtemas, como é o caso da *transgenia/células-tronco*, em que 33,3% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* e outros 33,3%, IA *baixo*.

Durante o ensino dos conteúdos que abrangem a *Biotecnologia*, é crucial que destaquemos a importância da Biologia dentro do cenário da Ciência e da Tecnologia. No caso específico dos resultados dos candidatos nas provas do Vestibular da UFRN, observamos que houve uma dificuldade em articular os conhecimentos sobre a célula com as descobertas em *Biotecnologia*.

Pedrancini *et al.*, 2007, destacam o crescente espaço que a Biologia vem ocupando na história da Ciência. Este fato pode ser observado a partir do grande número de informações advindas das recentes descobertas científicas, principalmente nas áreas da *Biologia Molecular* e da *Genética*, as quais vêm se difundindo progressivamente no meio acadêmico e entre público em geral, por meio de revistas especializadas e dos meios de comunicação de massa.

Os conteúdos de outros subtemas, igualmente importantes para a formação do estudante egresso da educação básica, nos quais se observaram dificuldades na aprendizagem, com base nos IA que os candidatos obtiveram nas questões das provas do Vestibular da UFRN, foram: a) *Desenvolvimento Embrionário*, no qual, 50% dos candidatos obtiveram IA *baixo*; b) *Transmissão e Prevenção das Doenças*, no qual 33,3% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* e outros 16,7% obtiveram IA *baixo*; c) *Funções Biológicas nas Plantas*, em que 14,3% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* e 42,9% IA *baixo* e d) *Ciclos Biogeoquímicos*, no qual 20% dos candidatos obtiveram IA *muito baixo* e outros 40% IA *baixo*.

As dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, observadas nesses temas/subtemas contemplados nas questões das provas do Vestibular da UFRN, se configuram como decorrentes de dificuldades complementares e cumulativas,

partindo-se do pressuposto de que os conhecimentos básicos sobre a célula são essenciais à compreensão dos processos metabólicos que ocorrem em um ser vivo.

De acordo com Krasilshick (2004), um dos primeiros passos para se atingir os objetivos educacionais na área do ensino de Biologia consiste em fazer com que os estudantes tenham dúvidas sobre a propriedade dos seus conceitos e dos que lhe são apresentados. Ressalta que estes aspectos não deverão surgir em decorrência da autoridade que o educador impõe em sala de aula, mas decorrente ou de uma dúvida real ou de uma insatisfação quanto às informações que estão em discussão, o que deverá se instalar neles por meio do educador, pelos colegas ou por outros eventos integrantes das suas relações sociais.

Um aspecto que colabora com a eliminação do problema das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia é a priorização de um enfoque interdisciplinar que, segundo os PCNs⁺ (BRASIL, 2001), pode ser contemplado dentro e por meio de cada disciplina. Numa perspectiva mais abrangente, essa prática pode transpor os limites disciplinares, uma vez que o aprendizado disciplinar em Biologia é um todo articulado, portanto inseparável das demais ciências, tanto das naturais quanto das humanas.

Em continuidade às análises necessárias para responder às questões de estudo propostas neste trabalho, procuramos identificar os procedimentos para os quais as dificuldades na aprendizagem se apresentaram nas questões das provas de Biologia do Vestibular da UFRN, de acordo com os IAs obtidos pelos candidatos, que será discutido no próximo subtópico.

4.5 PROCEDIMENTOS PARA OS QUAIS OS CANDIDATOS APRESENTARAM OS ÍNDICES DE APROVEITAMENTO MAIS BAIXOS

Para identificar os procedimentos nos quais as dificuldades na aprendizagem se apresentaram, foram correlacionados os procedimentos contemplados nas questões com os IAs *baixo* e *muito baixo*, conforme os resultados fornecidos pelos Relatórios Anuais do Vestibular (COMPERVE, 2001-2008), de acordo com o descrito no capítulo metodológico.

Será concebido que há dificuldade na aprendizagem dos procedimentos, quando a soma dos percentuais de IAs baixo ou muito baixo for superior à soma dos percentuais de IAs alto ou muito alto, conforme disposto previamente no Quadro 9. Os resultados estão apresentados proporcionalmente à priorização de cada procedimento (subpopulações), visando fazer uma melhor aproximação das dificuldades na aprendizagem que se apresentam para cada um deles, conforme disposto na Tabela 8.

TABELA 8 Índice de Aproveitamento segundo o Procedimento priorizado nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia nos Vestibulares da UFRN, no período entre 2001 e 2008.

PROCEDIMENTO PRIORIZADO	MUITO BAIXO	BAIXO	MEDIO	ALTO	MUITO ALTO	TOTAL
analisar figura /esquema /tabela	15,4%	38,5%	30,8%	15,4%		100,0%
sequenciar	23,8%	33,3%	28,6%	4,8%	9,5%	100,0%
correlacionar	9,2%	40,2%	35,6%	13,8%	1,1%	100,0%
analisar situação/aplicar conceito	9,4%	39,1%	37,5%	10,9%	3,1%	100,0%
interpretar texto		25,0%	50,0%	25,0%		100,0%
identificar	11,2%	36,7%	37,8%	12,2%	2,0%	100,0%
generalizar	16,7%	46,7%	26,7%	3,3%	6,7%	100,0%
comparar	10,7%	28,6%	46,4%	14,3%		100,0%
interpretar gráfico	12,5%	37,5%	37,5%	12,5%		100,0%
reconhecer	12,9%	41,9%	34,4%	8,6%	2,2%	100,0%
classificar		44,4%	33,3%	22,2%		100,0%
associar	10,6%	41,5%	35,1%	12,8%		100,0%
inferir		50,0%	33,3%	16,7%		100,0%
Total	11,3%	39,4%	35,8%	11,6%	2,0%	100,0%

Dentre os procedimentos nos quais os candidatos apresentaram dificuldade na aprendizagem, *associar* se apresentou como o de maior grau. Do total de candidatos que realizaram a prova de Biologia do Vestibular da UFRN, no período proposto para este estudo, 15,9% obtiveram IA *muito baixo* e outros 17,7%, IA *baixo*, nas questões que priorizaram esse procedimento.

Em termos de priorização nas questões, o procedimento *associar* também foi um dos que se apresentou em maior frequência nas questões das provas de Vestibular analisadas nesse período (Tabela 2). Esse também foi um dos procedimentos mais requerido nas questões que abordaram os conteúdos pertencentes aos temas *Seres Vivos* (16,3%), *A Célula* (19,8%), *Genética* (15,7%) e

Biotecnologia (20%), para os quais as dificuldades na aprendizagem dos conceitos também se apresentaram.

O procedimento *reconhecer* também foi um dos que se apresentou em maior frequência nas questões das provas do Vestibular analisadas durante este estudo (Tabela 2). Tal procedimento foi um dos mais requeridos pelas questões que abordaram os conteúdos dos temas: *Evolução* (20%), *Biotecnologia* (20%), *Saúde e Doença* (19,4%), *Genética* (17,6%), *A Célula* (17,4%), *Seres Vivos* (16,3%), *Ecologia* (15,3%) e *Reprodução Humana* (5,9%). Observamos que, para os conteúdos dos temas *Genética*, *A Célula* e *Biotecnologia*, as dificuldades na aprendizagem dos conceitos também se apresentaram, denotando que há uma correlação intrínseca entre as dificuldades na aprendizagem dos temas e subtemas e os procedimentos, a qual se expressa por meio dos baixos IA.

As dificuldades na aprendizagem dos procedimentos também se expressaram para o procedimento *comparar*, cujos IA foram muito baixo para 4,8% dos candidatos e baixo para outros 3,6%. Os temas das questões que priorizaram este procedimento (Tabela 3) foram: *Seres Vivos* (8,8%), *Evolução* (6,7%), *A Célula* (5,2%) e *Biotecnologia* (6,7%). Dentre estes, nos três últimos também se observaram as dificuldades na aprendizagem dos conceitos.

Também foram verificadas dificuldades na aprendizagem do procedimento *correlacionar*, cujos IA obtido pelos candidatos foi muito baixo para 12,7% e baixos para 15,9%. Nas questões que exigiram este procedimento, as dificuldades na aprendizagem se apresentaram para os temas: *Ecologia* (16,3%), *Seres Vivos* (15,6%), *A Célula* (18,6%), *Genética* (13,7%), *Evolução* (13,3%), *Biotecnologia* (6,7%) e *Reprodução Humana* (17,6%). Dentre os temas para os quais houve dificuldades de aprendizagem dos procedimentos em *Genética*, *A Célula* e *Biotecnologia* também se observaram dificuldades na aprendizagem dos conteúdos.

As dificuldades igualmente se apresentaram para o procedimento *analisar figura/tabela/esquema*, em que 3,2% dos candidatos apresentaram IA *muito baixo* e 2,7% obtiveram IA *baixo*. Os conteúdos dos temas das questões que priorizaram este procedimento foram: *Ecologia* (23,3%), *Saúde e Doença* (19,4%), *Biotecnologia* (13,3%), *Evolução* (13,3%), *Seres Vivos* (12,5%), *Reprodução Humana* (11,8%), *A Célula* (8,7%) e *Genética* (5,9%). Dentre esses temas, foi observado também dificuldades na aprendizagem de conceitos em *Genética*, *A Célula* e *Biotecnologia*.

De acordo com os resultados observados, podemos considerar que nos conteúdos dos temas e subtemas para os quais as dificuldades na aprendizagem se apresentaram também puderam ser observadas dificuldades na aprendizagem dos procedimentos. No entanto, para os conteúdos de alguns temas, para os quais os candidatos não haviam apresentado dificuldades na aprendizagem dos conteúdos conceituais, foi possível verificar dificuldades na aprendizagem dos procedimentos, os quais se expressaram como focais.

Apesar de não concebermos a separação dessas duas categorias de conteúdos, entendemos que a sua aprendizagem se dá de forma diferenciada, segundo a exigência cognitiva dos conceitos envolvidos no conteúdo, o que pode ser observado nos resultados que se apresentaram para esta penúltima questão de estudo.

Esses resultados também servem para corroborar os observados anteriormente, quanto às diferenças verificadas em resposta à contextualização da questão, em que foi possível identificar comportamentos diferenciados para os três grupos de candidatos, quanto à influência que a contextualização da questão poderia ou não exercer sobre o nível de dificuldade desta.

Nos parágrafos que seguem, serão discutidas as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia que guardam relação com as concepções alternativas que o estudante constrói sobre eles. Considerou-se que as dificuldades, dentre outras, também são resultantes das concepções originadas das suas vivências extra-ambiente escolar, do contato inicial com os conceitos científicos (no contexto da escola) e/ou do resultado da leitura de textos informativos e do livro didático.

Visando cumprir com o último objetivo proposto para este estudo, buscaremos identificar o erro que o candidato comete nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN.

4.6 IDENTIFICAÇÃO DOS ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS NAS PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DE BIOLOGIA DO VESTIBULAR DA UFRN

Antecedendo as análises a ser desenvolvidas nesta etapa dos resultados da pesquisa, destacamos a postura que assumimos em relação ao erro. Entendemos que o erro cometido pelo candidato, ao escolher a alternativa incorreta na Prova do Vestibular da UFRN, está em consonância com as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, conforme amplamente discutido anteriormente.

Concebemos que a identificação do erro que o candidato cometeu nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, dos Vestibulares da UFRN, irá colaborar na identificação das áreas dos conteúdos que apresentam dificuldades no processo de aprendizagem, servindo para traçar um perfil quanto às dificuldades de aprendizagem dos estudantes egressos do Ensino Médio das escolas de Natal (RN).

Entendemos que o erro também pode se apresentar como manifestação das concepções alternativas que o estudante constrói sobre os conteúdos. No caso específico desta pesquisa, o erro que os candidatos cometeram nas questões das provas será visto como expressão das concepções alternativas que o estudante constrói erroneamente sobre os conteúdos, nos diversos contextos nos quais se dá a sua formação.

O conceito que adotaremos para as concepções alternativas, com vistas ao desenvolvimento das análises dos resultados inerentes a esta última questão de estudo, emerge do referencial tomado, segundo o qual essas concepções têm sido consideradas como construções conceituais inadequadas ou cientificamente inválidas. (CACHAPUZ, 2000). Sendo assim, à luz das concepções alternativas, o erro cometido nas provas do Vestibular da UFRN será visto como uma interpretação equivocada dos conceitos ou um fator que se expressa como obstáculo na avaliação do progresso do conhecimento científico alcançado pelo estudante.

Apesar dos erros nas provas em foco serem observados nas questões que abordaram os conteúdos dos oito blocos, conforme o Programa do Vestibular fornecido pela COMPERVE/UFRN (2001-2008), as análises da influência das concepções alternativas no surgimento das dificuldades na aprendizagem serão utilizadas para os temas nos quais se verificou a maior incidência de erros, quais sejam: *Genética, A Célula e Biotecnologia*.

A partir dos resultados apresentados nos tópicos anteriores, emerge a hipótese de que algumas áreas dos conteúdos de Biologia, devido ao nível de abstração dos conceitos, favorecem a construção de concepções alternativas que obstaculizam a aprendizagem, as quais se manifestam por meio do erro que o candidato comete nas provas de Biologia do Vestibular da UFRN.

Os dados que se apresentam no Quadro 11, no qual a tipologia de erro está explicitada, se originaram da análise das questões das provas de Biologia nas quais os candidatos fizeram, com maior frequência, a escolha pela alternativa incorreta e/ou foram registrados os menores IAs (muito baixo ou baixo).

Com a finalidade de facilitar a apresentação e discussão dos resultados que emergem das análises das provas, a identificação da tipologia dos erros observados nas questões das provas levou à classificação desses erros em três grupos, conforme se distribuem os subtemas (Quadro 2):

- No grupo 1, organizaram-se os erros ocorridos nas questões que abordam os conteúdos sobre química da vida.
- No grupo 2, estão os erros cometidos pelos candidatos nas questões que abordaram os conteúdos sobre as organelas citoplasmáticas. No grupo 3, estão os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre o material genético e a divisão celular – mitose e meiose.

Tema	Erros cometidos pelos Candidatos
A CÉLULA	Grupo 1 Não reconhece as funções das biomoléculas (proteínas, lipídeos, carboidratos e vitaminas); Interpreta incorretamente o gráfico do padrão de nutrição/crescimento dos mamíferos (homem-macaco); Confunde a estrutura das biomoléculas; Não reconhece as propriedades das biomoléculas; Não reconhece as funções das biomoléculas.
	Grupo 2 Analisa incorretamente o esquema da síntese protéica; Não correlaciona o crescimento dos seres vivos com a síntese protéica; Não identifica as etapas da síntese de proteínas nem as moléculas que dela participam; Aplica incorretamente o conceito de metabolismo celular no contexto; Não identifica os processos metabólicos celulares; Confunde o processo de respiração com o da fotossíntese; Correlaciona incorretamente a função das organelas citoplasmáticas; Não reconhece a existência de diferenças entre os tipos celulares; Confunde células procarióticas com células eucarióticas.
	Grupo 3 Não reconhece os eventos da divisão celular – mitose; Confunde os eventos da meiose I com os da meiose II; Não correlaciona os eventos da meiose com os conceitos da Citogenética (<i>crossing-over</i> , cromossomos homólogos; alelos; quiasmas); Analisa incorretamente o esquema da mitose; Analisa incorretamente o esquema da meiose.

QUADRO 11 Erros sobre o tema *A Célula* cometidos pelos candidatos nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN (2001-2008).

Os erros observados nas questões que abrangem os conteúdos representados nos três grupos de subtemas que apresentaram os menores IAs incidiram em: *Química da Vida/Material Genético*, *Divisão Celular* e *Organelas Citoplasmáticas*.

As questões das provas que exploraram os conteúdos sobre *Química da Vida* (Grupo 1) corresponderam a um dos menores IA obtido pelos candidatos: 10% obtiveram IA muito baixo e outros 52,6% IA baixo.

Os erros observados nessas questões tiveram como causa falta de reconhecimento das funções das biomoléculas (proteínas, lipídeos, carboidratos e vitaminas). Os candidatos confundiram as biomoléculas participantes dos processos de respiração com as que participam da fotossíntese, também confundindo as suas

funções nesses processos. Além do mais, demonstraram não reconhecer as propriedades das biomoléculas nem os elementos ou moléculas que participam da sua composição química.

Esses resultados reproduzem os observados nas pesquisas sobre as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia desenvolvidas por Rodríguez Palmero (1999), Rodríguez Palmero e Marrero (2003) e Mengascine (2006), nas quais as dificuldades na aprendizagem de *Citologia* são atribuídas à deficiência na aprendizagem sobre *Química*.

Nas questões das provas que abordaram os conteúdos pertencentes ao subtema *Química da Vida*, os candidatos também cometeram erro no procedimento, uma vez que interpretaram incorretamente o gráfico do padrão de crescimento de dois representantes da classe dos mamíferos (homem e macaco), em função das diferenças no tipo de nutrição.

Ao procederem à análise da abordagem da molécula de DNA nos livros didáticos, Ferreira e Justi (2007) evidenciam que, nesses livros, tanto os de Química quanto os de Biologia, o estudo do DNA se resume, em linhas gerais, a uma abordagem breve, geralmente acompanhada de um modelo que representa a estrutura dessa molécula.

Nesta pesquisa, também foi verificada a falta de abordagem ou a abordagem superficial dos aspectos fundamentais da *Biotecnologia*, como *clonagem*, *engenharia genética*, *alimentos transgênicos* e *teste de paternidade*.

Estes resultados demonstram que os livros analisados não estão contribuindo para favorecer a construção de um conhecimento que propicie a aprendizagem de conteúdos relevantes para a formação de uma postura crítica, tornando o estudante capaz de dialogar com o conhecimento científico e avaliar questões éticas relativas ao seu emprego, conforme tem sido orientado nos PCNs⁺. (BRASIL, 2001).

Esses candidatos também apresentaram baixo IA nas questões que abordaram os conteúdos sobre *Metabolismo Celular* (Grupo 2). Os erros observados nas questões das provas decorreram da falta de identificação das etapas da síntese de proteínas e das moléculas que dela participam.

Ainda com referência aos mesmos candidatos, estes aplicaram incorretamente o conceito de metabolismo celular no contexto, demonstrando não reconhecer as diferenças existentes entre os processos metabólicos celulares.

Também correlacionaram incorretamente a função das organelas citoplasmáticas e não reconheceram a existência de diferenças entre os tipos celulares, confundindo as células procarióticas com as eucarióticas.

Para ilustrar esses resultados, no Quadro 12, apresenta-se uma questão da prova do Vestibular da UFRN na qual tal fato se apresenta.

UFRN (Processo Seletivo 2006) Questão 15. A respiração é um processo presente em todos os organismos e atua quebrando compostos orgânicos, como a glicose, para liberar energia. Por sua vez, a fotossíntese é realizada por organismos clorofilados e absorve energia para sintetizar glicose. Embora atuem em sentido inverso, as reações que ocorrem durante esses dois processos têm em comum

A) a dependência do funcionamento do Ciclo de Krebs.
 B) o elevado saldo final de moléculas de ATP.
 C) o envolvimento de citocromos transportadores de elétrons.
 D) a influência do gás carbônico como fator limitante.

QUADRO 12 - Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN do ano de 2006. Disponível em: <http://www.ufrn/comperve.gov.br>

Nesta questão, os conteúdos abordados foram *Respiração Celular* e *Fotossíntese*, cuja alternativa correta era a letra C. Essa prova foi respondida por vinte e quatro mil, quatrocentos e setenta e três candidatos, dos quais, 13,8% acertaram a questão. A maior parte dos candidatos (43,8%) escolheu a alternativa D como verdadeira.

A identificação da alternativa correta dessa questão requeria, do candidato, conhecimentos sobre o metabolismo celular. Ele deveria correlacionar o processo de fotossíntese com o de respiração celular, identificando suas peculiaridades. O erro cometido por esses candidatos decorreu da falta de reconhecimento da participação dos citocromos (cadeia transportadora de elétrons) nos dois processos.

A acentuada escolha pela alternativa incorreta (letra D) mostra que, embora o candidato reconheça a participação do gás carbônico nos dois processos, parece não conhecer como se dão as vias metabólicas dos dois processos.

Um aspecto importante, destacado por Hurtado e García (2003), que se insere nas prerrogativas implícitas no surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos sobre a célula, é o fato de, durante o ensino dos conceitos

estruturadores dessa área curricular, a abordagem se dar de forma incompleta ou errônea.

Banet e Ayuso (1995) observaram que é freqüente identificar, entre os estudantes, uma tendência a considerar a natureza celular como uma característica particular dos animais. Tais autores consideram este o principal motivo de dúvida dos estudantes a respeito da natureza celular ou do caráter multicelular de outros seres vivos, tais como árvores, vegetais inferiores ou fungos.

Na pesquisa que desenvolvemos, os erros observados nas provas do Vestibular sugerem a existência de dificuldade na aprendizagem nos conteúdos básicos de *Citologia*, principalmente os de *Citogenética*, com base nos baixos IAs obtidos nas questões.

Semelhante ao descrito por outros pesquisadores, foi verificado que os candidatos não reconhecem os eventos da divisão celular, confundindo os eventos da meiose I com os da meiose II. As questões que abordaram os conteúdos sobre a divisão celular – mitose e meiose (Grupo 3) registraram os menores IAs, uma vez - que 40% dos candidatos obtiveram IA muito baixo e outros 40%, IA baixo.

Os candidatos também tiveram dificuldade para correlacionar os eventos da meiose com os conceitos de *Citogenética* (*crosssing-over*, cromossomos homólogos, alelos, quiasmas), além de terem analisado incorretamente os esquemas da mitose e da meiose.

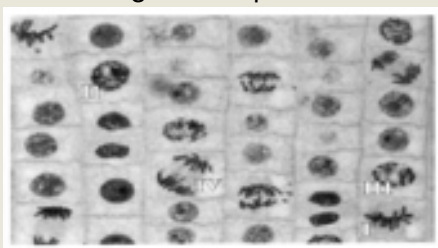
Os erros observados nas questões que exploraram os conteúdos sobre as organelas citoplasmáticas decorreram do fato de os candidatos interpretarem incorretamente o esquema da síntese protéica e não correlacionarem o crescimento dos seres vivos aos resultados dos processos metabólicos celulares, principalmente a síntese protéica, o que leva a crer que não reconheceram o dogma central da Biologia.

Os erros que se apresentaram para o total de candidatos que realizaram essas provas deveram-se ao fato de estes não reconhecerem os eventos da divisão celular por mitose. Em muitas oportunidades, os candidatos confundiram os eventos da meiose I com os da meiose II, não correlacionaram os eventos da meiose com os conceitos da *Citogenética* (*crosssing-over*, cromossomos, alelos, quiasmas, centríolos), não utilizaram corretamente esses mesmos conceitos e analisaram incorretamente os esquemas da mitose ou da meiose.

O Quadro 12 contém uma questão, dentre as cento e dezessete analisadas, dos oito anos de Vestibular promovidos pela UFRN, na qual foi abordado o processo de divisão celular, quando pudemos verificar a ocorrência desse tipo de erro.

UFRN (Processo Seletivo 2003) Questão 14. A fotomicrografia abaixo mostra células em divisão na ponta da raiz da cebola. De acordo com o estágio em que cada célula numerada se encontra, pode-se afirmar que

- A) IV apresenta dois pares de centríolos.
- B) III está realizando síntese protéica.
- C) II possui número haplóide de cromossomos.
- D) I apresenta fuso mitótico completamente formado.



© Campbell, M. A., Reece, J. B., Mitchell, L. G. Biology, 3 ed. Menlo Park: Addison Wesley Longman, 1999, p. 220.

QUADRO 13 - Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN, do ano de 2003. Disponível em: <http://www.ufrn/comperve.gov.br>

O subtema explorado por esta questão é a divisão celular (fases da mitose), cuja alternativa correta é a letra D. Para identificar essa alternativa, o candidato deveria analisar a fotomicrografia na qual se apresentam os eventos que ocorrem nas fases da mitose e, ao recordar os conceitos básicos em *Citogenética*, correlacionar as fases da mitose presentes na fotomicrografia com os eventos que a caracterizam.

Esta questão registrou um IA muito baixo, pois apenas 15,2% dos vinte e dois mil, cento e setenta e seis candidatos que realizaram a prova referida conseguiram acertá-la. A maioria dos candidatos (44,0%) escolheu a alternativa A como verdadeira. O erro cometido por esses candidatos decorreu da falta de reconhecimento dos eventos da divisão celular por mitose. Também fica explícito o erro no procedimento, uma vez que a questão apresenta os dados em uma fotomicrografia e houve falha na análise das etapas da mitose.

Dando continuidade às análises dos erros cometidos pelos candidatos nas provas de Biologia do Vestibular da UFRN, nas questões que abordaram os conteúdos e para os quais se observaram os menores IAs, foi realizada a análise das questões na área de *Genética*.

Os erros observados nessas questões foram classificados em quatro grupos, conforme disposto no Quadro 14.

- No Grupo 1, estão os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre *hibridismo*;
- No Grupo 2, organizaram-se os erros ocorridos nas questões que abordam os conteúdos sobre *fenótipo e genótipo*;
- No Grupo 3, estão os erros cometidos pelos candidatos nas questões que abordaram os conteúdos sobre *dominância*;
- No Grupo 4, os erros sobre as *Leis de Mendel*.

TEMA	ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS
GENÉTICA	Grupo 1 Aplica incorretamente os conceitos básicos da Genética (genótipo, fenótipo, dihibridismo, herança poligênica, herança ligada ao sexo); Não reconhece a relação da expressão gênica (1 genótipo = 1 fenótipo); Confunde homozigoto com heterozigoto.
	Grupo 2 Interpreta o gráfico de distribuição alélica do dihibridismo incorretamente; Representa genótipo de forma incorreta – um só alelo; Correlaciona de forma errada a expressão gênica em um fenótipo; Não identifica o gráfico do padrão de herança poligênica.
	Grupo 3 Não reconhece o padrão de distribuição dos cromossomos em comunidades fechadas (endocruzamentos); Não identifica o genótipo da DHRN; Analisa incorretamente a relação genótipo-fenótipo para DHRN; Não identifica o padrão genômico e a condição de ocorrência da DHRN; Não correlaciona a alteração de um fenótipo ao efeito das mutações.
	Grupo 4 Não reconhece o enunciado da primeira Lei de Mendel. Não reconhece o padrão de cruzamento na herança mendeliana – segunda Lei de Mendel. Confunde o padrão de expressão gênica: herança poligênica com dominância incompleta, herança ligada ao sexo com herança relacionada ao sexo.

QUADRO 14 - Erros cometidos pelos candidatos sobre o tema *Genética*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).

Os resultados que se apresentam quanto às dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de *Genética*, apresentados no tópico anterior, mostram que os menores IAs foram observados para os conteúdos que tratam sobre o hibridismo,

fenótipo e genótipo e as Leis de Mendel (Grupos 1, 2 e 4), conforme se apresenta no Quadro 14.

Os erros cometidos pelos candidatos quanto às questões das provas que exploraram os conteúdos que estão organizados no *Grupo 3* mostram que a indução destes se deu pelo não-reconhecimento do padrão de distribuição dos cromossomos em comunidades fechadas (endocruzamentos).

A concepção alternativa implícita nesse erro decorre da idéia generalizada que o estudante constrói sobre herança aplicada à expressão dos genes em uma grande população, aumentando a variabilidade genética (reducionismo do conceito), o que torna difícil, para ele, entender o comportamento desses genes quando se expressam nos endocruzamentos, intercorrendo em uma limitação do conceito de herança gênica (obstáculo epistemológico).

Verificamos que os erros que se originam nos conhecimentos sobre a *Citogenética*, os quais envolvem um elevado nível de abstração dos conceitos, constituem limitação à compreensão dos conteúdos sobre *Genética*, interferindo na aprendizagem dos conteúdos dessa disciplina que demandam esses conhecimentos.

Dentre os erros cometidos pelos candidatos, estão a aplicação incorreta dos conceitos básicos da *Genética* (genótipo, fenótipo, dihibridismo, herança poligênica, herança ligada ao sexo), a falta de reconhecimento da relação em expressão gênica (genótipo/fenótipo) e o fato de confundirem o padrão de expressão gênica - herança poligênica - com dominância incompleta; herança ligada ao sexo com herança relacionada ao sexo.

Abril, Muela e Quijano (2007), utilizando diferentes métodos para determinar os conceitos errôneos que os estudantes constroem quando estudam os temas de herança gênica, pela primeira vez, identificam não só algumas concepções em Biologia que se apresentam como obstáculos à aprendizagem, como conteúdos que se apresentam como difíceis de aprender.

As dificuldades que se apresentam para os conteúdos dessa área da Biologia também decorrem da própria natureza dos conceitos envolvidos, citando-se, como exemplo, os conceitos de DNA, proteína, gene e de cromossomos e genes, que os estudantes consideram como sinônimos, o mesmo sendo observado com as palavras *genes* e *alelos*. Não atribuem a palavra “gen” ao sítio físico do cromossomo, a ponto de, quando se fala de “segregação de cromossomos”, não

relacionarem com “separação de genes”. O mesmo se dá com os problemas de herança em relação à transmissão da informação genética, e com a meiose.

Os estudantes pesquisados por Abril, Muela e Quijano (2007) demonstram confundir os termos *cromátide* e *cromossomo* e *informação genética* com código genético. O termo caráter dominante geralmente é identificado com o fenótipo mais observado em uma população e a variabilidade genética é tida como o resultado de uma divisão do tipo sexuada. Pelas limitações no domínio dos conceitos, esses estudantes não vêem que a variabilidade genética é a consequência da separação dos pares de cromossomos pela recombinação dos genes.

Os erros cometidos pelos candidatos do Vestibular da UFRN também decorreram do não-reconhecimento tanto do enunciado da primeira Lei de Mendel quanto do padrão de cruzamento na herança mendeliana (segunda Lei de Mendel) e da herança pós-mendeliana, conforme está representado pela questão da prova do vestibular, no Quadro 15.

UFRN (Processo Seletivo 2002) Questão 15. “Já está na hora de voltar. O motorista está buzinando. Vamos!” A turma entrou muito animada no ônibus e Ariosvaldo percebeu que o motorista era calvo. Ariosvaldo refletiu e perguntou: “Professor, por que não se vê mulher careca?” O professor respondeu que a ocorrência de calvície em mulheres era muito rara. Isso ocorre porque

- A) o gene responsável pela calvície está no cromossomo Y.
- B) a expressão do gene depende da presença de hormônios masculinos.
- C) a calvície é uma característica genética cuja herança é ligada ao sexo.
- D) a mulher só será careca se tiver os dois alelos recessivos.

QUADRO 15 Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia do Vestibular da UFRN do ano de 2002. Disponível em: <http://www.ufrn/comperve.gov.br>

O conteúdo abordado nesta questão é a *herança pós-mendeliana* – herança influenciada pelo sexo - e a alternativa correta é a letra B. Dos vinte e três mil, trezentos e oitenta e três candidatos que se submeteram ao Vestibular do ano de 2002 apenas 19,6% conseguiram acertá-la. A maioria dos candidatos (34,3%) escolheu a alternativa C como verdadeira.

Para identificar a alternativa correta dessa questão, o candidato deveria interpretar a situação contextualizada quanto à genética da calvície, correlacionando-a com a herança influenciada pelo sexo. O erro cometido por esses

candidatos decorreu do não-reconhecimento do padrão de herança envolvida nos casos da herança pós-mendeliana.

Outro tema para os quais os candidatos apresentaram baixo IA foi a *Biotecnologia*. Os erros nas questões que abordaram os conteúdos de seus subtemas (Quadro 2) estão demonstrados no Quadro 16, os quais aparecem organizados em dois grupos, a saber:

- No Grupo 1, estão os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre *Biotecnologia* e demandavam conhecimento de outras áreas da Biologia;
- No Grupo 2, organizaram-se os erros ocorridos nas questões que abordaram os conteúdos que necessitavam apenas do conhecimento das técnicas utilizadas na *Biotecnologia*.

TEMA	ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS
BIOTECNOLOGIA	Grupo 1 Não correlaciona o processo de produção de insulina transgênica com o metabolismo da célula bacteriana; Não reconhece a função das enzimas de restrição na produção de um transgênico.
	Grupo 2 Não reconhece a técnica de terapia gênica/células-tronco; Seqüencia incorretamente os eventos da produção de um transgênico.

Quadro 16 - Erros cometidos pelos candidatos em *Biotecnologia*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).

Apesar das questões que abordaram os conteúdos desse tema terem demonstrado uma baixa exigência em termos de procedimentos e quanto à demanda dos conceitos, visto se limitar a explorar os conceitos básicos, o reconhecimento das técnicas e os efeitos da aplicação da *Biotecnologia* a serviço da sociedade. Nas questões que abordaram os conteúdos deste tema, o IA foi baixo para 66,6% dos candidatos.

A baixa prioridade dada à abordagem CTS, segundo Bazzo *et. al.* (2003), decorre, principalmente, das dificuldades apresentadas pelos educadores, tanto de

Ensino Médio como de Ensino Superior, principalmente quanto à compreensão e interligação dos conceitos básicos de Biologia Molecular. Essas dificuldades podem ser transferidas ao estudante e, em relação a sua origem estão: o favorecimento da chegada deste conhecimento à mídia em período anterior à escola e o fato da abordagem dos conteúdos sobre as tecnologias a serviço da Humanidade ainda ter sido feita de forma superficial e carregada de concepções inadequadas.

As dificuldades que se apresentam, segundo Silva (2003) e Camargo, Infante-Malaquias e Amabis (2007), também aparecem como consequência do pouco incentivo dado à educação sobre as tecnologias e a sua utilização em benefício da Humanidade.

Na pesquisa que desenvolvemos, esse aspecto se explicita por meio dos erros apresentados no Grupo 1 (Quadro16), que está ilustrado no Quadro 17.

UFRN (Processo Seletivo 2003) Questão 12. As mangueiras, ao contrário do esperado, continuaram com baixa produção após a poda. Investigando o problema, o pesquisador descobriu que o ambiente favorecia o desenvolvimento de um nematóide parasita de mangueira, cujo controle era muito difícil. O pesquisador sugeriu desenvolver uma linhagem transgênica dessa mangueira, pela inserção de um gene que codifica uma toxina capaz de matar o nematóide. Para criar a mangueira transgênica, deve-se seguir um conjunto de etapas que começa pela construção de uma sequência iniciadora (*primer*).

A sequência correta das etapas seguintes à construção do *primer* é, resumidamente,

- A) transfecção do gene → amplificação do gene → inserção do gene num vetor.
- B) inserção do gene num vetor → transfecção do gene → amplificação do gene.
- C) amplificação do gene → transfecção do gene → inserção do gene num vetor.
- D) amplificação do gene → inserção do gene num vetor → transfecção do gene.

Quadro 17 - Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2003. Disponível em: <http://www.ufrn.comperve.gov.br>

O conteúdo abordado nesta questão é a técnica de produção de um transgênico - construção de uma sequência iniciadora (*primer*), cuja alternativa correta é a letra D. Para esta questão, o IA foi muito baixo, uma vez que apenas 18% dos vinte e dois mil, cento e setenta e seis candidatos que se submeteram ao Vestibular do ano de 2003 conseguiram acertá-la. Para identificar a alternativa correta da questão, o candidato deveria seqüenciar os eventos necessários à produção de uma sequência iniciadora (*primer*). No entanto, a maioria dos candidatos escolheu a alternativa C (35,9%) como a correta.

As dificuldades na aprendizagem dos conteúdos que abordam os temas CTS também foram identificadas nas pesquisas desenvolvidas entre os estudantes do Ensino Superior, por Sganzerla *et al.*, (2004). Similarmente ao que identificamos nesta pesquisa, os estudantes apresentam dificuldades para reconhecer os atuais avanços científicos e biotecnológicos.

Um aspecto que tem sido apresentado como indutor do surgimento das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Biologia tem como base o estudo das concepções que os estudantes têm sobre os produtos da ciência e o conhecimento científico, permitindo identificar fatores adicionais que influenciam no trabalho do educador. Camargo, Infantemalaquias e Amabis (2007) enfatizaram a necessidade de que o estágio multidimensional de alfabetização científica seja atingido. Nesta pesquisa, essa constatação pode ser visualizada por meio dos erros que se encontram no Quadro 12 (Grupo 2).

Outras pesquisas demonstram que os estudantes também apresentam dificuldades para explicar o que são organismos transgênicos e falar sobre as vantagens e desvantagens da *Biotecnologia*, revelando que a maioria se limita a reproduzir a linguagem veiculada pela mídia, sem demonstrar a compreensão dos conceitos (PEDRANCINI *et al.*, 2004; PEDRANCINI, CORAZZA-NUNES, GALUCH, 2005).

Os erros nas diversas áreas que compõem o conhecimento biológico, de acordo com o referencial teórico, têm se apresentado como consequência das concepções que os estudantes constroem sobre a célula (BANET, AYUSO, 1995; RODRIGUEZ PALMERO, 1999; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2003; HURTADO, GARCÍA, 2003; CAMARGO, INFANTE-MALAQUIAS, AMABIS, 2007), conforme discutido anteriormente no capítulo de revisão.

Sob esse ponto de vista, a construção das concepções alternativas sobre os conteúdos de Biologia, tanto pelos educadores quanto pelos estudantes, geralmente decorre da natureza mesma dos conceitos, que escapam a uma compreensão principalmente por parte dos estudantes, os quais não conseguem perceber sua aplicação. Uma das causas disto reside no fato de o conteúdo curricular se afastar das suas experiências cotidianas (BASTOS, 1992; CABALLER, GIMENEZ, 1993; BANET, AYUSO, 1995; RODRÍGUEZ PALMERO, MARRERO, 2003).

Nas pesquisas desenvolvidas por Bastos (1992), a maioria das concepções alternativas errôneas pôde ser expressa quando o estudante demonstrou que as

células utilizam seletivamente a informação genética que têm, dependendo da função que irão realizar. Banet e Ayuso (1995, 1996), por sua vez, identificaram a influência dessas concepções quando os estudantes afirmaram que todos os cromossomos contêm informação genética e quando confundiram a mitose com a meiose - não concebendo que aquela origina as células somáticas e esta, as células sexuais.

A identificação desse aspecto pode ser um indício de que a aprendizagem dos conhecimentos científicos que ocorrem durante a escolaridade básica está sendo insuficiente para possibilitar aos estudantes o desenvolvimento e, por conseguinte, a utilização dos conceitos como instrumentos do pensamento em situações que extrapolam o contexto escolar.

Para apresentar os erros cometidos pelos candidatos nas questões que abordaram os conteúdos pertencentes ao tema *Seres Vivos* (Quadro 18), optamos por organizar os resultados que emergem das análises das questões das provas, conforme os conteúdos dos subtemas reunidos (Quadro 2) em três grupos, a saber:

- No Grupo 1, estão os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre as funções biológicas nas plantas;
- No Grupo 2, encontram-se os erros ocorridos nas questões que abordam os conteúdos que necessitam dos conhecimentos sobre as funções biológicas nos animais vertebrados;
- No Grupo 3, estão os erros ocorridos nas questões que abordam os conteúdos que requerem os conhecimentos sobre as funções biológicas nos animais invertebrados.

TEMA	ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS
SERES VIVOS	Grupo 1 Confunde o órgão reprodutivo masculino de uma flor com o feminino. Analisa o esquema de polinização incorretamente. Não correlaciona os processos fisiológicos dos vegetais, como respiração e fotossíntese, com o metabolismo da célula Não reconhece o processo de regulação hídrica nos vegetais inferiores. Generaliza incorretamente os processos de transpiração, fotossíntese, nutrição, regulação hormonal e respiração dos vegetais superiores.
	Grupo 2 Não identifica o processo de regulação hídrica nos invertebrados (artrópodes e anelídeos); Não identifica os tipos de reprodução nos animais invertebrados (sexuada e assexuada); Não reconhece os tipos de reprodução assexuada nem as características específicas dos seres vivos.
	Grupo 3 Não identifica a seqüência dos eventos dos processos fisiológicos da circulação, respiração, reprodução, controle hormonal e excreção dos animais vertebrados. Confunde animais homeotérmicos com os poiquilotérmicos; Confunde os processos fisiológicos desempenhados pelos órgãos e sistemas em humanos (mecanismo de ação dos hormônios – órgão; tipo de glândula que o produz. Tipo e ação das enzimas na digestão. Funções do sistema nervoso central e periférico. Confunde as funções do ramo simpático com o parassimpático). Não identifica diferenças entre a nutrição dos animais carnívoros e a os herbívoros. Interpreta incorretamente o gráfico da curva glicêmica. Interpreta incorretamente o gráfico da regulação da temperatura dos animais vertebrados Não correlaciona os processos fisiológicos dos animais com o metabolismo da célula (regulação da glicemia/metabolismo dos lipídeos). Analisa incorretamente a figura que representa o coração de um animal vertebrado.

QUADRO 18 - Erros cometidos pelos candidatos sobre o tema *Seres Vivos*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).

Os erros mais freqüentemente observados nas questões das provas que exploraram os conteúdos sobre seres vivos se deram nas questões que abordaram os conteúdos do *subtema Funções Biológicas nas Plantas*. O IA, para 14,3% dos candidatos, foi muito baixo e para os outros 42,9%, baixo.

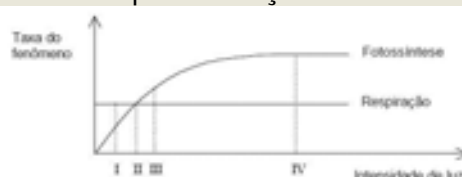
A maior incidência de erro decorreu do fato de os candidatos confundirem o órgão reprodutivo masculino de uma flor com o feminino; interpretando o esquema de polinização incorretamente; evidenciando, assim, que houve uma construção insuficiente dos conhecimentos sobre a anatomia dos vegetais.

Esses candidatos também não correlacionaram os processos fisiológicos dos vegetais, como respiração e fotossíntese, com o metabolismo da célula.

Demonstraram também não reconhecer o processo de regulação hídrica nos vegetais inferiores, além de generalizarem incorretamente os processos de transpiração, fotossíntese, nutrição, regulação hormonal e respiração dos vegetais superiores. A ocorrência desse tipo de erro explicita que os estudantes também não construíram conhecimento consistente sobre a fisiologia vegetal, conforme ilustramos com a questão que se apresenta no Quadro 19.

UFRN (Processo Seletivo 2002) Questão 02. Professor Astrogildo mostrou que os arbustos de uma mesma espécie, localizados mais próximos da mineração, eram menores do que aqueles mais afastados. Ele esboçou, ainda, o gráfico de compensação fótica para a espécie desse arbusto: Com base no gráfico pode-se afirmar que a situação dos arbustos menores está melhor expressa em

A) I. B) II. C) III. D) IV.



QUADRO 19 Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2002. Disponível em: <http://www.ufrn/compurve.gov.br>

O conteúdo abordado nessa questão diz respeito à compensação fótica, cuja alternativa correta é a letra C. O IA registrado para a questão foi classificado como muito baixo, uma vez que, dos vinte e três mil, trezentos e oitenta e três candidatos que se submeteram ao Vestibular do ano de 2002, apenas 15,2% a acertaram.

Para identificar a alternativa correta da questão, o candidato deveria interpretar o gráfico da compensação fótica e associar a curva que melhor expressava o referido processo em plantas arbustivas.

A maioria dos candidatos (42,9%) escolheu a alternativa A como correta. O erro cometido consistiu na falta de identificação das diferenças existentes entre os processos fisiológicos nos vegetais superiores e inferiores. Os estudantes generalizaram incorretamente os processos de fotossíntese e respiração dos vegetais, por não verificarem a diferença de consumo/produção de oxigênio entre esses dois grupos de vegetais. Nessa questão também foi verificado o erro no procedimento, pelo fato de não terem acertado a interpretação do gráfico.

Os erros também ocorreram nas questões que abordaram os conteúdos sobre funções biológicas nos animais vertebrados, quando se verificou que 46,7% dos candidatos obtiveram IA baixo. Esses erros surgem quando os candidatos não

identificam a seqüência dos eventos dos processos fisiológicos da circulação, respiração, reprodução, controle hormonal e excreção dos animais vertebrados, confundindo os processos fisiológicos desempenhados pelos órgãos e os sistemas humanos.

Quanto ao mecanismo de ação dos hormônios, os candidatos não identificaram o local de ação e a sua função no organismo, tampouco associaram corretamente o tipo de glândula que o produz. Além do mais não relacionaram a especificidade da ação das enzimas na digestão e confundiram as funções do sistema nervoso central e periférico, principalmente do ramo simpático com o parassimpático.

Os candidatos também confundiram os animais homeotérmicos com os poiquilotérmicos, demonstrando dificuldade em identificar tanto as classes de animais para os quais se aplica essa condição quanto às diferenças entre a nutrição dos animais carnívoros e a dos herbívoros.

Também ocorreu erro no procedimento, ao interpretarem incorretamente o gráfico da curva glicêmica e da regulação da temperatura dos animais vertebrados e analisarem incorretamente a figura que representa o coração de um animal vertebrado.

As investigações desenvolvidas por Keil (1989) entre os estudantes do Ensino Fundamental e Médio, na área de classificação dos seres vivos, constatarem igualmente dificuldades na compreensão desses conteúdos. Os estudantes, ao agruparem certos organismos, formaram grupos compostos por animais de características distintas, tendendo a utilizar vários grupos mutuamente excludentes e não conseguindo explicar a hierarquia entre os grupos, o que reforçou os resultados encontrados anteriormente por Bell (1981).

Os erros cometidos pelos candidatos nas provas do Vestibular da UFRN sugerem que esses candidatos também apresentaram dificuldade para integrar os conhecimentos das áreas da Biologia – Química da Vida e Funções Biológicas nos Animais Vertebrados -, quando não correlacionaram corretamente os processos fisiológicos dos animais com o metabolismo da célula, durante a regulação da glicemia e metabolismo dos lipídeos.

Quanto a este fato, Stavy, Eisen e Yaakobi (1987) assinalam que os estudantes do Ensino Médio apresentam dificuldade para conceber o corpo humano

como um sistema químico, com escassos conhecimentos sobre os elementos que formam um organismo.

Os erros ocorreram nas questões que abordaram outros conteúdos sobre os seres vivos, para os quais o IA foi muito baixo ou baixo. A exemplo disso, verificamos que o IA obtido nas questões que abordaram os conteúdos sobre funções biológicas nos animais invertebrados foi baixo para 42,9% dos candidatos que realizaram essas provas.

Os erros identificados nessas questões se deram quando o candidato não conseguiu identificar o processo de regulação hídrica nos invertebrados (artrópodes e anelídeos), nem os tipos de reprodução nos animais invertebrados (sexuada e assexuada), como também não distinguir as diferenças entre os tipos de reprodução assexuada, além de não reconhecer as características específicas dos seres vivos.

Alguns dos equívocos cometidos pelos candidatos nessas provas decorreram da falta de conhecimento consistente sobre os animais e as plantas, sendo possível identificar dificuldades em relacionar os processos fisiológicos com as estruturas anatômicas presentes nos animais vertebrados e invertebrados das diferentes classes; a não- integração das áreas do conhecimento biológico e a limitação do conhecimento sobre os processos evolutivos e a classificação dos seres vivos.

Situação semelhante foi observada por Mintzes *et al.*, 1991), ao identificarem que os estudantes do Nível Médio possuem um conceito muito restrito para a palavra "animal", uma vez que a maioria deles, ao ser solicitada para caracterizar um organismo do reino animal, citou características exclusivas dos vertebrados, como a quantidade de patas, cobertura corporal e *habitat*, para determinar sua classificação.

Os erros que emergem da análise das questões das provas que exploraram os conteúdos sobre o tema *Evolução* possibilitaram a sua classificação em dois grupos (Quadro 20), a saber:

- No Grupo 1, estão os erros constantes nas questões que abordaram os conteúdos sobre os fatores evolutivos que se observam nos seres vivos;
- No Grupo 2, encontra-se o erro ocorrido na questão que abordou as Teorias Evolucionistas.

TEMA	ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS
EVOLUÇÃO	Grupo 1 Não reconhece a influência dos processos evolutivos no aumento da biodiversidade. Não reconhece os mecanismos adaptativos das espécies animais/vegetais. Não reconhece o mecanismo de especialização. Não reconhece os efeitos dos endocruzamentos nas populações fixas.
	Grupo 2 Não identifica os elementos que caracterizam as Teorias Lamarquista e Darwinista.

QUADRO - 20 Erros cometidos pelos candidatos sobre o tema *Evolução*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).

Na questão que explorou as Teorias Evolucionistas, o IA observado para os candidatos foi 100% médio. Consideramos que houve dificuldade na aprendizagem dos conteúdos que abordam essa temática, apesar de nos distanciarmos dos critérios adotados nesta pesquisa, com base nos IAs muito baixo e baixo. No entanto, entendemos que, para a totalidade de candidatos considerada, apesar de só ter sido contemplada uma questão sobre o assunto nos últimos oito anos de Vestibular, a obtenção de um percentual de IA médio pode ser traduzida em dificuldade na aprendizagem da totalidade de candidatos.

O erro observado nessa questão decorreu do fato de os candidatos confundirem os elementos teóricos que caracterizam a Teoria Darwinista com os pertencentes à Teoria Lamarquista, portanto não conseguem distinguir uma Teoria da outra.

Dando seqüência à análise dos erros observados nas questões, procuramos identificar os que se apresentaram nas questões que abordaram os conteúdos do subtema *Saúde e Doença*. Estes foram organizados em dois grupos, conforme se encontra disposto no Quadro 21.

- No Grupo 1, estão os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre o ciclo de vida dos parasitas;
- No Grupo 2, estão os erros ocorridos nas questões que abordam os conteúdos que necessitavam dos conhecimentos sobre as funções biológicas nos animais vertebrados.

TEMA	ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS
SAÚDE E DOENÇA	Grupo 1 Não reconhece o ciclo de vida dos vermes; Não reconhece o ciclo de vida dos protozoários; Correlaciona incorretamente o agente etiológico com a doença.
	Grupo 2 Não reconhece as formas de prevenção das doenças; Não associa os fatores de risco epidemiológico com o surgimento das doenças.

QUADRO 21 - Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Saúde e Doença*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).

As questões das provas do Vestibular da UFRN que exploraram os conteúdos do tema *Saúde e Doença* abordaram os conteúdos sobre a transmissão e prevenção das doenças. O IA dos candidatos nessas questões foi muito baixo para 33,3% dos candidatos e baixo para outros 16,7%.

Os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre o ciclo de vida dos parasitas resultaram do fato de esses candidatos não reconhecerem o ciclo de vida dos vermes ou dos protozoários e não correlacionarem corretamente o agente etiológico com a doença. Esses resultados levam a crer que os conhecimentos que os candidatos construíram sobre a classificação biológica dos animais não estão sendo suficientes para responder às questões da prova de forma correta.

Outras causas desse tipo de erro estão relacionadas ao fato de os candidatos não reconhecerem as formas de prevenção das doenças ou não associarem os fatores de risco epidemiológico ao surgimento das doenças. Nesse caso, pressupõe-se uma construção insuficiente das noções de educação para a saúde, de educação ambiental e do ciclo epidemiológico das doenças humanas. Este fato está ilustrado no Quadro 22.

UFRN (Processo Seletivo 2002) Questão 09. No restaurante, havia diversos tipos de carnes, verduras e legumes. Quando João foi se servir, disse: "Pessoal, cuidado com a carne de porco, para não pegar cisticercose!" O temor de João só teria fundamento se alguém ingerisse

- A) verduras contaminadas com fezes humanas contendo ovos de tênia.
- B) legumes ou verduras contaminados com fezes de porco contendo cisticerco.
- C) carne de porco mal cozida contendo cercárias.
- D) legumes ou carnes mal cozidos contendo oncosferas.

QUADRO - 22 Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2002. Disponível em: <http://www.ufrn/comperve.gov.br>

O conteúdo do subtema abordado nesta questão da prova é o ciclo de vida da *Taenia solium*, cuja alternativa correta é a letra A, conforme gabarito fornecido pela COMPERVE. Esta questão registrou IA muito baixo, verificando-se que apenas 11,6% dos vinte e três mil, trezentos e oitenta e três candidatos que se submeteram ao Vestibular do ano de 2002 conseguiram acertá-la.

Para identificar a alternativa correta dessa questão, o candidato deveria associar os elementos da cadeia epidemiológica da cisticercose e interpretar a situação contextualizada, analisando as proposições que se apresentam nas alternativas para a escolha da correta.

A maioria dos candidatos escolheu a alternativa C (63,5%) como a correta. O erro cometido por esses candidatos decorreu da associação incorreta entre a forma de transmissão da doença com a forma evolutiva do verme no ciclo do parasita. Os candidatos demonstraram reconhecer os fatores de risco na transmissão da cisticercose, quando associaram o risco de transmissão da doença à ingestão de carne de porco mal cozida, porém confundiram o ciclo da *Taenia solium* com o da esquistossomose, pelo fato de não reconhecerem as formas parasitárias que participam do ciclo biológico da *Taenia solium*.

Os PCNs⁺ sugerem que a abordagem das temáticas que abrangem os conteúdos sobre a saúde humana, no ambiente escolar, tenha como objetivo promover a educação para a saúde, imprimindo um caráter de responsabilidade individual, ambiental e coletiva desse tema.

Os resultados encontrados mostram que há necessidade de incorporação da temática ambiental nas reflexões e nas ações educativas que sustentam o ensino da temática *Saúde Humana*, com destaque para as possibilidades de entendimento das

situações decorrentes dos desequilíbrios biológicos, físicos, químicos, geológicos e sociais, bem como da intervenção para a retomada do estado de saúde coletiva e do indivíduo.

Os erros cometidos pelos candidatos nas questões que abordaram o tema *Reprodução Humana* (Quadro 23), que se apresentaram para os conteúdos dos subtemas (Quadro 2), estão organizados, conforme a sua priorização, em dois grupos:

- No Grupo 1, estão os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre anatomia e os processos fisiológicos da reprodução humana;
- No Grupo 2, encontram-se os erros ocorridos nas questões que abordam os conteúdos sobre o desenvolvimento embrionário nos animais vertebrados.

TEMA	ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS
REPRODUÇÃO HUMANA	Grupo 1 Não correlaciona o método da “tabelinha” com as variações hormonais do ciclo menstrual; Não reconhece os eventos hormonais do ciclo menstrual.
	Grupo 2 Não identifica a tuba uterina como o local onde se dá a fecundação; Interpreta o esquema do disco embrionário incorretamente; Não reconhece a presença de notocorda como uma característica embrionária dos animais cordados.

QUADRO 23 - Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Reprodução Humana*, nas Provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).

Os erros que se apresentaram nas questões sobre esse subtema mostram que nessa área, principalmente sobre fecundação e gravidez, não deu para identificar a natureza das dificuldades de aprendizagem. Do total de candidatos que fizeram as provas, 50% obteve IA médio e os outros 50% IA alto.

As causas atribuídas ao erro das questões foram: os candidatos não correlacionaram o método da “tabelinha” com as variações hormonais do ciclo

menstrual, como também não reconheceram os eventos hormonais que se dão durante o ciclo menstrual.

Nas questões que exploraram os conhecimentos sobre fecundação e gravidez, o IA foi baixo para 50% dos candidatos que realizaram as provas.

Os erros que se apresentaram mostram que o candidato, além de ter interpretado o esquema do disco embrionário incorretamente, não reconheceu a presença de notocorda como uma característica embrionária dos animais cordados, nem identificou a tuba uterina como o local onde se dá a fecundação.

No Relatório da Secretaría de Educacución Publica de Argentina (SEPA, 2006), as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos sobre a reprodução humana, similarmente ao que observamos nesta pesquisa, se revelaram na identificação das fases do ciclo menstrual, das condições nas quais se dá a fecundação, das etapas do desenvolvimento embrionário e dos caracteres sexuais masculinos e femininos.

Durante a identificação dos erros que os candidatos cometeram nas questões das provas do Vestibular da UFRN que abordaram os conteúdos sobre a *Reprodução Humana*, é possível verificar que as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia se expressam de forma acumulativa, pelo fato de ter havido, em um só contexto, deficiências múltiplas de aprendizagem, no que diz respeito à anatomia e fisiologia humana, à função dos métodos contraceptivos, às características evolutivas dos animais vertebrados e à identificação das estruturas embrionárias que caracterizam os animais cordados.

Dentre os erros cometidos pelos candidatos nas Provas de Múltipla Escolha do Vestibular da UFRN, também se enquadram os pertencentes aos conteúdos dos subtemas da *Ecologia* (Quadro 24).

Os erros que emergiram da análise das questões das provas estão organizados conforme os conteúdos priorizados por subtema (Quadro 2), os quais foram organizados em três grupos, a saber:

- No Grupo 1, estão os erros observados nas questões que abordaram os conteúdos sobre os ciclos biogeoquímicos;
- No Grupo 2, encontram-se os erros ocorridos nas questões que abordam os conteúdos acerca dos efeitos da ação humana sobre o ambiente e os desastres naturais;

- No Grupo 3, foram agrupados os erros ocorridos nas questões que exploraram os conceitos básicos em Ecologia, cadeias, teias alimentares e pirâmides ecológicas.

TEMA	ERROS COMETIDOS PELOS CANDIDATOS
ECOLOGIA	Grupo 1 Confunde o sentido do fluxo de energia no ecossistema; Analisa o esquema do ciclo do nitrogênio incorretamente; Não reconhece os elementos que participam do ciclo biogeoquímico (nitrogênio, carbono, água).
	Grupo 2 Correlaciona incorretamente os fatores de risco de desastre ambiental (chuva ácida, efeito estufa, eutrofização, lixiviação); Não reconhece os eventos de um desastre ambiental; Seqüencia incorretamente os eventos da eutrofização; Não reconhece os efeitos da poluição do ar.
	Grupo 3 Identifica incorretamente os componentes da cadeia alimentar; Identifica incorretamente o padrão da pirâmide ecológica; Não reconhece os tipos de interações ecológicas; Aplica incorretamente o conceito de mimetismo em um contexto; Aplica incorretamente o conceito de antibiose em um contexto.

QUADRO 24 - Erros cometidos pelos candidatos sobre o Tema *Ecologia*, nas provas de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN (2001-2008).

Os resultados, quanto ao IA, apresentados para as questões que abordaram os conteúdos sobre os ciclos biogeoquímicos mostram que, do total de candidatos que fizeram as provas, 20% obteve IA muito baixo e os outros (40%), IA alto.

Os erros que se apresentaram nas questões sobre esse subtema se expressaram quando o candidato confunde o sentido do fluxo de energia no ecossistema, analisa o esquema do ciclo do nitrogênio incorretamente e não reconhece os elementos que participam dos ciclos biogeoquímicos (nitrogênio, carbono, água).

Também foram observados baixos IAs (33%), entre os candidatos, nas questões que abordaram os conteúdos do subtema *Relações entre os Seres Vivos*.

Os erros, nas questões que abordaram esses conteúdos, ocorreram quando os candidatos identificaram incorretamente os componentes da cadeia alimentar e o

padrão da pirâmide ecológica; e quando não reconheceram os tipos de interações ecológicas, aplicando incorretamente os conceitos de mimetismo e antibiose em um contexto.

Para Mayer (1996), a compreensão sobre a função do ambiente deverá contribuir na compreensão das interações que se dão na biosfera e nos ecossistemas, tornando-se importante considerar que cada organismo é fruto de interações entre órgãos, aparelhos e sistemas, que, no particular, são formados por um conjunto de células que interagem no nível mais íntimo. Sob esse ponto de vista, ressalta o referido autor que as interações fazem parte de uma cadeia de acontecimentos nos quais a matéria e a energia circulam nas diferentes partes do ecossistema.

Os PCNEMs (BRASIL, 1999) destacam uma série de situações nas quais poderemos identificar, em termos práticos, situações que priorizam a contextualização dos conteúdos e a interdisciplinaridade. Ao citar o problema da poluição ambiental (urbana ou rural, do solo, das águas ou do ar), os PCNEMs também ressaltam que esse evento não é algo só 'biológico', só 'físico' ou só 'químico', pois, no ambiente poluído, não há fronteiras entre qualquer disciplina, o que perpassa os limites das ciências da natureza, contemplando, também, as ciências humanas.

Quando o candidato que se submete ao vestibular analisa incorretamente o esquema do ciclo do nitrogênio e demonstra acreditar que a energia, no processo de fotossíntese, pode se converter unicamente em biomassa ou simplesmente se dissipar, também demonstra não reconhecer os componentes que participam deste ciclo. Se ele não reconhece a denotação exata dos conceitos de mutualismo, comensalismo e depredação. Fica implícito que também confunde essas interações na cadeia ou teia alimentar; dificultando a sua representação por meio das pirâmides.

Nas questões que abordaram os conteúdos acerca dos efeitos da ação humana sobre o ambiente, também foi possível observar dificuldade na aprendizagem. Nessas questões, 20% dos candidatos obtiveram IA muito baixo e 20% IA baixo.

Os erros nas questões que abordaram esses conteúdos ocorreram quando os candidatos correlacionaram incorretamente os fatores de risco de desastre ambiental (chuva ácida, efeito-estufa, eutrofização, lixiviação); não reconheceram os

eventos de um desastre ambiental; seqüenciaram incorretamente os eventos da eutrofização e não reconheceram os efeitos da poluição do ar, como está ilustrado no Quadro 25.

UFRN (Processo Seletivo 2005) Questão 10. A incidência da radiação UV sobre a Terra é atenuada pela ação das moléculas de ozônio existentes na alta atmosfera. A redução da camada de ozônio existente em algumas regiões da atmosfera

- A) aumenta a concentração de CFCs no ar.
- B) intensifica o degelo das regiões polares.
- C) aumenta a mortalidade de microrganismos.
- D) intensifica o efeito de queimadas e incêndios.

QUADRO 25 - Questão da Prova de Múltipla Escolha de Biologia, do Vestibular da UFRN, do ano de 2005. Disponível em: <http://www.ufrn/comperve.gov.br>

O conteúdo do subtema abordado nesta questão da prova é *Efeitos da Ação Humana sobre o Ambiente*. A alternativa correta é a letra C. Esta questão registrou um dos menores índices de aproveitamento, das cento e dezessete questões de provas analisadas. O IA classificado como muito baixo foi verificado quando apenas 14,% dos vinte e três mil, cento e trinta e cinco candidatos que se submeteram ao Vestibular do ano de 2005 acertaram esta questão.

Para identificar a alternativa correta da questão, o candidato deveria associar os efeitos da destruição da camada de ozônio sobre o ambiente terrestre ao aumento da mortalidade dos microrganismos. No entanto, a maioria dos candidatos (47,7%) escolheu a alternativa B como a correta.

Segundo a bibliografia consultada, as concepções alternativas foram vistas como portadoras de elementos com o poder de contribuir ou colaborar para o surgimento das dificuldades na aprendizagem dos conteúdos.

Para cumprir os objetivos aos quais se propõe esta Tese, nem todos os erros identificados acima estão correlacionados com a manifestação das concepções alternativas, uma vez que estas podem ter sido definidas pela falta de conhecimento sobre o conteúdo ou por uma construção inadequada a partir de um conhecimento uma área da Biologia.

Este fato pôde ser verificado no erro cometido pelos candidatos, ao escolherem a alternativa incorreta dessa questão, os quais, embora tenham demonstrado conhecer, de forma generalizada, os efeitos decorrentes da redução

da camada de ozônio, se limitaram a associar as conseqüências da redução da camada de ozônio ao efeito-estufa, que tem como conseqüência o derretimento das geleiras. Neste caso, o erro decorreu da correlação incorreta dos fatores de risco ambiental com os desastres ambientais que podem ser observados.

Esse tipo de erro também traz implícita a concepção alternativa que os estudantes têm sobre os microorganismos. A pouca importância atribuída a esses organismos ou a consideração negativa com relação aos micróbios, geralmente associados à origem das doenças, levou o candidato a não valorizar a mortandade desses elementos como uma das conseqüências do aquecimento global. Em contrapartida, há uma supervalorização do derretimento das geleiras, um aspecto que tem sido amplamente divulgado pela mídia, o que faz com que a maioria dos candidatos conceba como a alternativa correta da prova.

Para o estudo da dinâmica ambiental, constata-se a contribuição de outros campos do conhecimento, além do da Biologia, como é o caso da Física, da Química, da Geografia, da História e da Filosofia. Isto possibilita ao estudante tecer relações entre os conceitos aprendidos nestas disciplinas, promovendo uma conceitualização mais ampla de ecossistema. Nesse contexto, a matéria e a energia transitam de forma diferente – em ciclos e fluxos, respectivamente. Tais ciclos e fluxos representam formas de interação entre o componente biótico e o abiótico do ecossistema. (MORAES, MANCUSO, 2004).

O início do entendimento da existência de um equilíbrio dinâmico nos ecossistemas parte da compreensão da problemática de que os processos envolvidos nas interações entre os seres vivos podem ser representados por meio de uma ou de várias seqüências tróficas, cadeias e teias alimentares contribuindo para a consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável.

Nas provas do Vestibular promovido pela UFRN, no período proposto para este estudo, também foram observados baixos índices de aproveitamento nas questões que solicitaram, do candidato, os conhecimentos sobre a estrutura da matéria-viva. Este aspecto surge com maior veemência quando verificamos os erros nas questões que abordaram os ciclos biogeoquímicos e os desequilíbrios ambientais por ação humana, os quais integram os diversos níveis do conhecimento biológico.

A conceituação e a identificação de um problema ambiental encontram-se apoiadas em vertentes teóricas diferentes, a partir das quais, adotando-se os

referenciais da ciência *Ecologia*. Nesta tem-se os elementos e as explicações sobre as relações dos seres vivos entre si e com os recursos físicos, em uma vertente biológica. No entanto, a partir dos referenciais das Ciências Sociais, revelam-se os valores e os princípios norteadores das ações humanas, praticadas por meio das relações estabelecidas socialmente em diferentes espaços do ambiente terrestre e, tendo os modelos culturais como aporte na contemporaneidade, com o objetivo de superar a visão de mundo antropocêntrica construída historicamente busca-se uma aproximação entre essas Ciências. (GRÜN, 1996).

No âmbito da educação formal, buscam-se, no momento atual, referências para conceber e permitir que o processo educativo escolar aconteça para além da transmissão do conhecimento acadêmico acumulado historicamente, somando-se a ele os processos de reflexões e as experiências que já apontam para a prática de melhores níveis de qualidade de vida.

A importância atribuída à incorporação da temática ambiental nos processos educativos está pautada no desejo e na necessidade de leitura e de revisão da realidade atual para que possam ser construídos novos parâmetros para modelos de convivência e de sobrevivência de acordo com os PCNs⁺. (BRASIL, 2001).

Um aspecto de relevância na abordagem dos temas envolvendo ecossistemas diz respeito à sua construção no espaço e no tempo e à possibilidade de a natureza absorver impactos e se recompor. Nesse momento se impõe a necessidade de que, durante a abordagem desses conteúdos, seja realizada a correlação com os conhecimentos da base Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS).

Os resultados que se apresentam, nesta parte final do capítulo, sugerem a necessidade de uma educação, na área de Biologia, com orientações mais consistentes para a compreensão das relações estabelecidas entre os seres vivos em todos os âmbitos da palavra *vivo*. Esta compreensão, que inclui o nível molecular, o celular e a percepção do indivíduo em si, se expressa nas relações que se dão entre os seres vivos e deles com o meio e com os recursos físicos, objetivando definir coerentemente o que determina e sustenta a ocorrência de um problema ambiental, sugerindo, inclusive, formas de resolvê-lo.

Segundo Camargo, Infante-Malaquias, Amabis (2007) “ensina-se muito, mas aprende-se pouco, [...] muito conhecimento é lançado durante o Ensino Médio, principalmente em função do exame vestibular, mas pouco é, de fato, compreendido.” (p. 3).

Uma das explicações, fornecida pelos autores, ao chegar a essa constatação, inclui o fato de que:

[...] diante de informações excessivas, o estudante prioriza a aprendizagem mecânica, e esta não permite que o conhecimento se organize em redes, pois se perde tão logo o conhecimento seja empregado pelo aprendiz; surgindo em detrimento da aprendizagem significativa dos conteúdos (p. 3).

Este fato, conforme discutido amplamente durante as reflexões teóricas desenvolvidas no início deste trabalho, surge como um aspecto que também contribui para a construção de concepções inadequadas ou ausência de uma rede conceitual cientificamente válida sobre os conhecimentos na área de Biologia está relacionado à maneira como os seus conteúdos, principalmente no último ano do Ensino Médio, são ensinados nas escolas.

Sem dúvida, não podemos pensar que as tentativas de eliminar as idéias prévias dos estudantes podem ser inúteis se a influência exercida pelas suas concepções alternativas não forem levadas em conta durante o ensino dos conteúdos de Biologia. No entanto, é necessário que essas concepções sejam identificadas e trabalhadas no ambiente escolar, no sentido de promover uma aprendizagem dos conceitos que seja coerente com a proposta da Ciência.

Nesta pesquisa, essas concepções puderam ser identificadas como um dos fatores que induzem a escolha da alternativa incorreta na Prova do Vestibular da UFRN. Os resultados desta pesquisa tornam mais visíveis as lacunas deixadas numa determinada área ou em um dado momento do processo educacional, sinalizando para a necessidade de se repensar um ensino de Biologia que vise à superação dessas dificuldades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados pelos candidatos que se submeteram ao Vestibular da UFRN, observados nesta pesquisa, foram utilizados no intuito de identificar as áreas dos conteúdos (temas, subtemas e procedimentos) que compõem o conhecimento de Biologia, para as quais as dificuldades na aprendizagem se expressam.

Quanto à primeira dimensão da Tese, identificamos que os procedimentos mais priorizados por essas questões de prova foram: Identificar, reconhecer, associar, correlacionar, analisar situação/aplicar conceito, generalizar, comparar e seqüenciar. A prioridade dada a estes procedimentos mostra que as Provas do Vestibular da UFRN, do período deste estudo, estão de acordo com a proposta-padrão para um modelo de prova de múltipla escolha.

Todavia as exigências cognitivas demandadas por esses procedimentos mostraram-se, em parte, como empecilhos para que o candidato obtivesse sucesso nessas provas. Este resultado sugere que há déficit de aprendizagem dos conteúdos procedimentais, uma vez em que essas provas contemplam a proposta dos orientadores curriculares oficiais, PCNEM, PCN⁺ e OCNEM. (BRASIL, 1999, 2001, 2006).

Quanto à segunda dimensão desta Tese, os resultados que se apresentaram nas provas em foco, em relação aos baixos IAs, sinalizam a existência de áreas nas quais há *déficit* de aprendizagem. Verificamos este fato, principalmente, para as áreas dos conteúdos que abrangem os conceitos em *Genética*, *A Célula* e *Biotecnologia*, as quais podemos classificar como as áreas mais críticas em termos de dificuldade na aprendizagem.

Os resultados observados nos permitem concluir que, apesar dos erros terem sido mais freqüentemente cometidos pelos candidatos nas questões que abordaram os conteúdos das áreas citadas, as dificuldades na aprendizagem também se mostraram nas áreas de conteúdos diversificados, expressando-se nos temas que guardam interdependência nas sub-áreas do conhecimento biológico.

Nesta pesquisa foi adotada a postura de que, para o estudante alcançar a aprendizagem, novas elaborações são necessárias, supondo a interferência que as concepções prévias sobre os conteúdos podem exercer, segundo o nível de

abstração destes pelo estudante, e a subjetividade que esses mesmos conteúdos podem admitir.

Também se chegou ao entendimento de que o erro, expresso no momento da escolha da alternativa errada da prova de Biologia, está relacionado com as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos, a qual também sofre a influência das concepções alternativas errôneas que o estudante e os professores construíram previamente, as quais se opõem ao conhecimento científico.

Portanto, a diversidade de erros observados nessas questões de prova deve ser vista sob dois pontos de vista: tanto como a consequência da expressão das concepções alternativas que os candidatos têm sobre os conteúdos biológicos, as quais os influenciam na escolha da alternativa incorreta, quanto para expressar a falibilidade do ensino nas escolas da educação básica, uma vez em que esses candidatos não atingiram o nível satisfatório de aprendizagem para algumas das áreas de conteúdos (conceituais e procedimentais) conforme discutido anteriormente.

Ressaltamos que a identificação das áreas para as quais há dificuldade na aprendizagem é apenas o início de uma busca para resolver os problemas do ensino de Biologia. Os resultados desta pesquisa deverão servir para instigar as reflexões entre estudantes do Curso de Ciências Biológicas e os professores de Ciências e de Biologia sobre as necessárias mudanças e adequações pedagógicas que reque o ensino dos conteúdos das Ciências Naturais, no sentido de superar o senso comum pedagógico.

BIBLIOGRAFIA

ABRIL, Ana Maria; MUELA, F. J.; QUIJANO, R. Herencia y Genética: concepciones y conocimientos de los alumnos (1ª Fase). Ata de los XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales Universidad de La Laguna. La Laguna, septiembre de 2002. Disponível em: <<http://webpages.ull.es/users/apice/pdf/146-050.pdf>> Acesso em: 13 set. 2007.

ALMEIDA, Argus Vasconcelos; FALCÃO, Jorge Tarcisio da Rocha. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. *Revista Ciência e Educação*, 2005. v. 11 (1). p. 17-32.

ALVAREZ DE ZAYAS, Carlos Manuel. **La escuela en la vida**. La Habana: Art Edu, 1992.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia Moderna**. São Paulo: Moderna, 2004.

AMORIM, Antônio C. *O Ensino de Biologia e as Relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade: o que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio?*. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Educação/UNICAMP. 1995.

APPLE, Michael. W. **Políticas culturais e educação**. Porto: Porto Editora, 1997.

ARNAY, José (org.). **Conhecimento, cotidiano escolar e científico**: representação e mudança. São Paulo: Ática, 1998.

ARNONI, Maria E. B.; KOIKE, Luiz T.; BORGES, Mirlene A. Hora da ciência: um estudo sobre atividades experimentais no ensino do saber científico. Anais da XV Semana de Letras: Linguagem e Interação, São José do Rio Preto, 2003. p. 282-294. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2003.pdf>> Acesso em 10 fev 2007.

ARTIGUE, M. **Epistemologie et didactique**. Université Paris. VII: Cahier de Didirem, n.3, 1989.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

AYUSO, G.E.; BANET, Enrique H. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. Barcelona: *Revista Enseñanza de Las Ciencias*, 1996. (3).p. 133-157. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es>> Acesso em 10 abr. 2007.

AZEVEDO, Ricardo. Texto e imagem: diálogos e linguagens dentro do livro. Disponível em: <<http://ricardoazevedo.com.br/Artigo05.html>> Acesso em: 22 out. 2007.

BACHELARD, Gaston. **A formação do novo espírito científico**. Lisboa: Edições 70, 1996.

BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H e HANSELL, M. H. Revisiting learning difficulties in biology. Londres: *Journal of Biological Education*, 1999. v. 33. p. 84-86.

BANET, E.; AYUSO, E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato. I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciências*, 1995. v. 13. (2). 137-153. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es>> Acesso em 10 abr. 2007.

_____. La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y las estrategias de enseñanza. Valencia: Alambique - *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1998. v. 16, p. 21-31.

_____. Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about localization of inheritance information. Nova Jersey: *Jornal of Science Education*, 2000a. (3). p. 313-351, Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome>> Acesso em 10 abr. 2007.

_____. Las ciencias naturales en la enseñanza secundaria: algunas aportaciones de la Investigación Educativa. México: *Revista Educar*. 2000b. (2). p.18-32. Disponível em: < <HTTP://WWW.educar.jalisco.gob.mx>> Acesso em 10 abr. 2007.

BANET, E.; NÚÑEZ, F. Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciências*, 1990. v. 8, (2). p. 105-110, Disponível em: <www.ensciencias.uab.es>. Acesso em 10. abr. 2007.

_____. Representaciones de los Alumnos y Alumnas sobre el Cuerpo Humano. *Alambique – Didáctica de las ciencias experimentales*, 1995. 4, p.79-87.

_____. Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciências*, 1996. n.14, p. 261-278. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 21 out. 2007.

BANET HERNÁNDEZ, E.; NÚÑEZ SOLER, F. Representaciones de los alumnos y alumnas sobre el cuerpo humano. Valencia: *Alambique*, 1995. (4), 79-86.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARROS, Mara M. V.; CARNEIRO, Maria Helena S. Os conhecimentos que os alunos utilizam para ler as imagens de mitose e de meiose e as dificuldades apresentadas. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (V ENPEC), 2005. Em CD Room.

BASTOS, F. *O conceito de célula viva entre os estudantes de segundo grau*. Brasília: *Revista Em Aberto*, 1992. n.11(55). p. 63-69.

BAZZO, Walter A.; LINSINGEN, Irlan von; PEREIRA, Luiz T. V. **Introdução aos estudos CTS** (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Madri: Organização dos Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI), 2003.

BECKER, Fernando. **A origem do conhecimento e a aprendizagem escolar**. Porto Alegre: ARTEMED, 2003.

BELL, Swan Taylor. Choice of operations in verbal problems with decimal numbers. USA: *Educational Studies in Mathematics*, 1981. n.12. Disponível em: <<http://project2061.org/esp/publications/bsl/online/ch15>>. Acesso em 22 abr. 2006.

BERNSTEIN, B. **La estructura del discurso pedagógico**. Madrid: Ed. Morata, 1988.

BERTONI, Neuza. **O erro como estratégia didática**. Campinas: Papirus, 2000.

BISHOP, Anderson. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. USA: *Journal of Investigación in Science Teaching*, 1995. v. 27, p. 415-427. Disponível em: <<http://www.project2061.org/esp/publications/bfr/htm>> Acesso em 10 abr. 2007.

BIZZO, N, M, V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. Tese de doutorado em educação. Faculdade de Educação USP – São Paulo: 1991.

_____. Graves erros de conceito em livros didáticos de ciências. *Revista Ciência Hoje*, v. 21, (121), 1997. p. 26-34.

BONETTI, Luana Medeiros. **Texto**: reorganizando sua compreensão. Disponível em: <<http://www3.unisul.br/paginas/ensino/pos/linguagem/0101/14.htm>> Acesso em 10 mar 2007.

BONZANINI, Taitiâny Kárita; BASTOS, Fernando. Concepções de alunos do Ensino Médio sobre clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma humano. Atas do V ENPEC. Bauru (SP), 2005. Em CD Room.

BORASI, Raffaella. Alternative perspectives on the educational uses of erros. Atas do 3º CIAEM. Sherbrooke (Canadá), julho de 1987. Em CD Room.

BRAGA, LUIZ . I, Os Melhores Alunos que Saem Do Ensino Médio Estão preparados para prosseguir estudos universitários na área de ciências físicas e matemáticas?. *Florianópolis: Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 1987.v. 4(1). p. 25-31.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>> Acesso em: 22 jun 2005.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Resolução CBE nº 3, de 26 de Junho de 1998. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>> Acesso em: 22 jun 2005.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica - SEMTEC, 1999. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>> Acesso em: 22 jun 2005.

_____. **PCN+** Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica SEMTEC, 2001. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>> Acesso em: 22 jun 2005.

_____. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio.** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2006. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>> Acesso em: 22 jun 2005.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Manual do Processo Seletivo Vestibular, 2001. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/ManualPS2001.pdf>> Acesso em: 22 jun 2005.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Manual do Processo Seletivo Vestibular, 2004. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/ManualPS2004.pdf>> Acesso em: 22 jun 2005.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Manual do Processo Seletivo, 2008. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/ManualPS2008.pdf>> Acesso em: 28 set 2007.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Relatório do Processo Seletivo, 2001. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS2001.pdf>> Acesso em: 10 out 2001.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. COMPERVE. Relatório do Processo Seletivo, 2002. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS2001.pdf>> Acesso em: 18 set 2002.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Manual do Processo Seletivo, 2003. Disponível em: <http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS_2003.pdf> Acesso em: 28 set 2003.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Relatório do Processo Seletivo, 2004. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS2001.pdf>> Acesso em: 10 set 2004.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Relatório do Processo Seletivo, 2005. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS2001.pdf>> Acesso em: 10 jun 2005.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Relatório do Processo Seletivo, 2006. Disponível em:

<<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS2006.pdf>> Acesso em: 10 mai 2006.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Relatório do Processo Seletivo, 2007. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS2001.pdf>> Acesso em: 23 jun 2007.

BRASIL, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. COMPERVE. Relatório do Processo Seletivo, 2008. Disponível em: <<http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/documentos/RelatórioPS2001.pdf>> Acesso em: 03 fev 2008.

BRASIL. Orientações pedagógicas para elaboração de questões de Provas. Natal: UFRN/COMPERVE, 2006. (Material Mimeo).

BRUMBY, Margaret. Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, jun 1979a. v. 13. (2), p.119-122. Disponível em: <<http://www.eric.ed.gov/ERIC>> Acesso em 22 out. 2007.

_____. Student's Perceptions of the Concept of Life. Nova Jersey: *Journal of Science Education*, 1979b. v. 6, (4). p. 613-622. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome>> Acesso em: 13 out. 2007.

BRUMBY, M.; GARRARD, J.; AUMAN, J. Students' perceptions of the concept of health. *European Journal of Science Education*, 1985. v. 7, n. 3, p. 307-323. Disponível em: <<http://www.science.uniserve.edu.au/pubs/callab/V7>> Acesso em: 13 set. 2007.

BUSATO, Ivone do Rocio Hubie. *Desenvolvimento de metodologia adequada à disciplina de Biologia, que permita uma diminuição da visão fragmentada do saber e contemple uma visão mais integrada e holística*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. FLORIANÓPOLIS (SC), 2001. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/6355.pdf>> Acesso em: 22 jul. 2007.

CABALLER, M. J.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1993.v. 11. (1) p. 63-68. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>>. Acesso em 11 mar. 2006.

CACHAPUZ, A. Perspectivas de ensino. Textos de apoio, n. 1. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência, 2000.

CAMARGO, Solange S.; INFANTE-MALACHIAS, Maria E.; AMABIS, José M. O ensino de biologia molecular em faculdades e escolas médias de São Paulo. São Paulo: *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 2007. n.1. Disponível em: <http://www.sbu.unicamp.br/pai-e/site/e_eletronicos_redirect> Acesso em: 10 jul. 2007.

CAMPANARIO, Juan Miguel; OTERO, José C. Comprehension evaluation and regulation in learning from science Texts. USA: *Journal of Research in Science Teaching*, 1990. v. 27. (5). p. 447-460. Disponível em: <<http://www.interscience.wiley.com/cgi-bin>> Acesso em: 10 jul. 2007.

_____. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. Investigación Didáctica. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2000. v. 18. (2). p. 155-169. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 10 jul. 2007.

CAÑAL, Pedro; GARCIA, José E. ; PORLÁN, Rafael. Ecología y escuela. **Teoría y práctica de la educación ambiental**. Barcelona: Editorial Laia, 1986.

CARVALHO NETO, E.R.G. A escola e o domínio do saber: estudo do conceito de cultura dos professores das séries iniciais do ensino fundamental. Formação de Professores (I), XIII Encontro de Pesquisa Educacional do Nordeste. v.7, Natal-RN, EDUFN, 1998. Em CD Room.

CARVALHO, A. M. P. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. Brasília: *Revista em Aberto*, 1992.n.55, p. 9-17.

CARRASCOSA, Jaime. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Analisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2005. v. 2. (2) p. 183-208.

CARREÑO, FERNANDO H. Instrumentos de medición del rendimiento escolar. Disponível: <http://www.universidadabierta.edu.mx/SerEst/Apuntes/AlmendarezMaria_instrumentos_de_medicion.htm> Acesso em: 11 de jul. de 2005.

CASÁVOLA, H. M. et al. O papel construtivo dos erros na aquisição dos conhecimentos. In: CASTORINA, J. A. et al. Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CESAR, Silva Junior; SEZAR, Sasson. Biologia. São Paulo: Saraiva, 2002.

CID, MARÍLIA e NETO, ANTÓNIO J. Dificuldades de Aprendizagem e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: o Caso da Genética. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2005. NÚMERO EXTRA. VII CONGRESO Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 10 jul. 2007.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: Aique, 1991.

CHO, H.H.; KAHLE, J.B.; NORDLAND, F.H. An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. Nova Jersey: *Journal of Science Education*, 1985. v. 69. (5). p. 707-719. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome>> . Acesso em: 12 abr. 2007.

COLL, César. **Psicologia e currículo**: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar. 5 ed. São Paulo: Ática, 1987.

_____. **Aprendizagem escolar e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

COLL, César; POZO, J. I.; SARABIA, B.; VALLS, E. Os conteúdos na reforma. Porto Alegre: ArtMed Editora, 2000.

CORAZZA-NUNES, M. J.; PEDRANCINI, Vanessa Daiana; GALUCH, Maria Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lúcia Olivo Rosas; RIBEIRO, Alessandra Claudia. Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de Biologia no Ensino Médio. REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2006. v. 5, p. 522-533. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>> Acesso em: 22 set. 2006.

CORDERO, S. ¿Y si trabajan en grupo...? Interacciones entre alumnos, procesos sociales y cognitivos en clases universitarias de Física. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2002. v. 20. (3). p. 427-441. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/reec>> Acesso em: 22 set. 2004.

COX, F.E.G. Molecular Biology in schools, higher education, and afterwards. *Journal of Biological Education*, 1989. v. 6. (23). p. 9-11. Disponível em: <<http://journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journalsearch.cgi>> Acesso em: 22 de set. 2004.

CUBERO PÉREZ. estudio de los esquemas de conocimiento relativos al proceso digestivo. Actas de las IV Jornadas de Estudios sobre La Investigación en la Escuela, pág. 139-143, Sevilla. 1986.

CUNHA, R. M. M. Ensino de biologia no 2º grau: da competência “satisfatória” a nova competência. **Revista Educação e Sociedade**, 1988. n. 30, p.134-153,.

CURY, Helena Noronha. **As concepções de matemática dos professores e suas formas de considerar os erros dos alunos**. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. Porto Alegre (RS), novembro de 1994.

_____. Retrospectiva histórica e perspectivas atuais da análise de erros em educação matemática. São Paulo: *Zetetiké*, v. 3, n. 4, p. 39-50, nov. 1995. Disponível em: < <HTTP://www.cempem.fae.unicamp.br/zetetike.htm> > Acesso em: 12 abr. 2007.

DEADMAN, J.A.; KELLY, P.J. What do secondary schools boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 1978. v. 12, p. 7-15. Disponível em: <<http://www.journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journalsearch.cgi?field=issn&query>> Acesso em: 10 ago. 2007.

DE LA TAILLE, Yves O. D. O Erro Na Perspectiva Piagetiana. In: Aquino, Júlio G. (Org). Erro e Fracasso na Escola: Alternativas Teóricas e Práticas. São Paulo: Summus, 1992.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, Marta M.C. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortês, 2002.

DE PRO BUENO, A. Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1998. v. 1. (16). p.21-41. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es>>. Acesso em: 12. nov. 2006.

DIAS, Márcia A. S.; SOARES, W.C.; SILVA, Max A.; NÚÑEZ, Isauro B. Análise das perguntas objetivas das provas de Química e Biologia: uma aproximação ao desempenho dos candidatos do vestibular da UFRN. In: XI Seminário de pesquisa do CCSA 2004, Natal. Anais do XI Seminário de pesquisa do CCSA, 2004.

DIAS, Márcia A. S.; SOARES, W.C.; NÚÑEZ, Isauro B.; RAMOS, Iloneide C. O. Análise do índice de aproveitamento das questões objetivas das provas de química e de Biologia do Vestibular da UFRN: um estudo comparativo dos candidatos de escolas públicas e privadas no período de 2003 a 2005. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. ENPEC, Bauru-SP, 2005. Em CD Room.

DIAS, Márcia A. S. As representações que um grupo de estudantes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas tem sobre a importância dos componentes químicos celulares. Monografia: Universidade Potiguar. Natal-RN, 2006.

DIAS, Márcia A. S.; NÚÑEZ, Isauro B. Dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Biologia: um reflexo nos resultados das provas objetivas do vestibular da UFRN no período de 2003 a 2006. Atas do IV Seminário Regional de Política e Administração de Educação do Nordeste; V Encontro Estadual de Política e Administração da Educação/RN. ANPAE, 2006. Em CD Room.

DIAS, Márcia A. S.; NÚÑEZ, Isauro B. Os conteúdos das ciências naturais: uma dimensão esquecida na formação docente para o ensino das primeiras séries do ensino fundamental.. In: Encontro de Pesquisa Educacional do Norte e Nordeste, 2005. Anais do XVII EPENN. Belém: UFPA, v. 2B. p. 123-135.

DÍAZ GONZÁLEZ, R.; ABUÍN FIGUERAS, G. Contribución al estudio de las dificultades en la comprensión de fenómenos osmóticos. Actas de las VI Jornadas de Estudios sobre la Investigación en la Escuela. Sevilla, 1998. Em CD Room.

DÍAZ GONZÁLEZ, R.; LÓPEZ RODRÍGUEZ, R.; GARCÍA LOSADA, A.; ABUÍN FIGUEIRAS, G.; NOGUEIRA ABUÍN, E.; GARCÍA GANDOY, J.A. ¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos?. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1996.14 (2), 143-153. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es>> Acesso em: 10 ago. 2007.

DÍAZ, J.; JIMÉNEZ, M, P. Ves lo que dibujas? Observando células com el microscópio. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1993. n. extra (IV Congresso), pág. 161-162. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es>> Acesso em: 10 ago. 2007.

DINIZ, Edna Maria; TOMAZELLO, Maria Guiomar Carneiro. Pedagogia da complexidade e o ensino de conteúdos atitudinais na educação ambiental. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2005. Número Extra. VII Congresso. p. 1-5. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es>> Acesso em: 10 ago. 2007.

DINIZ, Edna Maria; TOMAZELLO, Maria Guiomar Carneiro. Conteúdos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais (Pedagogia da complexidade e o ensino de conteúdos atitudinais na educação ambiental). Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2005. Número Extra. VII Congresso. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es>> Acesso em: 10 out. 2007.

DRIVER, R. Student's conceptions and the learning of science international. Nova Jersey: *Journal of Science Education*, 1989. n. 7, p. 481-490. Disponível em: <<http://www.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome>> Acesso em: 10 out. 2007.

DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and paradigms: a review of literature to concept development in adolescent science students. USA: *Journal of Studies in Science Education*, n. 12, pág. 7-15. 1978. Disponível em: <<http://www.education.leeds.ac.uk/research/cssme/studies/scienceed.php>> Acesso em: 10 out. 2007.

DUARTE, Newton. **Educação escolar, teoria do cotidiano e a escola de vigotsky**. 2. Ed. São Paulo: Editores Associados, 1999.

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual. Belo Horizonte(MG): Ensaios FEE, 2002. v. 4, p. 1-25.

EL-HANI, Charbel Niño. Controvérsias sobre o conceito de gene e suas implicações para o ensino de genética. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2005. Em CD Room.

ESPERBEN, T., BIRABÉN, S.; ARATA C. Biología. Barcelona: Ed.Santillana. 2006

ESTEBAN, Maria Tereza. **O que sabe quem erra? Reflexões sobre avaliação e fracasso escolar**. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 2001.FANFANI, Emilio Tenti. La educación básica y la cuestión social contemporánea. Cuiabá: Revista Educação Pública. , 2002n. 59. V. 11. jan-jun. Disponível em: <http://www.ie.ufmt.br/revista/arquivos/ED_19.pdf> Acesso em: 22 ago. 2004.

FERREIRA, Poliana Flávia M.; JUSTI, Rosária da S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do Ensino Médio: Uma análise crítica. Minas Gerais: *Revista Ensaio*, 2004. v. 6. (1). Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio_pdf> Acesso em: 22 ago. 2007.

FIGINI, Eleonora; DE MICHELI, Ana. La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2005. Número Extra. VII Congreso. p. 16-28. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 10 set. 2007.

FURIÓ, C. Las concepciones alternativas Del alumnado en ciências: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. Valência: *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1996. n. 7, p. 7-17.

FROTA-PESSOA, O. Os caminhos da vida: Estrutura e função. São Paulo: Editora Scipione, 2001.

GALAGOVSKY, L. R.; MUÑOZ, J. C. La distancia entre aprender palabras e aprehender conceptos: el entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2002. v. 20. (1). p.29-45. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 22 ago. 2007.

GARÓFALO, Judith; ALONSO, Manuel; GALAGOVSKY, Lydia R. Nutrición y metabolismo celular: modelos representacionales y estrategias cognitivas que operan en docentes y estudiantes universitarios. Atas del Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología. Disponível em: <http://www.adbia.com.ar/eidibi_archivos/aportaciones/paneles/trabajos_completos/garfalo_tesis> Acesso em 17 jun. 2007.

GARCÍA ZAFORAS, A.M. Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de Bachillerato y COU. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1991. 9 (2)129-134. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 13 set. 2007.

GIL, Daniel. Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias? Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1991. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 13 set. 2007.

GILBERT, R.G et al. Trickle irrigation: predominant bacteria in treated Colorado river water and clogged emitters. Nova Jersey: *Journal of Science Education*, 1982.v. 3. (24). p. 123-132. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome>> Acesso em: 10 out. 2007.

GIORDAN, André. La enseñanza de las ciencias. Madrid: Siglo XXI de la España, 1985.

_____. Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1987. n. 5.(2). p. 105-110. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 13 set. 2007.

_____. Los nuevos modelos de aprendizaje: ¿mas alla del constructivismo? São Paulo: *Revista Perspectivas*, 1995. vol. 25.(1). Disponível em: <www.fclar.unesp.br/perspectivas> Acesso em 17 jun. 2007.

GIORDAN, André; DE VECCHI, Gérard. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GODOY, Célia. Conteúdos escolares: contexto e práticas. Disponível em <<http://www.godoycelia.com.br>> Acesso em 18 jul. 2006.

GOEDERT, Lidiane. A formação do professor de Biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis (SC), 2004. Disponível em: <<http://www.pgpect.ufsc.br/dis/10/Dissertacao>> Acesso em: 13 set. 2007.

HERNÁNDEZ, Maria Cristina R.; RUIZ, Rosaura G. Kuhn y el aprendizaje Del evolucionismo biológico. *Perfiles educativos*, 2000.vol. XXII, n. 89-90, p. 92-114. Disponível em:< www.cesu.unam.mx/iresie/revistas/perfiles > Acesso em 22 ago. 2007.

HIERREZUELO, M. J.; MONTERO, M. A. Dificuldade de aprendizagem de Física: Su utilización en la didáctica de la Física y la Química. Ed. Laia. Ministerio de Educación y Ciencia de Argentina, 1998.

HIRT, Lourdes; ARAYA, Patricia; FLORES, Silvia; SOROL, Claudia. ¿Qué dije acerca de la célula? El origen de las confusiones. Memorias de las V Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología. 2001. p. 464-465. Disponível em: <http://www.adbia.com.ar/cedivi_recuros/cedivi/Memorias/Talleres%20PDF/Taller> Acesso em 22 ago. 2007.

HOFFMANN, Jussara. **Avaliar para promover:** as setas do caminho. Porto Alegre: Mediação, 2004.

HURTADO, Manuel Tamayo; GARCÍA, Francisco González. Algunas dificultades en la enseñanza de la histología animal. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2003.v. 2. (2). Disponível em:<www.saum.uvigo.es/reec> Acesso em 22 ago. 2007.

IMBERNÓN, Francisco. **Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza.** São Paulo: Cortez, 2000.

CAMARGO, Solange Soares; INFANTE-MALACHIAS, M. E ; AMABIS, José Mariano. O ensino de Biologia Molecular em faculdades e escolas médias de São Paulo. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 2007. v. 1. p. 21-27.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, María del P. Preconceptos y esquemas conceptuales em biología. Selecciones bibliográficas temáticas. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1987. v. 2.(5). 165-167. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 13 set. 2007.

_____. Apresentação de monografías: ciencia y cultura, cultura y evolución. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2002. n. 32, p. 5-18.

_____. La enseñanza y el aprendizaje de la Biología. In: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, María del P. (Org.). *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Gráo, 2003.

JOHNSTONE, A. H.; MAHMOUD N. A. Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. Londres: *Journal of Biological Education*, 1980. n.14. (2). p.163-166.

Disponível em: < http://www.iob.org/userfiles/File/JBE_archive/JBE.pdf > Acesso em 22 ago. 2007.

KEIL, A. **Concepts, kinds, and cognitive development**. Cambridge: MIT Press, 1989.

KEMPA, R. F. Student's learning difficulties in science. Causes and possible remedies. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1991. v. 2. (9). p.119-128. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 13 set. 2007.

KINDFIELD, A.C.H. Understanding a basic biological process: expert and novice models of meiosis. Nova Jersey: *Journal of Science Education*, v. 78, n.3, p. 255-283. 1994. <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome>> Acesso em: 22 out. 2007.

KÖSE, Sacit; UŞAK, Muhammet. Determination of prospective science teachers' misconceptions: photosynthesis and respiration in plants. Nova Jersey: *Journal of Science Education*, 2006 v. 1.(1). p 25 – 52. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome>> Acesso em: 22 out. 2007.

KRASILCHIK, Myriam. Caminhos do ensino de Ciências no Brasil. Brasília: *Revista Em Aberto*, 1992. n.55. Brasília. Disponível em: <http://www.marilia.unesp.br/atividades/pesquisas/escr_pesq/filosofia/18_revis.html> Acesso em: 22 out. 2007.

_____. **Prática de ensino de Biologia**. São Paulo: Cortez, 2005.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO. M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LAFOURCADE, Pedro D. **Planejamento e avaliação do ensino**: teoria e prática da avaliação do aprendizado. São Paulo:IBRASA, 1980.

LAWSON, A.; THOMSON, L. Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. Nova Jersey: *Journal of Investigación in Science*, 1988. Disponível em: < <http://www.interscience.wiley.com/jpages> > Acesso em: 22 out. 2007.

LAWSON, A.; WORSNOP, W. Learning about evolution and rejecting a belief about natural creation: Effects of reasoning skill, prior knowledge, prior beliefs and religious commitment. *Journal of Investigación in Science Teaching*, n. 29, 1992. Disponível em: < <http://www.interscience.wiley.com/jpages> > Acesso em: 22 out. 2007.

LEWONTIN, Richard C. **A tripla hélice - gene, organismo e ambiente**. São Paulo (SP): Companhia das Letras, 2002.

LIBANORE, Ana Cristina Leandro da Silva. As concepções alternativas de alunos da 8ª série do Ensino Fundamental sobre o fenômeno do efeito estufa. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática. 2007. Disponível em:

<http://www.pcm.uem.br/dissertacoes/2007_ana_cristina_libanore.pdf> Acesso em: 22 dez 2007.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. *Biologia hoje*. São Paulo. Ed. Ática, 2004.

LOPES, Sonia Godoy B Carvalho, *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 2002.

LUCKESI, Cipriano C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. 15 ed. São Paulo: Cortez, 2003.

LUÍS, Noémia M. L. concepções dos alunos sobre respiração e sistema respiratório: um estudo sobre a sua evolução em alunos do ensino básico. Instituto de Educação e Psicologia Universidade do Minho. 2004. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <<http://www.repositorium.sdum.uminho.pt>> Acesso em: 23 out. 2007.

LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. All in the genes? – young people's understanding of the nature of genes. Londres: *Journal of Biological Education*, v. 34, n. 2. p. 74-79. 2000. Disponível em: <http://www.iob.org/userfiles/File/JBE_archive/JBE.pdf> Acesso em: 23 out. 2007.

_____. Chromosomes: the missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis and fertilization. *Journal of Biological Education*, 2000v. 34, n. 4, p. 189-199. Disponível em: <<http://www.journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journalsearch>>. Acesso em: 23 out. 2007.

MACEDO, L. **Propostas curriculares de Psicologia e Psicologia de Educação para os cursos de habilitação específicas para o magistério**. São Paulo: SE/CENP, 1992.

MACEDO, B; SOUSSAN, G. Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de enseñanza fundamental. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1985. v. 2. (9). p.129-138. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 13 set. 2007.

MALDANER, Otávio Aloízio; ZANON, Lenir Basso. Situação de estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. In: MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo (orgs.). **Educação em Ciências: produção de currículos e formação de professores**. Ijuí: UNIJUI, 2004.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A. A. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2002. n. 20. (1). p.15-27. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes>> Acesso em: 23 out. 2007.

MANUEL BARRABÍN, Jordi; GRAU SÁNCHEZ, Ramon. Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. Valencia: *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1996. n. 7, p. 53-63.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra; AMORIM, Antonio Carlos Rodrigues. **Ensino de Biologia**: conhecimentos e valores em disputa. Niterói: Eduff, 2005.

MARANDOLA JR, E.; TAKEDA, M. Pedagogia ambiental e pedagogia da complexidade: da tríade à educação humanista. *Geo Crítica / Scripta Nova*. Barcelona: *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona, vol. VIII, nº. 164. 2004. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocritics/sn/sn-164.htm>>. Em CD Roon.

MARANINCHI, I. A. Os conteúdos à luz dos novos paradigmas: conteúdos atitudinais. 2004. Disponível em: <<http://www.aprender.com.br/ensinar.asp?materia>>. Acesso em: 01 out. 2006.

MARTÍN-DÍAZ, M.J. Enseñanza de las ciencias ¿Para qué? **Revista electrónica Enseñanza de las Ciencias**, 2002. v.1. (2). p. 54-72. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes>>. Acesso em: 22 dez. 2006.

MAYER, Richard E. Problem solving, insight, cognitive psychology, reading, writing, mathematics. *Journal Instructional science*, 1998. n.26. p. 49 - 63. Disponível em: <http://www.colorado.edu/physics/phys4810/phys4810_fa04/4810_readings/mayer.pdf> Acesso em: 22 dez. 2006.

MAYR, Ernest. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília (DF): Editora UnB, 1998.

MAZELLA, Clemen; RIOS, Pablo. Desarrollo y validación de um sistema de computadorizado para el aprendizaje de um contenido de genética. *Revista Investigación y postgrado*, 2006. v. 21. (2). Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, Espanha y Portugal. Disponível em: <<http://www.redalyc.uaemex.mx>>. Acesso em 18 jun. 2007.

McDERMOTT, L. C. Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 1984. v. 37.(7). p. 24-32,

MEIRIEU, Philippe. **Aprender... sim, mas como?** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

MELLADO, Vicente J. "Concepciones y práctica de aula de profesores de ciencias en formación inicial de primaria y secundaria". Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1997. v. 14, (3) p. 289-302. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 12 nov. 2007.

MELLADO, Vicente J.; NIETO, Lorenzo J. B.; MACÍAS, Constantino R. **Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial del profesorado**: estudios de caso sobre la enseñanza de la energía. Extremadura (Espanha): Universidad de Extremadura - Facultad de Educación, 1999.

MELILLÁN, María Charrier; CAÑAL, Pedro; VEGA, Máximo Rodrigo. Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión

sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. Disponível em: <http://www.cursos_diplomados/diplomados/basico/educien0607/material_didactico> Acesso em: 23 out. 2007.

MENEZES, Alexandre A. L et al. Política de acesso à UFRN: estudo e proposições. Disponível em: <<http://www.prograd.ufrn.br/conteúdo/documentos/relatoriocomissaopolitica>>. Acesso em: 22 dez. 2006.

MENGASCINI, Adriana. Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia-Eureka. Disponível em: <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_3/Mengascini> Acesso em 08 dez 2006.

MENGASCINI, Adriana; MENEGAZ, Adriana. “El juego de las mariposas” propuesta didáctica para el tratamiento del cambio biológico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2005.v. 2. (3). p. 403-415.

MERRILL, M.D. Component Display Theory. In C.M Reigluth (Ed.) **Instructional design theories and model**: An overview of their current status. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

MILLAR, R. Skill and processes in science education: A critical analysis. *Electronic Journal*, 1996. Disponível em: <<http://wolfweb.unr.edu/homepage/jcannon/ejse/campbell.html>> Acesso em: 10 jun. 2006.

MINTZES, J.J.; TROWBRIDGE, J.E.; ARNAUDIN, M.W.; WANDERSEE, J.H. Children's biology: Studies on conceptual development in the life sciences. In: GLYNN, S. YEANY, R.; BRITTON, B. (Eds.). **The psychology of learning science**. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1991. Disponível em: <<http://www.questia.com/the-psychology-of-learning-science-by-bruce-k-britton-shawn-m-glynn-russell-h-yeany.jsp>> Acesso em: 23 out. 2007.

MIZUKAMI, M. G. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986.

MOLNAR, Gabriel. Evaluación educativa: conceptos y definiciones. Disponível em: <<http://www.chasque.net/gamolnar/evaluacion.html>> Acesso em: 14 de janeiro de 2005.

MONDELO ALONSO, M., GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ LOSADA, C. Materia inerte/materia viva¿ Tienen ambas constitución atómica?. Barcelona: *Enseñanza de las Ciencias*, 1994 12 (2). p. 226-233. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 12 nov. 2007.

MONTE, Maria das Graças; FREITAS, Denise. A temática ambiental na escola: o conteúdo das concepções de um professor. Atas do II ENPEC. Bauru, 2001. Em CD Room.

MONTEIRO, Ana Maria F. C. Professores: entre saberes e práticas. *Revista Brasileira de Educação*, 2001. v. 22. (74). Disponível em: <<http://www.anped.org.br/publ.html>> Acesso em: 23 out. 2007.

MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo. (Orgs.). Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores. Ijuí: Unijuí, 2004.

MOREIRA, Marco A. Um mapa conceitual para interações fundamentais. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1990. v. (2). p. 133-139. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 23 out. 2007.

_____. Modelos Mentais. *Revista Investigações em Ensino das Ciências*, 1996. v.1 (3). Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/Moreira>> Acesso em: 23 out. 2007.

MORENO, J.; MORENO, A.M. La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y la Química. Barcelona: Editorial laia, 1988.

MORTIMER, Eduardo. (1994) - Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? In: Anais da ANPED. Caxambu: outubro de 1994.

MOURA, M. O.; MORETTI, V. D. Investigando a aprendizagem do conceito de função a partir dos conhecimentos prévios e das interações sociais. Bauru: Revista Ciência & educação, 2003, v. 9.(1). p. 67-82.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta; ALVETTI, Marco A. S. Temas científicos contemporâneos no ensino de Biologia e Física. *Ciência & Ensino*, 2006. v. 1. (1). Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/36/95>> Acesso em: 21 out. 2007.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. B. **Aprendiendo a aprender**. Barcelona: Ed. Martínez Roca, 1988.

NEVES, A. R. (org.). A relação dos professores do Ensino fundamental com os saberes disciplinares e curriculares. Formação de Professores (I), XIII Encontro de Pesquisa Educacional do Nordeste. v.7, Natal: EDUFRN, 1998.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán.; PACHECO, Otmara G. **La formación de conceptos científicos**: uma perspectiva desde la teoria de la actividade. Natal: EDUFRN, 1997.

OLIVEIRA, Silmara Sartoreto. Concepções alternativas e ensino de Biologia: como utilizar estratégias diferenciadas na formação inicial de licenciados. Disponível em: <<http://www.calvados.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/educar/article>> Acesso em: 11 out. 2007.

OSBORNE, R.J.; WITROCK, M.C. Learning science: A generative process. *Revista Science & Education*. (67). 489-508, 1983. Disponível em <<http://www.senacyt.gob.pa/media/documentosHagamosCiencia/investigacionDinamica.pdf>>. Acesso em 12 dez 2005.

OSBORNE, R.; FREYBERG, P. **El aprendizaje de las ciencias**: Implicaciones de la ciencia de los alumnos. Madrid: Narcea, 1991.

OSBORNE, John F. Beyond constructivism. *Journal Science & Education*, 1996.80(1), p.53-82,

_____. Constructivist Metaphors of Learning Science. *Journal Science & Education*, 1997, v. 6, p. 121-133.

PACHECO, J. Avaliação dos alunos na perspectiva da reforma (2ª ed.). Porto: Porto Editora, 2003.

PASTRANA, Antonio M. Escámez. Enseñar Biología hoy en los niveles obligatorios o el reto de una enseñanza motivadora para un aprendizaje significativo en los tiempos que corren. Disponível em: <<http://iestorredelprado.net/ciencias/encuentrosbiologia.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2005.

PAULINO, Wilson Roberto. **Biologia**. São Paulo: ÁTICA, 2002.

PEDRANCINI, Vanessa D.; CORAZZA-NUNES, Maria J.; GALUCH, Maria T. B. Aprendizagem e ensino: conhecimento de célula, estrutura e função do material genético apresentado por estudantes do 3º. ano do Ensino Médio. Arquivos da APADEC, vol. 8 (supl.), 2004. Em CD Room.

PEDRANCINI, Vanessa D.; CORAZZA-NUNES, Maria J.; GALUCH, Maria T. B.; NUNES, W. M. C. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. Em *Anais do I Congresso Internacional de Educação e Desenvolvimento Humano*, Maringá - Paraná, 2005. Em CD Room.

PEDRANCINI, Vanessa D.; CORAZZA-NUNES, Maria J.; GALUCH, Maria T. B.; MOREIRA, Ana Lúcia O. R.; RIBEIRO, Alessandra Claudia. A Biologia no Ensino Médio e o desenvolvimento científico e biotecnológico. Atas do V ENPEC. Bauru(SP), 2005. Em CD.

PEDRANCINI, Vanessa D.; CORAZZA-NUNES, Maria J.; GALUCH, Maria T. B. Ensino e aprendizagem de Biologia no Ensino Médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. Em *Anais do II Congresso Internacional de Psicologia e VII Semana de Psicologia da Universidade Estadual de Maringá*. Maringá - Paraná, 2005. Em CD.

PÉREZ, Daniel Gil. El Modelo Constructivista de Enseñanza/Aprendizaje de las ciencias: una Corriente Innovadora Fundamentada en la Investigación. *Revista Enseñanza de las Ciencias y la Matemática*. Disponível em: <<http://www.oei.es/oeivirt/gil02.htm>> Acesso em: 12 out 2007.

PESA, Marta A.; CUDMANI, Leonor C. ¿Qué ideas tienen los estudiantes respecto a la visión? Disponível em: <<http://ayura.udea.edu.co/publicaciones/revista>> Acesso em: 12 out 2007.

PIAGET, Jean. **O desenvolvimento do pensamento**: equilíbrio das estruturas cognitivas. Lisboa: Dom Quixote, 1977.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A., Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Journal Science & Education*. 1982. n. 66. p. 211-227.

POZO, Juan. I. Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Revista Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1996. n.7. p.18-26.

_____. **Aprendizes e Mestres:** a nova cultura da aprendizagem. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

POZO, J.I.; CARRETERO, M. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia?. Madrid: Revista *Infancia y Aprendizaje*, 1987. n.38. p. 35-52. Disponível em: <http://www.ub.es/psicolg/infancia/descr_es> Acesso em: 12 out 2007.

POZO, J. I.; LIMON, M.; SANZ, A. Conocimientos previos y aprendizaje escolar. Barcelona: *Cuadernos de Pedagogía*. v.188, p. 12-14, 1991. Disponível em: <www.cuadernosdepedagogia.com/ver_infosus> Acesso em: 12 out 2007.

POZO, Juan I.; GÓMEZ CRESPO, M.A. **Aprender y enseñar Ciencia**. Madrid: Morata. 1998.

POCHULU, Marcel D. Análisis y categorización de errores en el aprendizaje de la matemática en alumnos que ingresan a la universidad. Revista Iberoamericana de Educación. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/849Pochulu.pdf>> Acesso em: 12 out 2007.

RADATZ, Hendrik. Students'errors in the mathematical learning process: a survey. *For the Learning of Mathematics*, v.1, n.1, p.16-20, July 1979. Disponível em: <<http://www.chasque.net/gamolnar/evaluacion.html>> Acesso em: 14 de janeiro de 2007.

RESNICK, L. Mathematics and science learning: a new conception. *Journal of Science Educacion*, 1983. v. 22, p. 477-478. Disponível em: <www.uv.es/gil/documentos/enlazados/defending_constructivism.doc>. Acesso em 25. abr. 2006.

RODRÍGUEZ PALMERO, Maria Luz. Modelos mentales de célula. Una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. Santa Maria: *Revista Investigações em Ensino de Ciências*. (1997). Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n3/v5_n3_a5.html Acesso em 24 maio de 2002.

_____. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la Biología y la investigación en el estudio de la célula. Santa Maria: *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 1998. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_n1_a4.html> Acesso em 24 maio de 2002.

_____. La concepción científica de célula para la enseñanza de la biología. Una reflexión aplicable a la escuela secundaria. Córdoba: *Revista de Educación en*

Biología. 2001. vol.5, nº 1. Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la Argentina.

PALMERO, M^a Luz R.; MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. Santa Maria: *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 1999. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4/n2/v4_n2_a1.htm> Acesso em 24 maio de 2002.

RODRÍGUEZ PALMERO, M^a Luz Rodríguez; MARRERO ACOSTA, Javier. Un análisis y una organización del contenido de biología celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 2 N^o 1 (2003). <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1>>. acessado em 22 jun 2007.

RODRÍGUEZ-MONEO, María; APARICIO, Juan José. Los estudios sobre el cambio conceptual y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*. 2004. v. 15 (3). Disponível em: <<http://www.fq.unam.mx/sitio/edquim/153/153-rod.pdf>> Acesso em 10 jun 2006.

RODRÍGUEZ, A. Bugallo. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1995. v. 13, p. 379-385. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 12 out 2007.

ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito de átomo. *Revista Química Nova na Escola*. n. 3, p.27-31. 1996.

SACRISTÁN, Gimeno; PÉREZ-GÓMEZ, A. I. **Comprender e transformar o ensino**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SACRISTÁN, Gimeno J. **La educación obligatoria**: su sentido educativo y social. Madrid: Morata, 2000.

SANTOS, Valdecí. Seres vivos: conteúdos científicos que dizem da formação de professores e do cotidiano escolar no ensino fundamental. In: Anais do Encontro Regional de Ensino de Biologia do Nordeste, 1., 2003, Feira de Santana. Feira de Santana: UEFS/SBEnBIO, 2003. Disponível em: <http://www.valdeci.bio.br/seres_vivos> Acesso em: 12 out 2007.

SANTOS, Silvana; INFANTE-MALACHIAS, Maria Elena; AMABIS, Jose Mariano. Estrategias Meta Cognitivas de Aprendizaje en la Planificación de una secuencia didáctica sobre digestión. *Revista de Educación en Ciencias (Journal of Science Education)*, v. 5, n. 1, p. 24-27, 2003.

SÁNCHEZ, Norma; ESCUDERO, Consuelo; MASSA, Marta. Modelos de situaciones problemáticas propuestos en los textos escolares de Biología. Barcelona: *Revista Enseñanza de Las Ciencias*, 2002, 20 (1), p.158-168. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 12 out 2007.

SEBASTIÁ, J.M. Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1984. 2(3). p.161-169. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 12 out 2007.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA DA ARGENTINA (SEPA). Biología. Contenidos disciplinares para la educación secundaria (SM01). **Cuadernillo de diagnóstico personalizado: elementos para la detección de necesidades de formación continua.** Argentina, 2006. Disponível em:<http://www.afsedf.sep.gob.mx/para_maestros/formacion/archivos/form_civica_etica.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2007.

SERRANO, T. Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. Barcelona: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 1987. 5 (3). p.181- 188. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em: 12 out 2007.

SCHARMANN, L.; HARRIS, W. Teaching evolution: Understanding and applying the nature of science. *Journal of Investigación in Science Teaching*, 29, 1992. Disponível em: <www.project2061.org/esp/publications/bfr/online/Research/refer.htm - 15k>. Acesso em 28 jun. 2007.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Construção do conhecimento e ensino de ciências. Brasília: *Revista em Aberto*, 1992. n.55. Disponível em:www.inep.gov.br/pesquisa/bbeonline/obras.asp Acesso em 28 jun. 2007.

SILVA, Aparecida de Fátima A. Ensino e aprendizagem de ciências nas séries iniciais: concepções de um grupo de professoras em formação. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação e do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2006.

SILVA, Alcina Maria T. B. Concepções alternativas dos conhecimentos científicos: elementos para a determinação de sua gênese. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/comunicacoes>> Acesso em 28 jun. 2007.

SILVA, Márcia G. L. Repensando a tecnologia no ensino de Química no nível médio: um olhar em direção aos saberes docentes na formação inicial. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Educação. Base de Formação e Profissionalização Docente.

SILVA, Márcia G. L.; NÚÑEZ, Isauro B. Concepções Alternativas dos Estudantes. Brasil: Secretaria de educação à distância. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Cad. II - Instrumentação para o ensino de Química II. 2007.

SILVA, Silvana N. Uma reflexão sobre o livro didático de Biologia: sistemas de classificação dos seres vivos. 2005. Atas do V ENPEC.

SILVEIRA, Rodrigo Venturoso Mendes; AMABIS, José Mariano. Como os alunos do Ensino Médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético?. In: 4º ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Bauru, 2003. Em CD Room.

SGANZERLA, L. C. M.; CORAZZA-NUNES, M. J.; NUNES, W. M. DE C.; TOMANIK, E. A. (2004). Preparados ou não para o futuro? Atitudes dos alunos de graduação em relação ao projeto genoma humano. **Acta Scientiarum**, 26(2), p. 239-250. Disponível em: <http://www.eduem.uem.br/acta/bio/index.html> Acesso em 22 dez 2007.

SMITH, M.U. Teaching cell division: student difficulties and teaching recommendation. *Journal of the College Science Teaching*, 1991, n. 21 (1). p. 28-33. Disponível em: <<http://www.project2061.org/esp/publications/bfr/htm>> Acesso em 28 jun. 2007.

SNYDERS, G. *Alunos Felizes*. São Paulo, Paz e Terra, 1996.

STAVY, Eisen Yaakobi. How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9. 1987. Disponível em: <lib5.leeds.ac.uk/rlists/educatn/pgcebiology.htm - 17k>. Acesso em 28 jun. 2007.

TAMAYO, Manoel H.; GARCÍA, Francisco G. Análisis de los contenidos biológicos en libros de texto de enseñanza Primaria y Secundaria. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 1998, (11). p.175-191. Disponível em: <dialnet.unirioja.es/servlet/listaarticulosbu>. Acesso em 20 jun. 2007.

TAVARES, R. Aprendizagem Significativa e o Ensino de Ciências In: Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Educação, 28, 2005, Caxambu. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/ANPED-28.pdf>, acessado em 26 jun. 2006.

TIDON, Rosana. Gene, organismo e ambiente. *Revista da Sociedade Brasileira de Genética*. Genética na escola. Disponível em: <http://www.painelbrasil.tv/home/docs/File/ciencia/darwin/Tidon202006_Geneticanaescola.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2007.

TEJADA, María del Pilar Jiménez; GARCÍA, Francisco González; HÓDAR, José Antonio. Evolución y selección natural en textos LOGSE. Anais do XX Encuentros (provisional). Disponível em: <<http://www.webpages.ull.es/users/apice/pdf/433-042.pdf>> Acesso em 20 jun. 2007.

TRIVELATO, S.L.F. Ensino de genética: um novo ponto de vista. São Paulo: Faculdade de Educação, 1988.

VALLS, E. (Org.). **Os conteúdos na reforma**: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Porto Alegre: Artmed, 1998.

VARGAS, María Victoria; BASTO, Sofía Isabel. Experiencias para la Comprensión de la Biología Celular. **Revista Universitas Scientiarum** (Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana) Vol. 9, N° 1: 69-77. Disponível em: <<http://www.javeriana.edu.co/ciencias/universitas/vol9n1/articulo.pdf>> Acesso em 20 jun. 2007.

VIGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VILLANI, Alberto; PACCA, Jesuina L.A.; FREITAS, Denise. Formação do professor de ciências no Brasil: tarefa impossível? Atas do VIII Encontro de Professores de Física. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/viii/PDFs/CO21_3r.pdf> Acesso em: 22 jan 2008.

Xavie,r Maria Emília R.; Kerr Américo S.. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V. 21. (3). 2004.

WEISSMANN, Hilda (org.). **Didática das Ciências Naturais**: Contribuições e Reflexões. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. Revista Enseñanza de las Ciencias, 1998. v. 16 (1). p. 43-61. Disponível em: <<http://www.ensciencias.uab.es>> Acesso em 20 jun. 2007.

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

_____. **Como trabalhar os conteúdos procedimentais em aula**. Porto Alegre: ArtMed Editora, 1999.

_____. **Enfoque globalizador e pensamento complexo**: uma proposta para o currículo escolar. Porto Alegre: ArtMed, 2002.

ANEXOS

ANEXO A - PROVAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA DE BIOLOGIA DOS VESTIBULARES DA UFRN APLICADAS NO PERÍODO DE 2001 A 2008.

BIOLOGIA/MATEMÁTICA (PROVA DE MÚLTIPLA ESCOLHA)

Caros candidatos,

Vocês estão convidados a fazer um passeio numa área de Mata Atlântica, onde verão um maravilhoso ecossistema.

Nesse passeio, vocês estarão em contato com a natureza, verão de perto a diversidade da fauna e da flora, compreenderão como as espécies se inter-relacionam, se reproduzem e como se dão alguns fenômenos biológicos nos seres que vivem ali e até naqueles que visitam esse ambiente.

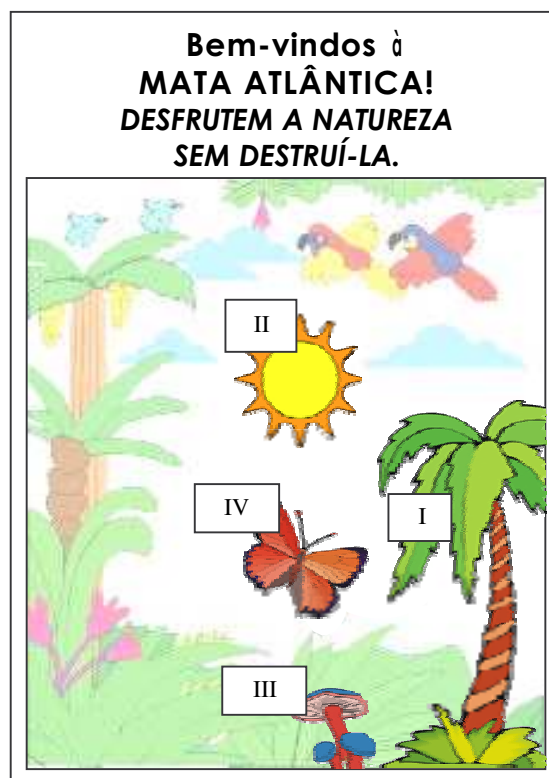
Vocês terão a oportunidade de verificar de que maneira o homem pode interferir nesse meio, alterando-o, e quais as consequências disso. Também serão convocados a responder a questões básicas no campo da Biologia.

Para tanto, contarão com a companhia de Ribossomildo, um experiente pesquisador, que lhes servirá de guia. Ele dispõe de material para ilustrar, quando necessário, essa atividade de campo.

Fiquem tranquilos: vocês estão preparados, e o passeio será muito proveitoso, pois Ribossomildo só lhes dará informações cientificamente corretas. Vamos lá?!!!

Questão 01:

Observe o cartaz afixado na entrada da área:



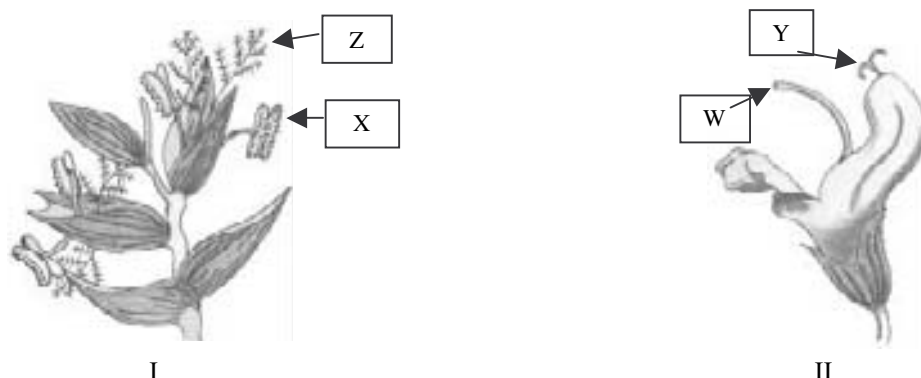
A partir do cartaz, Ribossomildo comenta que, sem energia, não há vida. Utiliza os elementos ilustrados (I, II, III e IV) para informar que a energia é

- A)** introduzida na comunidade biótica por I, sendo transferida, sob a forma química, aos demais seres vivos.
- B)** obtida do ambiente físico e passa de ser vivo a ser vivo, retornando integralmente ao ecossistema, pela ação de III.
- C)** originada em II, sendo fixada, sob a forma química, diretamente por IV.
- D)** utilizada por III, a partir de compostos orgânicos, quando ele realiza a fotossíntese.

Questão 02:

A perpetuação das espécies depende da capacidade de reprodução das mesmas, e isto se dá por diversos processos — declara Ribossomildo.

Para ilustrar essa declaração, ele coleta dois exemplares de flores, representados nas figuras abaixo, e mostra que há diferenças entre elas, inclusive em relação às estruturas envolvidas no processo de polinização.

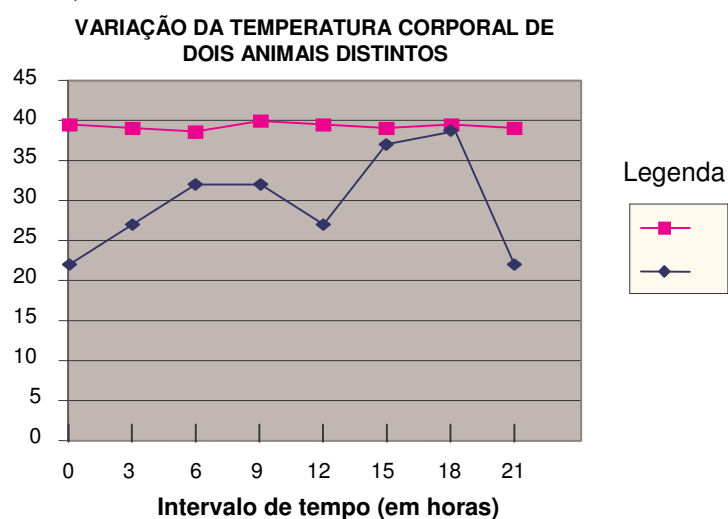


Analisando-se as figuras I e II, pode-se afirmar que a flor

- A)** II deve ser polinizada pelo vento, pois contém pequena quantidade de pólen no pistilo, o qual está representado pela letra **W**
- B)** II deve ser polinizada por insetos, pois contém pequena quantidade de pólen no estigma, o qual está representado pela letra **Y**.
- C)** I deve ser polinizada por insetos, pois contém grande quantidade de pólen no estilete, o qual está representado pela letra **Z**.
- D)** I deve ser polinizada pelo vento, pois contém grande quantidade de pólen na antera, a qual está representada pela letra **X**.

Questão 03:

Ribossomildo lembra que uma das características dos seres vivos é a adaptação às condições ambientais. Ele relata que fez o acompanhamento da variação da temperatura de dois animais distintos, ao longo de um dia, e mostra, no gráfico abaixo, o resultado desse trabalho.

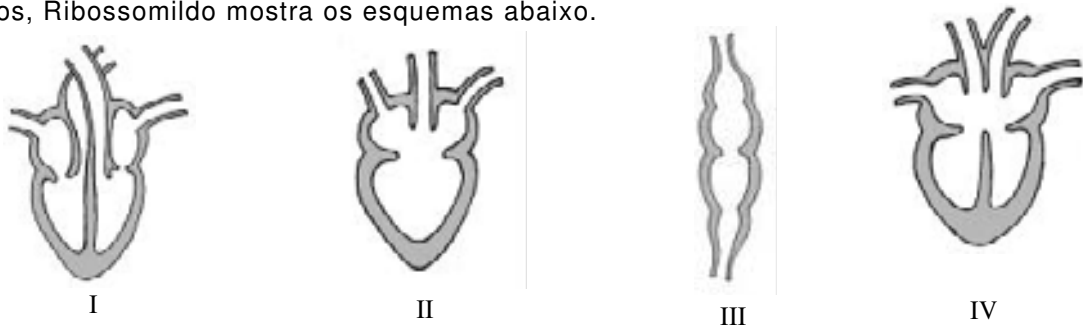


Analisando o gráfico, é correto afirmar que a variação da temperatura de

- A)** I corresponde à de uma jibóia.
- B)** II corresponde à de um galo-de-campina.
- C)** II corresponde à de um morcego.
- D)** I corresponde à de um sagüi

questão 04:

Para explicar a associação entre o formato do coração e a fisiologia do sistema circulatório dos vertebrados, Ribossomildo mostra os esquemas abaixo.



Com base nos esquemas, é correto afirmar:

- A) Em IV, o sangue que sai será oxigenado nas brânquias.
- B) Em II, o sangue sai parcialmente oxigenado, sendo compensado pela respiração cutânea.
- C) Em III, o sangue sai completamente oxigenado para os tecidos.
- D) Em I, o sangue que sai será oxigenado no pulmão, de onde seguirá diretamente para os tecidos.

Questão 05:

Prosseguindo-se a caminhada, Ribossomildo esclarece que as espécies da floresta apresentam outros tipos de adaptações. **Um desses tipos**, diz ele, **é o mimetismo**.

Esse fenômeno é exemplificado pela

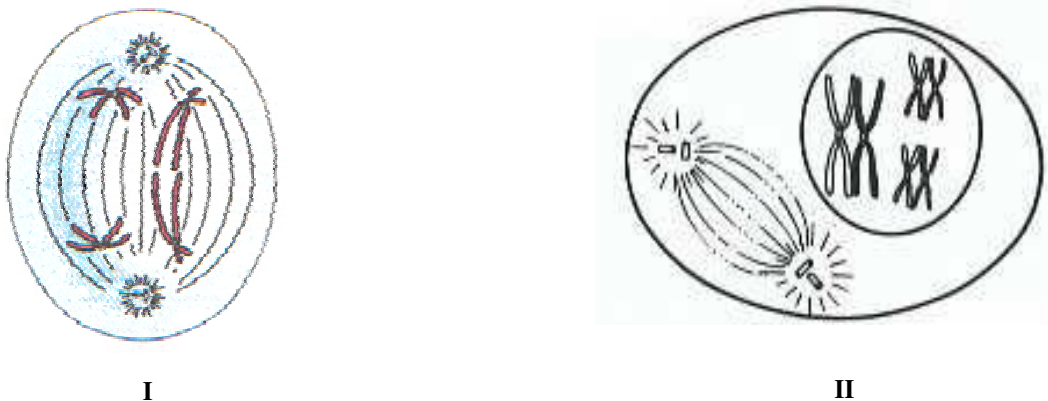
- A) capacidade da erva-de-passarinho de sugar a seiva bruta de plantas nas quais se fixa.
- B) associação entre algas e fungos, a qual dá origem aos líquens.
- C) semelhança entre gafanhotos e folhas, quanto ao formato e à coloração.
- D) variação da cor dos caracóis, o que nos permite distingui-los dentro do seu habitat natural.

Questão 06:

Como vocês já devem ter percebido, é grande a variabilidade de espécies, comportamentos e adaptações na Mata Atlântica.

Essa variabilidade fenotípica está relacionada à constituição genética do indivíduo e pode ser observada até dentro da mesma espécie.

Segundo Ribossomildo, etapas da divisão celular como as representadas nas figuras abaixo justificam essa variabilidade.



Marque a opção em que se relaciona adequadamente a figura ao evento biológico.

- A)** Na figura I, a segregação independente dos cromossomos contribui para o aumento da diversidade dos gametas.
- B)** Na figura II, a formação de quiasma eleva a probabilidade de ocorrência de mutação dos genes.
- C)** Na figura I, a migração das cromátides-irmãs para pólos opostos eleva a recombinação gênica.
- D)** Na figura II, a permutação entre cromossomos heterólogos aumenta a variabilidade genética.

Questão 07:

Ribossomildo diz: ***Vejam quantas folhas novas, quantos filhotes de animais! O que deve estar ocorrendo no interior das células desses seres, que lhes permite crescer?!***

Para facilitar a resposta a essa pergunta, ele apresenta a figura abaixo, que ilustra um dos eventos imprescindíveis ao processo de crescimento dos organismos.



Assinale a opção correspondente ao evento representado na figura.

- A)** replicação do DNA
- B)** transcrição de RNA transportador
- C)** tradução de RNA mensageiro
- D)** síntese das proteínas

Num dado momento do passeio, o inesperado acontece...



De acordo com o fato ilustrado, responda às questões **08, 09 e 10**.

Questão 08:

Diante da situação de fuga, o organismo de cada um dos componentes do grupo (excetuando-se o de Ribossomildo) sofre uma série de alterações fisiológicas, que são controladas pelo sistema nervoso

- A)** somático. **C)** simpático.
- B)** parassimpático. **D)** periférico.

Questão 09:

Ao fugirem, os componentes do grupo correm tão intensamente que alguns sentem dores nos músculos porque suas células musculares

- A)** não receberam suprimento de oxigênio suficiente, acumulando ácido láctico.
- B)** produziram acetil-coenzima A, em decorrência da respiração anaeróbica.
- C)** não efetuaram glicólise aeróbia, acumulando ácido pirúvico.
- D)** realizaram fermentação, levando à quebra completa da glicose.

Questão 10:

Na situação que vocês acabam de vivenciar, é comum haver a secreção de um determinado hormônio, afirma Ribossomildo.

Esse hormônio e a glândula que o secreta denominam-se, respectivamente,

- A)** insulina e pâncreas.
- B)** adrenalina e supra-renal.
- C)** adrenalina e tireóide.
- D)** glucagon e pâncreas.

Questão 11:

Superadas as tensões, Ribossomildo salienta que vegetais ali existentes são importantes fontes naturais de vitaminas. Informa que as vitaminas são

- A)** componentes do grupo das aminas e necessárias à manutenção da saúde.
- B)** requeridas em pequenas doses diárias e não podem ser sintetizadas pelos animais.
- C)** necessárias aos organismos e podem funcionar como cofatores de reações enzimáticas.
- D)** encontradas naturalmente nos alimentos e constituem fontes de energia.

Questão 12:

Ao enveredar por outro caminho, o grupo inesperadamente encontra uma extensa área em que a floresta foi derrubada e queimada. Indignado com tamanha agressão à natureza, Ribossomildo recita estes versos de Carlos Drummond de Andrade:

*De cada cem árvores antigas
Restam cinco testemunhas acusando
O incrível carrasco secular.
Restam cinco, não mais. Resta o fantasma
Da orgulhosa floresta primitiva.*

In: GLOBO CIÊNCIA, Ano 1 — Nº 1

Em seguida, Ribossomildo declara que essa devastação pode ocasionar o(a)

- A)** aumento da camada de húmus, ao longo do tempo, favorecendo a erosão.
- B)** lançamento, na atmosfera, de gases tóxicos, como o clorofluorcarbono (CFC).
- C)** formação de ácido sulfúrico que, na atmosfera, reage com oxigênio causando chuva ácida.
- D)** redução da infiltração de água no solo e da quantidade de nutrientes devido às enxurradas.

Questão 13:

Ribossomildo lembra que o desmatamento indiscriminado e a construção de moradias bem perto da mata têm implicações na saúde pública. Refere-se, então, à seguinte manchete de um jornal da cidade — **Surto de calazar lota enfermária.**

O referido surto deve ter ocorrido porque

- A) a proximidade da mata, nessas áreas, permitiu que cães se infectassem quando morderam raposas.
- B) habitantes dessas áreas passaram a ter mais contato com insetos transmissores do agente causador da doença.
- C) a alta densidade populacional facilitou a transmissão da doença, de pessoa a pessoa, através de gotículas de saliva.
- D) cães se infectaram muito mais facilmente, transmitindo a doença para crianças, através de mordidas.

Questão 14:

O grupo constata que, na área desmatada, há uma grande quantidade de lixo despejado por moradores das proximidades, o que certamente contribui para aumentar o número de casos de ascaridíase.

Esse aumento acontece porque

- A) os vermes presentes no lixo podem ser levados pela poeira e contaminar os alimentos.
- B) as larvas do helminto causador dessa doença podem contaminar a água potável e, a partir daí, infectar o homem.
- C) os ovos depositados no lixo originam larvas que penetram na pele de pessoas que andem descalças por essa área.
- D) os ovos do verme podem ser veiculados por insetos que têm como criadouros o próprio lixo.

Questão 15:

Ao final do passeio, Ribossomildo informa que, num rio próximo, podem ser vistos pontos de despejo de grandes quantidades de dejetos orgânicos.

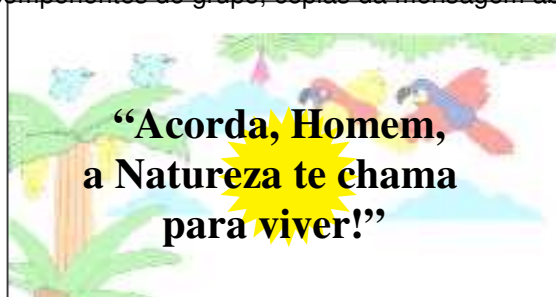
Inconformado com tal situação, ele enumera seqüencialmente os eventos resultantes dessa poluição.

A opção que apresenta a seqüência correta desses eventos é:

- A) proliferação de bactérias aeróbias → redução de O_2 → morte de seres aeróbios → proliferação de seres anaeróbios
- B) proliferação de bactérias aeróbias → redução de bactérias anaeróbias → aumento de O_2 → morte de seres aeróbios
- C) proliferação de bactérias anaeróbias → redução de O_2 → proliferação de bactérias fotossintéticas → proliferação de bactérias aeróbias.
- D) proliferação de seres anaeróbios → redução de O_2 → proliferação de bactérias aeróbias → proliferação de bactérias fotossintéticas

Ao se despedir do grupo, Ribossomildo faz questão de ressaltar ainda: **A preservação do meio ambiente não depende apenas da conscientização e do esforço conjunto de todos mas também de medidas efetivas do poder público.**

Em seguida, distribui, entre os componentes do grupo, cópias da mensagem abaixo:



Processo Seletivo 2002

Biologia
Matemática

4º Dia

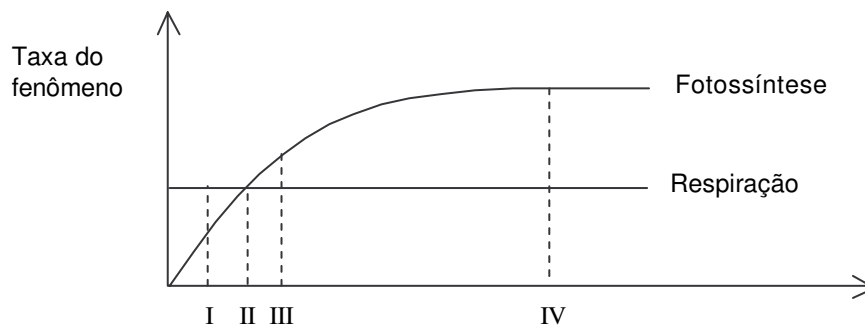
Instruções

- 1) Escreva seu número de inscrição no espaço a seguir:

- 2) Este caderno contém 30 questões de múltipla escolha, assim distribuídas: **Biologia** > 01 a 15 e **Matemática** > 16 a 30.
- 3) Verifique se o caderno está completo e sem imperfeições gráficas que possam dificultar a leitura. Qualquer irregularidade deverá ser comunicada, imediatamente, ao fiscal.
- 4) Só existe **uma resposta correta** para cada questão.
- 5) Interpretar cada questão é parte integrante da prova. Não adianta, pois, pedir esclarecimentos aos fiscais.
- 6) Ao fazer rascunhos e preencher a folha de respostas, use a caneta que o fiscal lhe entregou.
- 7) Utilize qualquer espaço deste caderno para rascunhos e não destaque nenhuma folha.
- 8) O preenchimento da folha de respostas é de sua inteira responsabilidade.
- 9) Você dispõe de **quatro horas e meia** para responder as questões (incluindo as discursivas) e preencher a folha de respostas.
- 10) Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao fiscal a folha de respostas, os dois cadernos de provas e a caneta.

Professor Astrogildo combinou com seus alunos visitar uma região onde ocorria extração de minério a céu aberto, com a intenção de mostrar os efeitos ambientais produzidos por aquela atividade. Durante o trajeto, professor Astrogildo ia propondo desafios a partir das situações do dia-a-dia vivenciadas ao longo do passeio. Algumas das questões propostas por professor Astrogildo estão apresentadas a seguir para que você responda.

- 01.** Professor Astrogildo mostrou à turma a grande quantidade de poeira e fuligem depositada sobre a vegetação em torno da área da mineração, alertando para os prejuízos provocados nas funções das plantas. Nesse caso, a função vegetal que está diretamente prejudicada é a
- A)** fotossíntese. **C)** síntese protéica.
B) germinação. **D)** divisão celular.
- 02.** Professor Astrogildo mostrou que os arbustos de uma mesma espécie, localizados mais próximos da mineração, eram menores do que aqueles mais afastados. Ele esboçou, ainda, o gráfico de compensação fótica para a espécie desse arbusto:



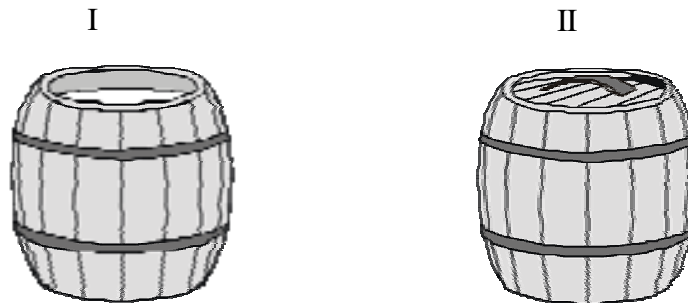
Intensidade de luz

Com base no gráfico pode-se afirmar que a situação dos arbustos menores está melhor expressa em

- A)** I. **B)** II.
C) III. **D)** IV.

- 03.** Um antigo morador da região falou para a turma que a vegetação era mais rasteira e menos variada do que antigamente e que ele estava usando esterco de galinha para melhorar o solo. O professor disse que essa era uma boa escolha, pois o esterco de galinha é mais rico em nitrogênio do que o de vaca. Essa diferença se justifica porque
- A)** a galinha elimina quase todo nitrogênio que ingere.
 - B)** o capim comido pela vaca contém pouco nitrogênio.
 - C)** o nitrogênio eliminado pela vaca evapora rapidamente.
 - D)** as fezes da galinha são eliminadas junto com a urina.
- 04.** Professor Astrogildo explicou aos alunos que a vegetação rasteira, na área em torno da mineração, não podia ser efeito apenas da deposição de poeira, porque esta era removida das folhas quando chovia. Ele disse também que algum poluente, resultante da grande movimentação de máquinas com motores que utilizavam derivados do petróleo, poderia haver contribuído para aquele efeito. Esse poluente seria o
- A)** dióxido de carbono.
 - B)** dióxido de enxofre.
 - C)** óxido de mercúrio.
 - D)** óxido de ferro.
- 05.** Professor Astrogildo chamou atenção para a quantidade de biomassa que era produzida atualmente, dizendo que isso alterava as pirâmides ecológicas da região. Quando comparadas com as pirâmides que havia antes da exploração do minério, uma característica observada seria a
- A)** maior densidade populacional de predadores.
 - B)** menor conversão de energia solar.
 - C)** base mais larga na pirâmide de energia.
 - D)** extinção dos consumidores primários.

- 06.** Após algum tempo, professor Astrogildo chamou a turma de volta ao ônibus, pois ainda iriam visitar uma fábrica de cerveja que ficava no caminho. Na fábrica, um funcionário explicou todo o processo de produção da cerveja, ressaltando que, para isso, se utilizava o fungo *Saccharomyces cerevisiae*, um anaeróbio facultativo. Professor Astrogildo apontou dois barris que estavam no galpão da fábrica, reproduzidos no esquema abaixo.



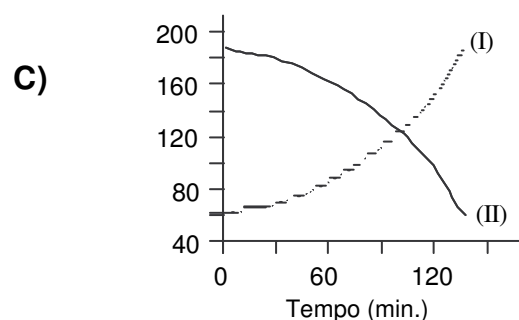
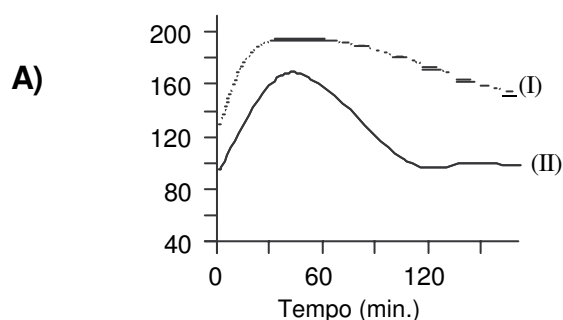
Considerando que ambos contêm todos os ingredientes para a produção de cerveja, a formação de álcool ocorre no barril

- A)** II, onde a glicose não é totalmente oxidada.
B) I, onde há um maior consumo de oxigênio.
C) II, onde a pressão do oxigênio é maior.
D) I, onde a glicose será degradada a ácido pirúvico.
- 07.** Rafael, um dos alunos, comentou que seu pai às vezes exagerava na cerveja e tinha ressaca, durante a qual sentia sede excessiva. Isso ocorre porque o álcool
- A)** estimula a secreção de vasopressina, reduzindo a excreção de água na urina.
B) estimula a secreção de ADH, reduzindo a reabsorção de água.
C) inibe a secreção de vasopressina, aumentando a reabsorção de água.
D) inibe a secreção de ADH, aumentando a quantidade de água na urina.
- 08.** Como já passava do meio-dia e estavam todos com fome, aproveitaram para almoçar no restaurante “self-service” da fábrica. Famintos, os alunos dirigiram-se ao balcão onde a comida estava exposta. Florinda, a mais gulosa, era a primeira da fila. Quando viu uma lasanha, seu prato predileto, de imediato disse: “Estou com água na boca!” A estrutura ocular e o sistema nervoso envolvidos no reflexo que estimulou a salivação de Florinda são, respectivamente,
- A)** a pupila e o simpático.
B) a retina e o parassimpático.
C) a pupila e o autônomo.
D) a retina e o somático.

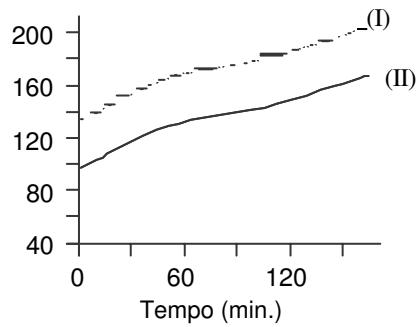
- 09.** No restaurante, havia diversos tipos de carnes, verduras e legumes. Quando João foi se servir, disse: "Pessoal, cuidado com a carne de porco, para não pegar cisticercose!" O temor de João só teria fundamento se alguém ingerisse
- A)** verduras contaminadas com fezes humanas contendo ovos de tênia.
 - B)** legumes ou verduras contaminados com fezes de porco contendo cisticerco.
 - C)** carne de porco mal cozida contendo cercárias.
 - D)** legumes ou carnes mal cozidos contendo oncosferas.
- 10.** Durante o almoço, Guilherme observou que a garçonete que trabalhava no restaurante estava grávida e usava meias elásticas. O professor falou que talvez fosse recomendação do médico para evitar que as pernas ficassem inchadas. As meias diminuem o inchaço nas pernas porque
- A)** reduzem o funcionamento das válvulas venosas.
 - B)** ajudam a passagem de sangue nas artérias.
 - C)** facilitam o retorno de sangue para o coração.
 - D)** diminuem a chegada de sangue nas pernas.
- 11.** Quando a garçonete se aproximou, professor Astrogildo perguntou-lhe se seria seu primeiro filho. Ela o informou de que já era sua terceira gestação. Na primeira, o seu filho nasceu normal e, na segunda, a criança teve eritroblastose fetal. Nessa situação, os genótipos do pai das crianças, da mãe, do primeiro e do segundo filhos seriam:

	Pai	Mãe	1° Filho	2° Filho
A)	RR	Rr	Rr	Rr
B)	Rr	Rr	rr	Rr
C)	RR	rr	Rr	Rr
D)	Rr	rr	rr	Rr

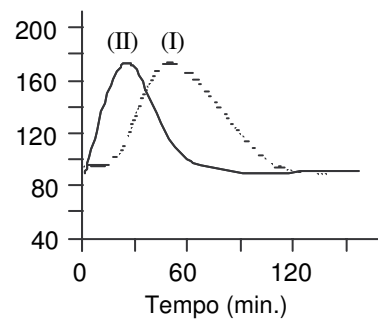
- 12.** Quando estavam saindo do restaurante, professor Astrogildo chamou atenção para um cartaz sobre a prevenção de diabetes, que estava fixado na parede da fábrica. Aproveitando a oportunidade, falou sobre o teste da curva glicêmica. Esclareceu que nesse teste, os indivíduos ingerem uma solução açucarada e, em intervalos regulares de tempo, mede-se a concentração de glicose no sangue. Em seguida, esboçou um gráfico representando as curvas glicêmicas de um indivíduo diabético (I) e de um indivíduo normal (II). O gráfico desenhado pelo professor Astrogildo é:



B)



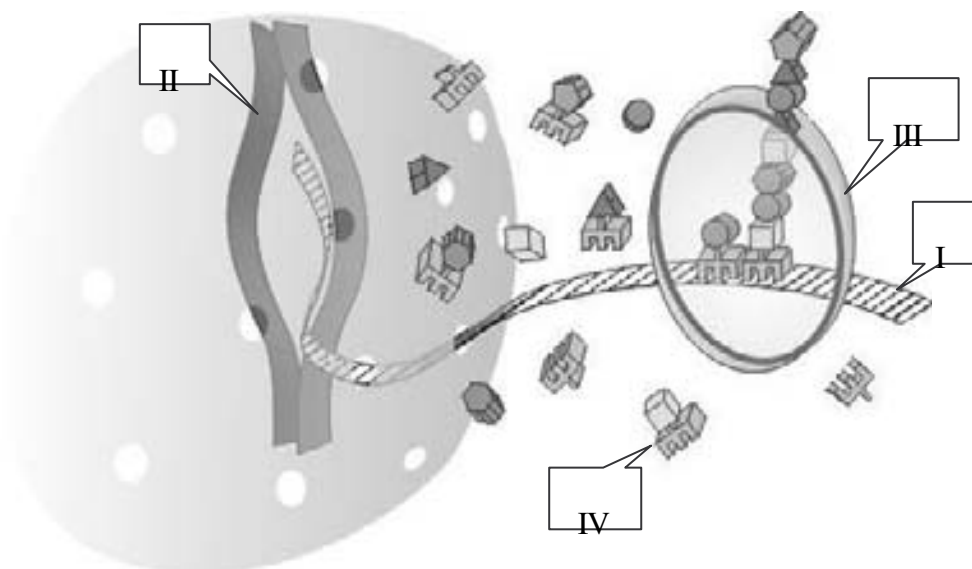
D)



13. Zeca perguntou: “Professor, já que as células beta do pâncreas de um diabético não são capazes de sintetizar insulina, por que as células alfa desse mesmo órgão não assumem esta função?” A síntese da insulina não ocorre nas células alfa porque o(s)

- A)** gene da insulina está defeituoso.
- B)** cromossomos não têm o gene da insulina.
- C)** gene da insulina está inativo.
- D)** cromossomo com o gene da insulina não está presente.

14. Aproveitando a pergunta de Zeca, o professor esquematizou o processo de síntese protéica, em que os números I, II, III e IV representam moléculas de ácidos nucléicos.



A partir do esquema, é correto afirmar que

- A) I corresponde ao RNA que contém o código genético determinando a seqüência de aminoácidos da proteína.
 - B) II corresponde ao RNA que catalisa a união do I com o III, durante o processo de transcrição.
 - C) III corresponde ao RNA que contém o anticódon complementar ao códon existente em I.
 - D) IV corresponde ao RNA que catalisa a ligação dos nucleotídeos com a desoxirribose.
15. “Já está na hora de voltar. O motorista está buzinando. Vamos!” A turma entrou muito animada no ônibus e Ariosvaldo percebeu que o motorista era calvo. Ariosvaldo refletiu e perguntou: “Professor, por que não se vê mulher careca?” O professor respondeu que a ocorrência de calvície em mulheres era muito rara. Isso ocorre porque
- A) o gene responsável pela calvície está no cromossomo Y.
 - B) a expressão do gene depende da presença de hormônios masculinos.
 - C) a calvície é uma característica genética cuja herança é ligada ao sexo.
 - D) a mulher só será careca se tiver os dois alelos recessivos.

Bem, turma, fim do passeio. Espero que vocês tenham aprendido bem os conteúdos de Biologia. Boa sorte no exame! Espero ver seus nomes na lista dos aprovados no vestibular.



2003
FURIN

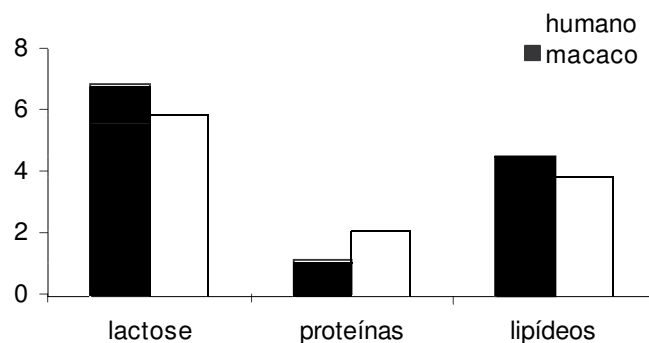
Instruções

- 1) Escreva seu número de inscrição no espaço a seguir:

- 2) Este caderno contém 30 questões de múltipla escolha, assim distribuídas: Biologia > 01 a 15 e Matemática > 16 a 30.
- 3) Verifique se o caderno está completo e sem imperfeições gráficas que possam dificultar a leitura. Qualquer irregularidade deverá ser comunicada, imediatamente, ao fiscal.
- 4) Só existe uma resposta correta para cada questão.
- 5) Interpretar as questões da prova faz parte desta avaliação. Não adianta, pois, pedir esclarecimentos aos fiscais.
- 6) Ao fazer rascunhos e preencher a folha de respostas, use a caneta que o fiscal lhe entregou.
- 7) Utilize qualquer espaço deste caderno para rascunhos e não destaque nenhuma folha.
- 8) O preenchimento da folha de respostas é de sua inteira responsabilidade.
- 9) Você dispõe de quatro horas e meia para responder as questões (incluindo as discursivas) e preencher a folha de respostas.
- 10) Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao fiscal a folha de respostas, os dois cadernos de provas e a caneta.

- 01.** A mulher, além de glândulas mamárias e placenta, apresenta, como característica exclusiva dos mamíferos,
- A) presença de celoma e glândulas sudoríparas.
 - B) glândulas sudoríparas e pêlos.
 - C) pêlos e canal ginecóforo.
 - D) canal ginecóforo e presença de celoma.

- 02.** A composição do leite de cada espécie de mamífero é adequada às necessidades do respectivo filhote. O gráfico abaixo apresenta a composição do leite humano e do leite de uma espécie de macaco.



Considere dois filhotes de macaco: um alimentado com leite de macaco e o outro com o mesmo volume de leite humano.

A partir da análise do gráfico, pode-se dizer que o filhote de macaco que for alimentado com o mesmo volume de leite humano provavelmente apresentará

- A) deformidades ósseas.
 - B) carência energética.
 - C) menor crescimento.
 - D) diarreias freqüentes.
- 03.** Ao contrário do homem, o rato é capaz de sintetizar uma substância essencial que estimula a produção de anticorpos e age como antioxidante. Essa substância é o ácido
- A) pantotênico.
 - B) ascórbico.
 - C) fólico.
 - D) glutâmico.

As questões de números **4** a **6** foram inspiradas nas situações da figura abaixo.



- 04.** O efeito imediato do bafo da barata indica que a naftalina foi rapidamente absorvida pelas células do sistema nervoso da aranha. Essa absorção ocorre de modo análogo à de algumas drogas psicotrópicas nos seres humanos. Como a naftalina é um hidrocarboneto, a sua absorção ocorreu
- A)** através da matriz lipídica da membrana.
 - B)** por meio de transporte ativo.
 - C)** pela ação de uma substância carreadora.
 - D)** através dos canais protéicos.
- 05.** Diante do efeito produzido pelo bafo de naftalina da barata, a aranha passou a não mais atacar baratas com esse cheiro. Uma reação análoga à da aranha observa-se quando um
- A)** bem-te-vi evita caçar “lagartas-de-fogo”.
 - B)** gavião evita capturar uma falsa cobra-coral.
 - C)** bicho-pau fica imóvel no ramo de uma planta.
 - D)** polvo lança pigmento escuro na água.
- 06.** Diferente do que é observado nas diversas espécies da classe dos insetos, todas as espécies da classe das aranhas
- A)** apresentam antenas e quatro pares de patas.
 - B)** nascem com forma semelhante à do adulto.
 - C)** inoculam veneno por meio de ferrão abdominal.
 - D)** apresentam o corpo com cabeça, tórax e abdome.

As questões de números **7** a **10** foram inspiradas nas cenas da figura abaixo.



- 07.** Para digerir o alimento normalmente obtido na boca do jacaré, a ave necessitará principalmente de
- A) endonucleases.
 - B) glicosidases.
 - C) peptidases.
 - D) lipases.
- 08.** Répteis e aves foram os primeiros grupos animais na escala filogenética a apresentar âmnio e alantóide no ovo. Por conta desse ganho evolutivo, esses animais tornaram-se capazes de
- A) desenvolver-se sem metamorfose.
 - B) produzir maior número de filhotes.
 - C) formar a cavidade celomática.
 - D) reproduzir-se fora da água.
- 09.** O grupo de répteis do qual faz parte o jacaré já existia na época dos dinossauros. Muitos grupos de répteis desapareceram, mas o grupo dos jacarés existe até hoje. Isso se deve, provavelmente, ao fato de o jacaré
- A) habitar locais onde existe abundância de alimento.
 - B) viver em ambientes que sofreram poucas mudanças.
 - C) colocar ovos que são chocados em ninhos bem escondidos.
 - D) ter o corpo todo revestido por placas dérmicas.
- 10.** As aves são animais que apresentam o metabolismo muito elevado em relação aos répteis, exercendo um bom controle sobre a temperatura corporal. Isso ocorre porque as aves apresentam
- A) glândulas sudoríparas e excreção de ácido úrico.
 - B) sacos aéreos e corpo coberto de penas.
 - C) circulação dupla e coração tetracavitário.

D) sistema digestório completo e tecido adiposo.

- 11.** Um produtor de mangas, interessado em aumentar a sua produção, consultou um pesquisador da área de melhoramento vegetal. O pesquisador sugeriu ao produtor que o modo mais fácil e barato de aumentar a produtividade das mangueiras seria realizar uma poda nas árvores.

O aumento do número de frutos na mangueira é esperado porque a poda

A) aumenta a velocidade de maturação dos frutos.

B) suspende a inibição do brotamento das gemas.

C) diminui a perda de água através das folhas.

D) favorece o fototropismo positivo do caule.

- 12.** As mangueiras, ao contrário do esperado, continuaram com baixa produção após a poda. Investigando o problema, o pesquisador descobriu que o ambiente favorecia o desenvolvimento de um nematóide parasita de mangueira, cujo controle era muito difícil. O pesquisador sugeriu desenvolver uma linhagem transgênica dessa mangueira, pela inserção de um gene que codifica uma toxina capaz de matar o nematóide. Para criar a mangueira transgênica, deve-se seguir um conjunto de etapas que começa pela construção de uma sequência iniciadora (*primer*).

A sequência correta das etapas seguintes à construção do *primer* é, resumidamente,

A) transfecção do gene → amplificação do gene → inserção do gene num vetor.

B) inserção do gene num vetor → transfecção do gene → amplificação do gene.

C) amplificação do gene → transfecção do gene → inserção do gene num vetor.

D) amplificação do gene → inserção do gene num vetor → transfecção do gene.

- 13.** A toxina produzida pelo gene introduzido na mangueira, além de matar o nematóide, também causava efeitos tóxicos nos seres humanos. Após uma investigação, descobriu-se que, na forma de doces e compotas, as mangas poderiam ser consumidas sem risco para a saúde.

O consumo de mangas na forma de doces e compotas torna-se seguro porque, durante o processo de fabricação, a toxina sofre

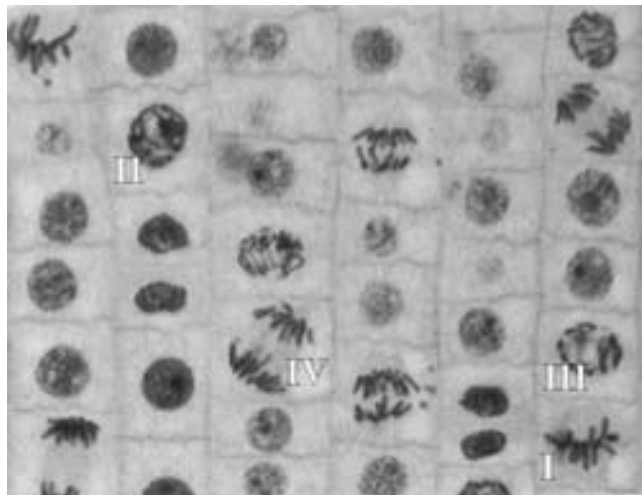
A) cristalização.

B) evaporação.

C) desnaturação.

D) dissolução.

14. A fotomicrografia abaixo mostra células em divisão na ponta da raiz da cebola.



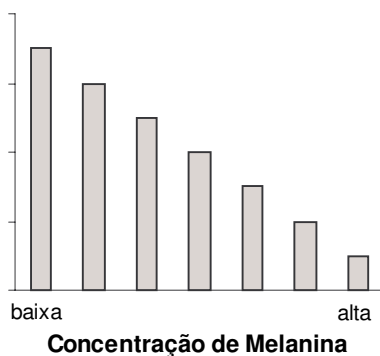
© Campbell, M.A., Reece, J.B. Mitchell, L.G.. **Biology**. 5 ed. Menlo Park: Addison Wesley Longman, 1999. p. 222.

De acordo com o estágio em que cada célula numerada se encontra, pode-se afirmar que

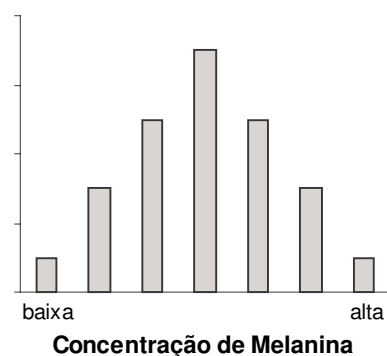
- A) IV apresenta dois pares de centríolos.
- B) III está realizando síntese protéica.
- C) II possui número haplóide de cromossomos.
- D) I apresenta fuso mitótico completamente formado.

15. A cor da pele humana é consequência do efeito cumulativo de mais de um gene, de modo que cada gene contribui igualmente para o fenótipo. O gráfico que representa a proporção fenotípica nesse tipo de herança é

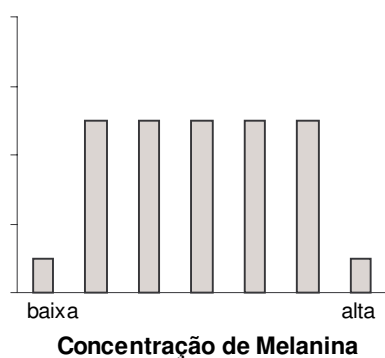
A)



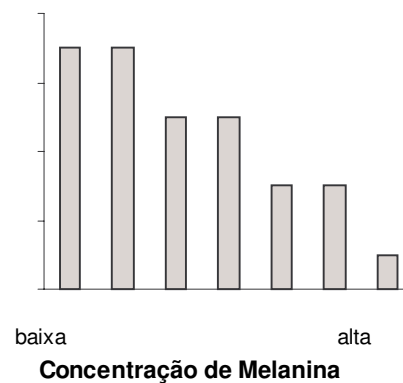
B)



C)



D)



UFERN
2004

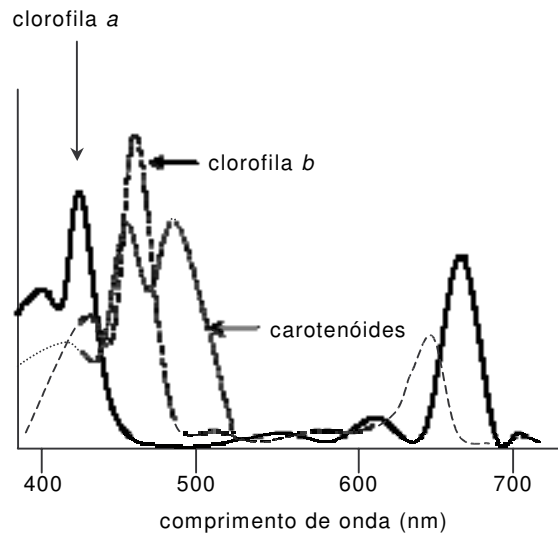
Biologia
Matemática
4º dia

Instruções

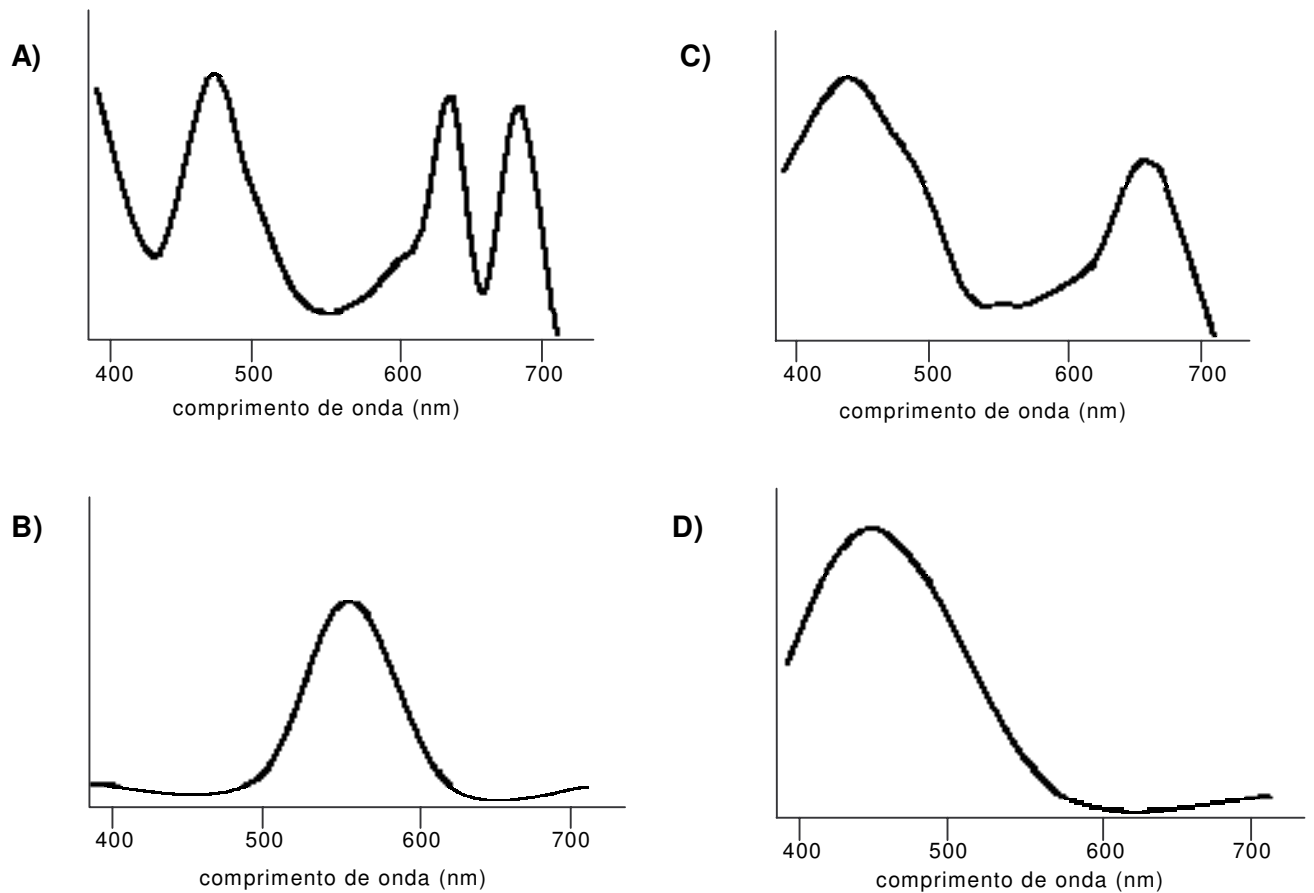
- | | |
|-----|--|
| 1) | Escreva seu número de inscrição no espaço a seguir:
<div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 30px; margin: 10px auto;"></div> |
| 2) | Este caderno contém 30 questões de múltipla escolha, assim distribuídas: Biologia > 01 a 15 e Matemática > 16 a 30. |
| 3) | Verifique se o caderno está completo e sem imperfeições gráficas que possam dificultar a leitura. Qualquer irregularidade deverá ser comunicada, imediatamente, ao fiscal. |
| 4) | Só existe uma resposta correta para cada questão. |
| 5) | Interpretar as questões da prova faz parte desta avaliação. Não adianta, pois, pedir esclarecimentos aos fiscais. |
| 6) | Ao fazer rascunhos e preencher a folha de respostas, use a caneta que o fiscal lhe entregou. |
| 7) | Utilize qualquer espaço deste caderno para rascunhos e não destaque nenhuma folha. |
| 8) | O preenchimento da folha de respostas é de sua inteira responsabilidade. |
| 9) | Você dispõe de quatro horas e meia para responder às questões (incluindo as discursivas) e preencher a folha de respostas. |
| 10) | Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao fiscal a folha de respostas, os dois cadernos de provas e a caneta. |

- 01.** Uma vestibulanda, em ritmo de estudo intensivo, reduziu a prática de exercícios físicos e, como consequência, aumentou de peso. Ela percebeu também que estava suando mais do que de costume. Uma das causas da sudorese excessiva da vestibulanda foi o aumento
- A)** do metabolismo de açúcares.
 - B)** do número de glândulas sudoríparas.
 - C)** da constrição dos vasos cutâneos.
 - D)** do isolamento térmico da pele.
- 02.** A obesidade pode levar ao acúmulo de lipídeos no interior dos vasos, prejudicando a circulação do sangue. No entanto, a presença de gordura é fundamental na dieta, porque, entre outras funções, os lipídeos contribuem diretamente para
- A)** o aumento da fermentação.
 - B)** o início da síntese protéica.
 - C)** a duplicação das cadeias de DNA.
 - D)** a composição da membrana celular.
- 03.** A glicose é muito importante para o processo de produção de energia na célula. Entretanto, o organismo armazena energia, principalmente sob a forma de gordura. Uma das vantagens de a célula acumular gordura em vez de açúcar é o fato de os lipídeos
- A)** apresentarem mais átomos de carbono.
 - B)** serem moléculas mais energéticas.
 - C)** produzirem mais colesterol.
 - D)** serem mais difíceis de digerir.
- 04.** Uma dieta exclusivamente vegetariana apresenta um alto teor de carboidratos. No entanto, os indivíduos que seguem esse tipo de dieta geralmente são magros. Uma das razões por que isso ocorre é o fato de o sistema digestório humano não ser capaz de
- A)** converter amido em dissacarídeos.
 - B)** absorver as proteínas vegetais.
 - C)** produzir pepsina em quantidade suficiente.
 - D)** degradar todo tipo de polissacarídeo.
- 05.** Os carboidratos presentes nas plantas são produzidos a partir de água e gás carbônico durante a fotossíntese. Embora esse processo seja realizado de modo mais eficiente em torno do meio-dia, em virtude da maior incidência de luz, não é recomendável aguar as plantas nesse horário, pois a água não é totalmente aproveitada pelas plantas. Isso acontece porque, nesse horário, a planta
- A)** abre os estômatos e diminui a transpiração.
 - B)** aumenta a transpiração para aumentar a fotossíntese.
 - C)** diminui a transpiração e absorve menos água.
 - D)** absorve mais luz para aumentar a transpiração.

06. A taxa de fotossíntese nos vegetais está relacionada com a absorção de luz pelos pigmentos encontrados nos cloroplastos. O gráfico abaixo mostra os espectros de absorção de três desses pigmentos.



Analisando esses espectros de absorção, o gráfico que melhor descreve a variação na intensidade de fotossíntese medida a partir da produção de oxigênio, ao longo do espectro luminoso, é



- 07.** O aparecimento de organismos capazes de realizar fotossíntese foi de grande importância para o desenvolvimento da vida na Terra, porque abriu caminho para o surgimento de todos os vegetais. De acordo com a teoria darwinista da evolução, os organismos fotossintetizadores surgiram
- A)** a partir de alterações hereditárias em um organismo preexistente.
 - B)** porque era necessário produzir oxigênio para a respiração dos animais.
 - C)** pela ação do gás carbônico sobre os processos metabólicos celulares.
 - D)** pela falta de competição com outros organismos semelhantes.
- 08.** O carbono fixado pelas plantas primitivas, por meio da fotossíntese, é a base da composição do petróleo. Desse produto, além dos combustíveis, é possível produzir industrialmente uréia para ser usada na alimentação do gado e na adubação de plantas. A uréia é encontrada naturalmente na urina de
- A)** aves marinhas.
 - B)** répteis terrestres.
 - C)** mamíferos placentários.
 - D)** peixes ósseos.
- 09.** A uréia apresenta na sua composição o nitrogênio, o qual é um elemento essencial na síntese protéica dos seres vivos. A sequência que representa uma transferência correta do nitrogênio é
- A)** capim → fungo → bactéria nitrificante → ave
 - B)** fungo → zooplâncton → alga diatomácea → peixe
 - C)** bactéria fixadora → leguminosa → inseto → planta carnívora
 - D)** inseto → anfíbio → réptil → bactéria desnitrificante
- 10.** Além da uréia, a degradação das proteínas também pode originar a amônia e o ácido úrico, dependendo do organismo. Os peixes ósseos marinhos, além de excretarem a amônia, precisam eliminar o sal que ingerem junto com a água. Para regular a concentração de sal no organismo, esses peixes
- A)** ingerem pouca água e excretam sal pelas fezes.
 - B)** produzem urina diluída e excretam sal pela pele.
 - C)** bebem muita água e excretam sal pela urina.
 - D)** eliminam urina concentrada e excretam sal pelas brânquias.
- 11.** Preocupado com a qualidade dos peixes que cultivava, um criador tomava muito cuidado para impedir a entrada de peixes de outra procedência nos viveiros de cultivo. Uma possível consequência dessa prática para a população de peixes do criador é
- A)** aumentar a variabilidade genética dos peixes adultos.
 - B)** diminuir a ocorrência de peixes resistentes a patógenos.
 - C)** diminuir a taxa de mutações na população.
 - D)** aumentar a frequência de variações fenotípicas.

12. Algumas espécies de peixes encontradas nos açudes do Nordeste são originárias da Amazônia. Como esses peixes introduzidos podem escapar dos açudes para os rios, o cruzamento entre eles e os peixes de espécies nativas do Nordeste é uma possibilidade. Cruzamentos desse tipo produzem indivíduos
- A) estéreis e com características de ambos os pais.
 - B) férteis e com características de apenas um dos pais.
 - C) poliplóides e com as características parentais atenuadas.
 - D) haplóides e com as características parentais intensificadas.
13. O estudo de cruzamentos entre variedades de ervilha permitiu a Mendel estabelecer as bases da genética. Uma das conclusões obtidas por Mendel foi que
- A) o organismo herda dois alelos de cada um dos pais para cada característica.
 - B) os alelos diferentes de cada gene contribuem para variações nos caracteres herdados.
 - C) o fenótipo de um organismo é resultado da expressão dos alelos dominante e recessivo.
 - D) os diferentes alelos de cada gene estão presentes após a formação de um gameta.
14. Atualmente, o que Mendel chamava de caráter herdável conhecemos como gene. A expressão do gene resulta na síntese de uma proteína como, por exemplo, a leptina, um hormônio que está relacionado com o controle do apetite e o acúmulo de gordura. Uma alteração na sequência dos nucleotídeos do gene o qual codifica a leptina deve-se à ocorrência de
- A) mutação.
 - B) *crossing over*.
 - C) mitose.
 - D) meiose.
15. O controle do processo de acumulação de gordura no corpo da vestibulanda a qual aumentou de peso envolve a ação da leptina, por meio de um mecanismo de retroalimentação (*feedback*) negativa. O aumento de peso da vestibulanda poderia estar ocorrendo porque
- A) a concentração de leptina no sangue estaria diminuída.
 - B) a produção de leptina pelo tecido adiposo estaria aumentada.
 - C) a sensibilidade do organismo à leptina estaria aumentada.
 - D) a leptina diminuiria a taxa de degradação de gordura.

1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia
--------	--------	--------	--------

Biologia ➡ Matemática

Leia atentamente as instruções:

- 1) Escreva seu número de inscrição no retângulo a seguir:
- 2) Este caderno contém 30 questões de múltipla escolha, assim distribuídas:
01 a 15 • Biologia; 16 a 30 • Matemática.
- 3) Se o caderno estiver incompleto ou contiver imperfeição gráfica que prejudique a leitura, peça imediatamente ao fiscal que o substitua.
- 4) Cada questão apresenta apenas uma opção de resposta correta.
- 5) Interpretar as questões faz parte da avaliação. Não adianta, pois, pedir esclarecimentos aos fiscais.
- 6) Utilize qualquer espaço deste caderno para rascunhos e não destaque nenhuma folha.
- 7) Para fazer rascunhos e preencher a folha de respostas, use exclusivamente a caneta que o fiscal lhe entregou.
- 8) Você dispõe de, no máximo, quatro horas e meia para responder às questões (incluindo as discursivas) e preencher a folha de respostas.
- 9) O preenchimento da folha de respostas é de sua inteira responsabilidade.
- 10) Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao fiscal a folha de respostas, os dois cadernos de provas e a caneta.

01. O algodoeiro é uma planta dicotiledônea bem adaptada ao clima semi-árido. O seu cultivo já foi uma atividade economicamente muito importante para o nordestino e hoje está sendo retomado graças ao desenvolvimento de novos cultivares pela Embrapa. Uma característica dessa planta que favorece seu plantio no clima semi-árido é a presença de
- A) folhas largas.
 - B) raiz pivotante.
 - C) flores completas.
 - D) frutos carnosos.
02. Uma das doenças do algodoeiro é provocada pelo acúmulo de micélios e esporos de um fungo do gênero *Fusarium* no interior dos vasos da planta, prejudicando o fluxo de seiva. Para o fungo, essas estruturas são importantes, pois estão relacionadas, **respectivamente**, com
- A) fixação e digestão.
 - B) crescimento e reprodução.
 - C) dispersão e toxicidade.
 - D) armazenamento e respiração.
03. A atividade das minhocas favorece a agricultura, pois reduz a compactação e facilita a aeração do solo. Entretanto, em função das características climáticas do semi-árido nordestino, o uso de minhocas na lavoura não é recomendado devido à baixa sobrevivência desses animais na região. Isso ocorre porque há
- A) aumento da absorção de gás carbônico, aumentando o metabolismo.
 - B) redução da difusão de oxigênio, aumentando a de gás carbônico.
 - C) redução da concentração do sangue, diminuindo a difusão de oxigênio.
 - D) aumento da desidratação, prejudicando a respiração.
04. O uso de óleos vegetais na preparação de alimentos é recomendado para ajudar a manter baixo o nível de colesterol no sangue. Isso ocorre porque esses óleos
- A) têm pouca quantidade de glicerol.
 - B) são pouco absorvidos no intestino.
 - C) são pobres em ácidos graxos saturados.
 - D) têm baixa solubilidade no líquido extracelular.
05. Embora seja visto como um vilão, o colesterol é muito importante para o organismo humano porque ele é
- A) precursor da síntese de testosterona e progesterona.
 - B) agente oxidante dos carboidratos.
 - C) responsável pela resistência de cartilagens e tendões.
 - D) co-fator das reações biológicas.

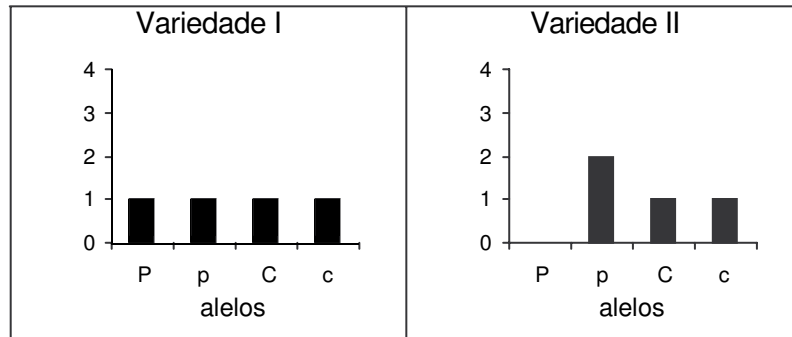
Responda às questões 6 e 7 de acordo com as informações abaixo.

O cruzamento entre plantas de variedades diferentes de uma mesma espécie é muito utilizado para a obtenção de cultivares mais produtivos.

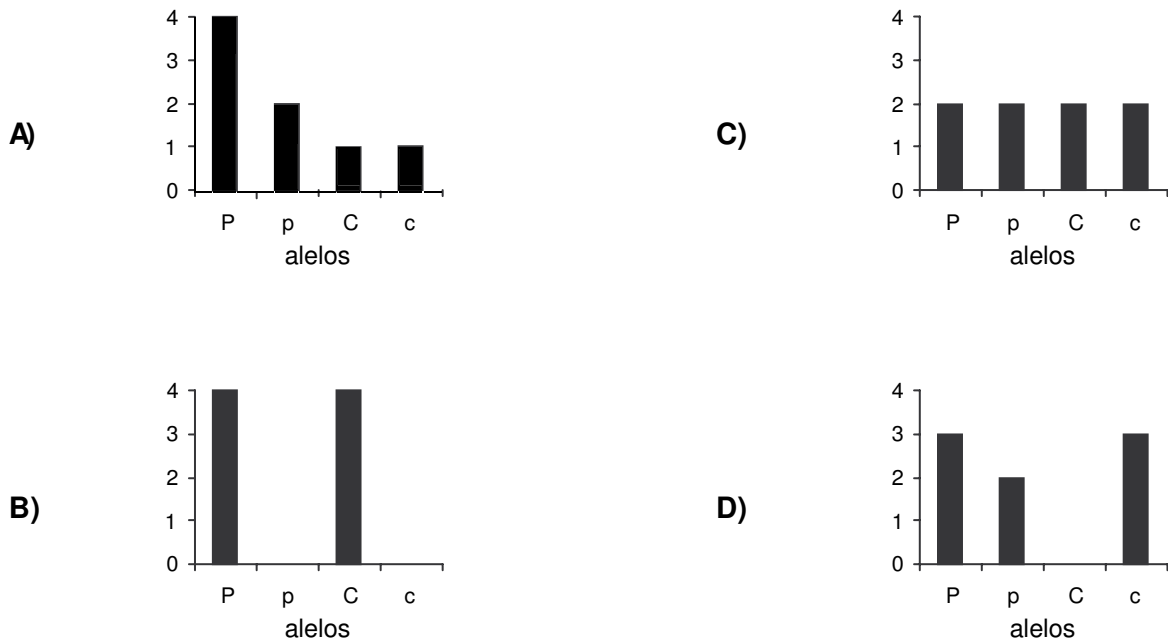
Dois espécimes de variedades diferentes de uma planta oleaginosa foram cruzados visando à obtenção de uma variedade mais resistente à seca. Considere que duas das características dessa planta, referentes à folha e à semente, são definidas por alelos segregados independentemente, conforme a tabela abaixo.

P - semente com “pêlos”	C - folha coberta com cera
p - semente lisa	c - folha sem cera

Os gráficos abaixo mostram a composição dos alelos para essas duas características nas plantas parentais.



06. O gráfico que representa o número de alelos encontrados na mitose de uma célula obtida de uma planta resultante do cruzamento entre os parentais acima é:



- 07.** Das combinações possíveis resultantes do cruzamento entre esses mesmos parentais, o fenótipo que apresenta o maior número de genótipos possíveis é
- A)** semente com “pêlos”.
 - B)** semente lisa.
 - C)** folha sem cera.
 - D)** folha com cera.
- 08.** Devido à maior proximidade da linha do Equador, o Nordeste do Brasil recebe uma elevada incidência de radiação ultravioleta (UV), o que torna a população dessa região mais propensa ao câncer de pele. Essa doença ocorre porque as células do tecido epitelial multiplicam-se com muita frequência, ficando mais vulneráveis à ação dos raios UV existentes na luz solar. Essa maior vulnerabilidade decorre da
- A)** replicação acentuada do DNA, tornando-o mais susceptível às mutações.
 - B)** inserção de nucleotídeos no genoma, retardando a duplicação do DNA.
 - C)** inversão de bases no DNA, prejudicando a transcrição para RNA.
 - D)** substituição de nucleotídeos no RNA, impedindo a formação de radicais livres.
- 09.** Embora o excesso de radiação UV possa provocar câncer, uma certa quantidade dessa radiação é necessária para a saúde, porque ela está relacionada com a
- A)** transformação de um derivado do colesterol em calciferol.
 - B)** absorção do ácido fólico encontrado nos alimentos.
 - C)** síntese da vitamina K, que atua na coagulação sanguínea.
 - D)** ativação da vitamina E, que inibe as reações de oxidação.
- 10.** A incidência da radiação UV sobre a Terra é atenuada pela ação das moléculas de ozônio existentes na alta atmosfera. A redução da camada de ozônio existente em algumas regiões da atmosfera
- A)** aumenta a concentração de CFCs no ar.
 - B)** intensifica o degelo das regiões polares.
 - C)** aumenta a mortalidade de microrganismos.
 - D)** intensifica o efeito de queimadas e incêndios.
- 11.** A retenção pela atmosfera dos raios infravermelhos (IV) da radiação solar contribui para o aumento da temperatura da Terra. Uma consequência desse fenômeno é a elevação do nível do mar, o que, por sua vez, aumenta a erosão costeira. O material que resulta desse processo, ao ser carregado para o oceano, pode ficar em suspensão ou depositar-se no fundo. Essa situação altera a vida nos ecossistemas costeiros porque
- A)** favorece bactérias nitrificantes, aumentando a frequência de marés vermelhas.
 - B)** obstrui as raízes penetrantes de árvores do mangue, prejudicando a respiração.
 - C)** aterra baías, favorecendo a reprodução indiscriminada de peixes.
 - D)** diminui a fotossíntese, provocando a morte do zooplâncton.

12. O excesso de radiação solar também pode provocar queimaduras na pele. Esse tipo de lesão acarreta perda de água dos tecidos, que, por sua vez, retiram água do sangue. Para prevenir a perda excessiva de água do sangue para os tecidos, o organismo conta com a ação das proteínas sanguíneas, principalmente da albumina, que agem
- A) reduzindo a quantidade de íons na composição do sangue.
 - B) diminuindo a permeabilidade da membrana das células dos vasos.
 - C) aumentando a absorção de água no líquido intersticial.
 - D) elevando a pressão osmótica do plasma sanguíneo.
13. A recuperação da pele queimada ocorre em função da maior proliferação das células epiteliais. Uma característica da multiplicação dessas células é
- A) o número de cromossomos ser reduzido com o aumento do número de células.
 - B) a divisão do citoplasma ocorrer por estrangulamento da membrana plasmática.
 - C) a formação do fuso mitótico não influenciar na migração dos cromossomos.
 - D) o conteúdo de DNA da célula ser aumentado durante a fase G1 da intérfase.
14. Um dos benefícios do uso da radiação é o tratamento de tumores com raios gama. Um homem em tratamento com radioterapia, para combater um tumor no sistema nervoso, apresentava paralisia em um dos lados do corpo (hemiplegia). Essa paralisia ocorreu porque o tumor provavelmente havia afetado
- A) os nervos do sistema simpático.
 - B) um dos hemisférios cerebrais.
 - C) os nervos do sistema parassimpático.
 - D) a porção lombar da medula espinhal.
15. A extremidade do axônio da célula nervosa apresenta grande atividade metabólica durante a passagem do impulso nervoso para os dendritos da célula seguinte. Essa atividade metabólica elevada é possível devido à presença de um grande número de
- A) mitocôndrias.
 - B) ribossomos.
 - C) vacúolos.
 - D) lisossomos.

Biologia

Matemática

Processo Seletivo

2006

4^a dia

INSTRUÇÕES

1	Escreva seu Número de Inscrição neste retângulo:
2	Este Caderno contém 30 questões de múltipla escolha, assim distribuídas: 01 a 15 ≡ Biologia; 16 a 30 ≡ Matemática.
3	Quando o Fiscal autorizar, confira se este Caderno está completo e se não apresenta imperfeição gráfica que dificulte a leitura. Se você verificar algum problema, peça imediatamente ao Fiscal que substitua o Caderno.
4	Cada questão apresenta quatro opções de resposta, das quais só uma é correta.
5	Interpretar as questões faz parte da avaliação; portanto, não adianta pedir esclarecimentos aos Fiscais.
6	Utilize exclusivamente a Caneta entregue pelo fiscal, até mesmo para fazer rascunhos.
7	Utilize qualquer espaço deste Caderno para rascunhos e não destaque nenhuma folha.
8	O tempo máximo de que você dispõe para responder às questões (incluindo as discursivas) e preencher a Folha de Respostas são quatro horas e meia.
9	O preenchimento da Folha de Respostas é de sua inteira responsabilidade.
10	Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao Fiscal a Folha de Respostas, os dois Cadernos e a Caneta.

01. Os cupins termitídeos apresentam a capacidade de digerir celulose, enquanto os de outras famílias dependem da presença de protozoários no interior do intestino para quebrar a celulose.

Essa relação entre o cupim e o protozoário é denominada

- A) inquilinismo.
- B) amensalismo.
- C) parasitismo.
- D) mutualismo.

02. Algumas espécies de cupim, por alimentarem-se de madeira seca, podem tornar-se pragas para os moradores das cidades porque destroem, entre outras coisas, móveis, livros e madeira de telhados.

No entanto, essas espécies são necessárias ao meio ambiente porque atuam nele como:

- A) predadores.
- B) produtores.
- C) decompositores.
- D) competidores.

03. Machos e fêmeas reprodutores de cupins originam-se de ninfas. Assim sendo, os cupins devem ser incluídos no grupo de insetos de metamorfose:

- A) completa, pois, no ciclo de vida, ocorre a presença de larvas.
- B) incompleta, pois as ninfas são formas semelhantes aos adultos.
- C) ausente, pois as larvas se desenvolvem diretamente em adultos.
- D) total, pois o desenvolvimento se inicia com a formação de ninfas.

04. Algumas espécies de cupim são consideradas subterrâneas em virtude da capacidade de construírem túneis, dentro dos quais normalmente circulam. Uma outra característica dessas espécies é a presença de abdome mole, pois, nessa parte do corpo, o exoesqueleto contém um baixo teor de quitina.

Diante disso, a capacidade de construir túneis que essas espécies apresentam constitui-se numa adaptação que lhes permite:

- A) prevenir a perda de água do organismo.
- B) conservar o alimento coletado pelos operários.
- C) sobreviver em regiões muito frias.
- D) favorecer a postura de ovos pela rainha.

05. O aumento das infestações por cupins em casas e prédios pode ser resultante da ação do homem sobre o ambiente e das características biológicas desses animais. A combinação de fatores que melhor explica esse aumento de infestações nas cidades é:

- A) facilidade de reprodução e organização dos indivíduos em diferentes castas.
- B) eliminação de predadores e maior número de machos reprodutores na colônia.
- C) disponibilidade de alimento e facilidade para instalação de novas colônias.

D) presença de numerosos indivíduos operários e maior proteção do ninho.

06. Os tipos de sociedade encontrados em cupins, abelhas e formigas incluem grande número de indivíduos não reprodutores com funções especializadas.

Uma característica comum a essas sociedades é a:

- A) migração de operários para as novas colônias, que facilmente se estabelecem.
- B) semelhança genética, com alto grau de parentesco entre os membros da colônia.
- C) ocorrência de endogamia, o que contribui para a formação de novas colônias.
- D) alternância entre ciclos de reprodução sexuada e partenogênese na colônia.

07. Os fios produzidos pelos bichos-da-seda e pelas aranhas são constituídos de proteínas.

Considerando-se a grande quantidade de fio utilizada para produzir um casulo ou uma teia, as células das glândulas fiandeiras desses animais devem:

- A) acelerar a síntese das enzimas que realizam a transcrição do RNA.
- B) duplicar o trecho do DNA correspondente às proteínas necessárias.
- C) gerar muitas cópias dos RNAm codificadores dessas proteínas.
- D) intensificar o processo de tradução dos trechos de DNA em RNAm.

08. É correto afirmar que as proteínas existentes nos fios produzidos, tanto pelos bichos-da-seda quanto pelas aranhas, exercem função:

- A) estrutural.
- B) nutritiva.
- C) defensiva.
- D) reguladora.

09. A vacinação é muito eficaz na prevenção de doenças virais, como a poliomielite e o sarampo. No entanto, a eficácia das vacinas diminui quando são aplicadas em indivíduos que não se alimentam adequadamente.

Uma explicação para esse fato é que, nesses indivíduos, ocorre:

- A) contato mais freqüente com os agentes causadores das doenças.
- B) produção menor de anticorpos contra o componente da vacina.
- C) carência de vitaminas, como a C e a E, sujeitando-os a infecções.
- D) queda na multiplicação de hemácias e leucócitos na medula óssea.

10. Dentre os métodos anticoncepcionais existentes, um dos menos eficazes é o da "tabelinha", que apresenta quase 40% de falhas, ao contrário do uso da pílula, que atinge quase 100% de eficácia.

A elevada margem de erro causada pelo uso da "tabelinha" está ligada à fisiologia da reprodução humana e decorre principalmente:

- A) das variações na duração do ciclo menstrual ao longo da vida da mulher.
- B) da prolongada sobrevivência dos espermatozóides após a ejaculação.
- C) da grande possibilidade de haver a liberação simultânea de mais de um óvulo.
- D) das diferentes concentrações de hormônios esteróides durante o ciclo menstrual.

11. A espécie humana faz parte do filo dos cordados, que reúne animais com várias

características em comum.

A principal delas é a presença de

- A) coluna vertebral constituída de blocos ósseos alinhados próximo à notocorda.
- B) notocorda em forma de bastonete, encontrada durante o desenvolvimento embrionário.
- C) cordão nervoso dorsal oco, que, nos adultos, é conhecido como notocorda vestigial.
- D) notocorda que origina o sistema nervoso central, situada na região ventral do embrião.

12. A capacidade de diferenciação de uma célula vai diminuindo à medida que o desenvolvimento do embrião avança. Tendo em vista essa informação, considere o corte transversal de um embrião de mamífero esquematizado ao lado.

A opção de resposta cujos números correspondem, respectivamente, às estruturas que darão origem ao tecido cardíaco e às células nervosas é:

- A) 7 e 2
- B) 6 e 8
- C) 5 e 3
- D) 4 e 1



13. A terapia com células-tronco retiradas do próprio indivíduo está isenta dos questionamentos éticos que envolvem o uso de embriões.

No entanto, esse tipo de terapia é inadequado para tratar doenças genéticas desse indivíduo porque

- A) essas células serão rejeitadas no implante devido ao encontro dos genes alterados.
- B) essas células apresentam genes inativos, prejudicando a recomposição do tecido lesado.
- C) a redução dos cromossomos pela meiose impede a regeneração de órgãos e tecidos.
- D) a constituição do genoma dessas células é semelhante à do tecido a ser recuperado.

14. As células animais apresentam muita semelhança com as células vegetais - e mesmo com as bactérias -, embora nem todas as características sejam comuns entre elas.

Uma estrutura comum às células de organismos dos três reinos citados e uma que é exclusiva de vegetais e bactérias são, respectivamente,

- A) ribossomos e parede celular.
- B) membrana plasmática e centríolos.
- C) citoesqueleto e retículo endoplasmático.
- D) cílios e membranas fotossintetizantes.

15. A respiração é um processo presente em todos os organismos e atua quebrando compostos orgânicos, como a glicose, para liberar energia. Por sua vez, a fotossíntese é realizada por organismos clorofilados e absorve energia para sintetizar glicose.

Embora atuem em sentido inverso, as reações que ocorrem durante esses dois

processos têm em comum

- A) a dependência do funcionamento do ciclo de Krebs.
- B) o elevado saldo final de moléculas de ATP.
- C) o envolvimento de citocromos transportadores de elétrons.
- D) a influência do gás carbônico como fator limitante.

Processo Seletivo 2007

Biologia *Matemática*

de dia

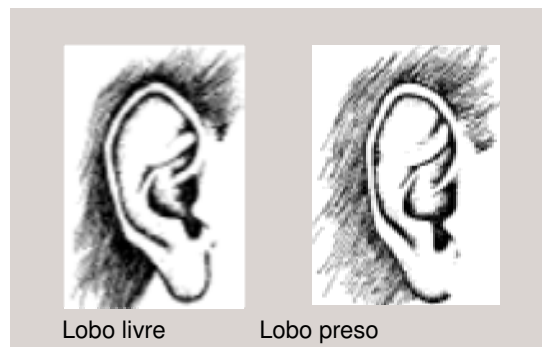
Instruções

1	Escreva seu Número de Inscrição neste retângulo:	
2	Confira se este Caderno contém 30 questões de múltipla escolha, assim distribuídas: 01 a 15 BIOLOGIA ; 16 a 30 MATEMÁTICA .	
3	Se o Caderno estiver incompleto ou contiver imperfeição gráfica que prejudique a leitura, peça imediatamente ao Fiscal que o substitua.	
4	Cada questão apresenta quatro opções de resposta, das quais só uma é correta.	
5	Interpretar as questões faz parte da avaliação; portanto, não adianta pedir esclarecimentos aos Fiscais.	
6	Use exclusivamente a caneta que o Fiscal lhe entregou quando preencher a Folha de Respostas, fizer rascunhos, etc.	
7	Utilize qualquer espaço deste Caderno para rascunhos e não destaque nenhuma folha.	
8	O tempo máximo de que você dispõe para responder às questões (incluindo as discursivas) e preencher a Folha de Respostas são quatro horas e meia.	
9	O preenchimento da Folha de Respostas é de sua inteira responsabilidade.	
10	Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao Fiscal a Folha de Respostas, os dois Cadernos de questões e a caneta.	

01. A figura ao lado apresenta os tipos de lobo da orelha, uma característica que é determinada pelos alelos **E** (livre ou descolado) e **e** (preso ou colado).

Os genótipos possíveis para os tipos de lobo da orelha são

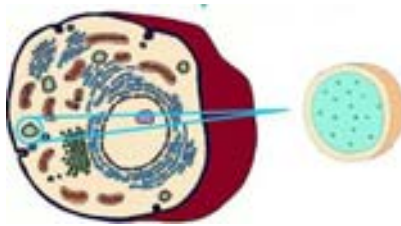
- A) E, e, Ee.
- B) EE, ee.
- C) Ee, ee.
- D) EE, Ee, ee.



02. Uma pesquisa realizada em regiões sem saneamento básico constatou que crianças que vivem nessas condições têm mais chances de contrair diarreia crônica. A diarreia é um sinal clínico predominante nas doenças relacionadas à deficiência de saneamento e também o sintoma mais freqüente de diversas doenças transmitidas por protozoários e helmintos. Geralmente essas doenças são contraídas por meio
- A) do contato com vetores animais.
 - B) da ingestão de água e alimentos contaminados.
 - C) do contato direto com o parasito.
 - D) da convivência com indivíduos contaminados.
03. Em Natal, vários poços utilizados na distribuição de água têm apresentado contaminação por nitratos, substâncias que podem causar prejuízos à saúde, como a formação de metemoglobina em crianças. Considerando-se que grande parte do município ainda não dispõe de rede de esgoto, a maior parte dos nitratos encontrados na água de poços contaminados resulta da
- A) concentração elevada de coliformes fecais nas fossas e sumidouros.
 - B) utilização de detergentes não-degradáveis na lavagem de utensílios.
 - C) ação de microrganismos sobre resíduos do metabolismo das proteínas.
 - D) redução do nível do lençol freático durante os meses quentes do ano.
04. Uma proteína X codificada pelo gene Xp é sintetizada nos ribossomos, a partir de um RNAm. Para que a síntese aconteça, é necessário que ocorram, no núcleo e no citoplasma, **respectivamente**, as etapas de
- A) iniciação e transcrição.
 - B) iniciação e terminação.
 - C) tradução e terminação.
 - D) transcrição e tradução.

05. Nosso sistema imunológico funciona como um exército em uma guerra realmente necessária. Há células-soldado, sempre prontas para uma defesa imediata ao encontrar um inimigo, e células-estrategistas, que, primeiro, reconhecem o inimigo e, depois, preparam as melhores armas para destruí-lo. Essas células são, **respectivamente**,
- A) neutrófilos e linfócitos.
 - B) linfócitos e basófilos.
 - C) monócitos e neutrófilos.
 - D) basófilos e monócitos.

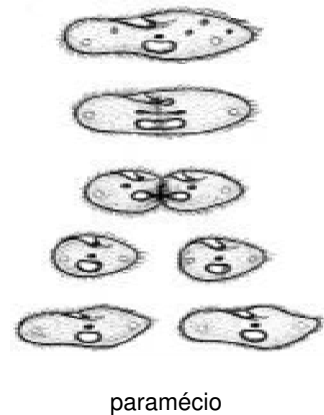
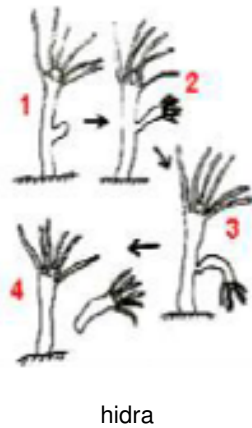
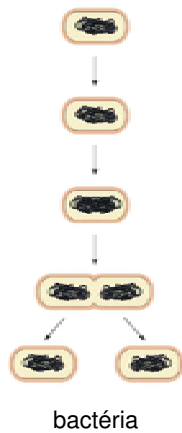
06. Na figura abaixo, a organela citoplasmática em destaque é uma vesícula cheia de enzimas que desempenha funções importantes na célula eucariótica.



O nome dessa organela e duas ações resultantes do seu funcionamento estão relacionados na seguinte opção:

- A) Lisossomo → digestão de microrganismos e autodissolução celular.
 - B) Glioxissomo → renovação celular e apoptose.
 - C) Peroxissomo → conversão do H_2O_2 e autólise.
 - D) Golgiossomo → armazenamento de proteínas e movimentação ciliar.
07. O câncer do colo do útero é um grave problema de saúde da mulher. Essa doença pode estar associada ao papilomavírus humano (HPV), um agente sexualmente transmissível que também causa o condiloma acuminado, popularmente conhecido como cavalo-de-crista. Uma maneira eficaz de prevenir a infecção pelo HPV é
- A) aplicar cremes espermicidas antes das relações sexuais.
 - B) usar preservativo de borracha (camisinha) nas relações sexuais.
 - C) adotar a prática conhecida como coito interrompido.
 - D) tomar uma dose de antibióticos até 24 horas após a relação sexual.
08. Um professor de Biologia e sua turma coletaram água numa lagoa. Entre os organismos coletados, estavam amebas, paramécios e hidras, os quais são classificados, **respectivamente**, nos reinos
- A) Protista, Monera e Plantae.
 - B) Protista, Protista e Animalia.
 - C) Monera, Animalia e Fungi.
 - D) Monera, Monera e Plantae.

09. Bactérias, hidras e paramécios são organismos que apresentam reprodução assexuada.



Na figura acima, o tipo de reprodução de cada um desses organismos é, **respectivamente**,

- A) conjugação, esporulação e conjugação.
 - B) conjugação, brotamento e conjugação.
 - C) divisão simples, brotamento e divisão simples.
 - D) divisão simples, esporulação e divisão simples.
10. A reprodução sexuada de animais e plantas necessita de adaptações específicas para essa finalidade. Nas plantas, os grãos de pólen e os óvulos desempenham as mesmas funções que, nos animais, são exercidas, respectivamente, por espermatozóides e óvulos. As estruturas dos vegetais que desempenham funções semelhantes às dos testículos e às da vagina nos animais são, **respectivamente**,
- A) pistilo e estame.
 - B) filete e corola.
 - C) antera e estigma.
 - D) estilete e oosfera.
11. Durante o ciclo menstrual, ocorre o espessamento do endométrio, a camada interna do útero. Esse espessamento é necessário para a gravidez porque
- A) fornece nutrientes para os espermatozóides.
 - B) aumenta a produção do hormônio ocitocina.
 - C) garante o ambiente adequado para a fecundação.
 - D) proporciona um local para implantação do embrião.

12. Em duas regiões geograficamente distintas, são encontradas diferentes espécies de aves de uma mesma família. Na região I, ocorre a presença de 5 espécies; na II, são encontradas 3 espécies. Uma possível explicação para essa diferença quanto ao número de espécies entre as duas regiões é o fato de a região
- A) I ter maior variedade de frutos.
 - B) II ter maior quantidade de grãos.
 - C) I ter menor número de aves.
 - D) II ter menor número de predadores.
13. As técnicas de engenharia genética possibilitaram a produção de grandes quantidades de insulina por bactérias que receberam o gene humano para esse hormônio. Tal feito só foi possível pelo emprego das enzimas de restrição, que agem
- A) traduzindo o gene da insulina para o código genético da bactéria.
 - B) ligando o pedaço do DNA humano no DNA da bactéria.
 - C) identificando os aminoácidos codificados pelo gene.
 - D) cortando o DNA da bactéria em pontos específicos.
14. Em cada momento, uma grande parte do carbono que compõe o corpo de todos os seres vivos já esteve antes na atmosfera, e a ela volta na forma de dióxido de carbono (CO_2).
- Durante o ciclo do carbono na natureza, um dos processos que garantem o retorno do carbono desses organismos para o ambiente abiótico é a
- A) oxidação de nutrientes durante a respiração celular.
 - B) formação de moléculas complexas, como a glicose.
 - C) combinação desse elemento com o hidrogênio do ar.
 - D) ligação com átomos de nitrogênio para formar proteínas.
15. Durante o processo de fotossíntese, a ação da luz sobre a clorofila libera elétrons que são capturados por uma cadeia transportadora.
- Durante esse **processo de transporte**, ocorre
- A) formação de quantidades elevadas do aceptor NADP^+ a partir da captura de elétrons e prótons.
 - B) transferência dos elétrons entre moléculas organizadas em ordem decrescente de energia.
 - C) fotólise de moléculas de CO_2 que liberam elétrons e cedem o carbono para a formação da glicose.
 - D) quebra da molécula de água a partir da conversão de ATP em ADP, com liberação de prótons.

Instruções

- 1** Confira se os dados contidos na parte inferior desta capa estão corretos e, em seguida, assine no espaço reservado para isso.
- 2** Verifique se este Caderno contém 60 questões de múltipla escolha, distribuídas de acordo com o quadro a seguir:

<i>Química</i>	<i>01 a 12</i>
<i>Biologia</i>	<i>13 a 24</i>
<i>Física</i>	<i>25 a 36</i>
<i>Matemática</i>	<i>37 a 48</i>
<i>Língua Estrangeira (Francês)</i>	<i>49 a 60</i>
- 3** Se o Caderno estiver incompleto ou contiver Imperfeição gráfica que prejudique a leitura, peça imediatamente ao Fiscal que o substitua.
- 4** Cada questão apresenta quatro opções de resposta, das quais apenas uma é correta.
- 5** Interpretar as questões faz parte da avaliação; portanto, não adianta pedir esclarecimentos aos Fiscais.
- 6** Para preencher a Folha de Respostas, fazer rascunhos, etc., use exclusivamente a Caneta que o Fiscal lhe entregou.
- 7** Utilize qualquer espaço em branco deste Caderno para rascunhos e não destaque nenhuma folha.
- 8** Os rascunhos e as marcações feitas neste Caderno não serão considerados para efeito de avaliação.
- 9** Você dispõe de, no máximo, quatro horas e meia para responder às questões e preencher a Folha de Respostas.
- 10** Antes de retirar-se definitivamente da sala, devolva ao Fiscal a Folha de Respostas, este Caderno e a Caneta.

Assinatura do Candidato: _____

Questão 01

De acordo com os cientistas, ações realizadas pelo ser humano, como as queimadas e o uso dos automóveis, seriam uma das causas do aquecimento global. O aumento da criação intensiva das várias espécies de organismos aeróbios também contribui para esse fenômeno. Isso se justifica pelo fato de esses organismos

- A) dissiparem, para o meio ambiente, a energia obtida da glicose.
- B) consumirem quantidades elevadas de oxigênio.
- C) produzirem calor em decorrência da atividade muscular.
- D) eliminarem gás carbônico como resíduo metabólico.

Questão 02

A ração para bovinos, caprinos e ovinos geralmente é preparada apenas com produtos vegetais. Já a ração para cães e gatos apresenta também carne, fígado e osso. Na ração destas duas últimas espécies, a inclusão de produtos de origem animal é necessária porque

- A) a celulose contida na ração de cães e gatos prejudica o aproveitamento das vitaminas.
- B) o tubo digestivo de cães e gatos digere produtos vegetais de forma pouco eficiente.
- C) as proteínas vegetais não são absorvidas pelo intestino de animais carnívoros.
- D) os produtos vegetais não têm gordura e possuem baixo teor energético.

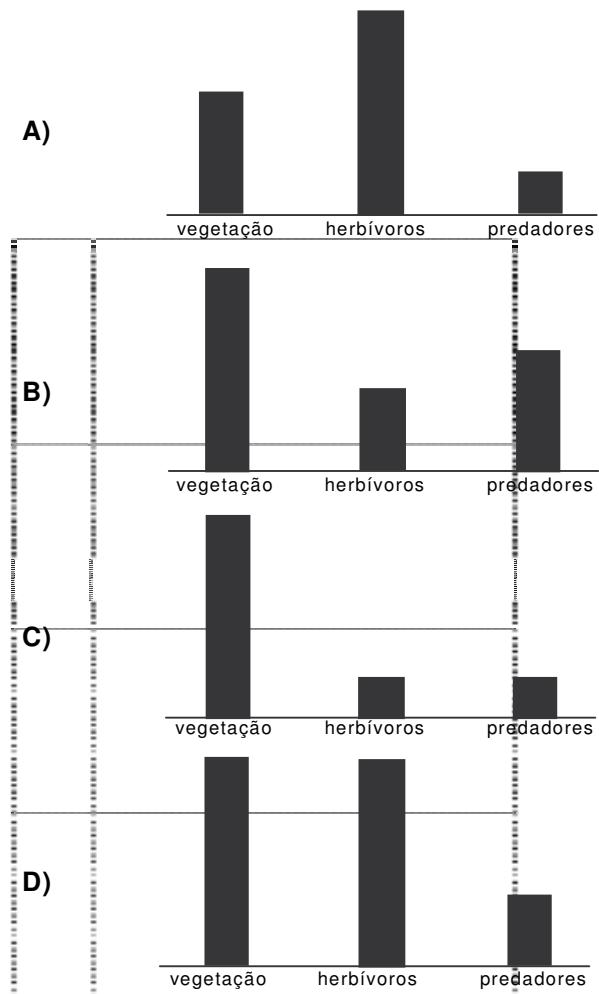
Questão 03

Para aumentar a produção de frutos com polpa mais macia e doce, um agricultor plantou sementes de árvores cujos frutos tinham essas características. Entretanto, um efeito inesperado que o agricultor observou foi a baixa estatura das plantas nascidas dessas sementes. Uma explicação para esse fenômeno pode ser

- A) a inibição do geotropismo negativo das raízes.
- B) o aumento do tempo de germinação das sementes.
- C) a menor sensibilidade das células à ação das auxinas.
- D) o aumento do efeito do etileno nos brotos.

Questão 04

Um vírus letal atingiu os predadores de uma área de caatinga. O esquema que **melhor representa** a proporção esperada para a pirâmide populacional dessa região, **após a ação do vírus** sobre a população de predadores, é:



Questão 05

A diferença de tamanho entre animais como um boi e um rato adultos deve-se ao número, e não ao tamanho das células. Isso acontece porque o tamanho da célula é limitado pela

- A) grande quantidade de organelas acumuladas no desenvolvimento da célula.
- B) quantidade de proteínas produzidas ao longo da vida da célula.
- C) relação entre o número de cromossomos e o conteúdo de DNA da célula.
- D) extensão da membrana celular em relação ao conteúdo da célula.

Questão 06

Desde o surgimento da vida na Terra, as mudanças climáticas têm acarretado não só a extinção mas também o surgimento de muitas espécies. Segundo os especialistas, o aquecimento global fará com que a temperatura média da Terra sofra uma elevação significativa durante o século XXI. Com essa mudança climática, é provável que a extinção das espécies existentes seja maior do que o surgimento de novas espécies.

Isso aconteceria porque a especiação depende de que

- A) haja tempo suficiente para que ocorram as adaptações.
- B) existam climas amenos e com pouca variação.
- C) aumente a população de organismos produtores.
- D) seja mantida a proporção entre genes dominantes e recessivos.

Questão 07

Ao avaliar uma espécie de gramínea existente numa área que seria destinada a pastagem, um agrônomo observou que a população era constituída de 60% de plantas com folhas largas e que o restante eram plantas com folhas estreitas. O agrônomo concluiu, então, que, nessa população de gramíneas,

- A) a proporção de plantas indicava a existência de polialelia.
- B) o gene produtor de folhas largas era dominante.
- C) o mecanismo de herança não obedecia às leis de Mendel.
- D) a frequência de genes produtores de folhas largas era maior.

Questão 08

Em uma região de mata, um dos efeitos causados pela redução da quantidade de chuva é o prejuízo à reprodução dos vegetais.

O grupo vegetal cuja reprodução é **mais prejudicada** pela redução da quantidade de chuva é o das

- A) fanerógamas.
- B) angiospermas.
- C) monocotiledôneas.
- D) briófitas.

Questão 09

A betaglobina, uma das unidades protéicas que formam a hemoglobina, é sintetizada nas células vermelhas do sangue, durante sua formação na medula óssea. Embora o material genético das hemácias se perca quando elas se tornam adultas, o gene da betaglobina ainda pode ser estudado, pois

- A) a expressão gênica é igual em todas as células do sangue.
- B) ele também é encontrado nos leucócitos.
- C) o código genético é degenerado nas células sanguíneas.
- D) seu códon ainda está ativo nas hemácias.

Questão 10

Ao comermos batata-doce, macaxeira ou inhame, ingerimos células ricas em amido. Nos animais, a função biológica equivalente à dessas células vegetais é desempenhada pelas células

- A) epiteliais.
- B) endócrinas.
- C) adiposas.
- D) musculares.

Questão 11

Uma das diferenças entre homem e mulher é o número de cópias dos genes dos cromossomos X, pois a mulher tem duas cópias de cada gene e o homem, apenas uma. Considerando-se a quantidade de proteína que é produzida a partir desse cromossomo, pode-se afirmar:

- A) O homem produz mais proteína que a mulher, devido à estimulação induzida pela testosterona.
- B) A mulher produz duas vezes mais proteína que o homem, pois ela apresenta dois cromossomos X.
- C) O homem produz menos proteína que a mulher, pois, nele, um corpúsculo de Barr está inativado.
- D) A mulher produz a mesma quantidade de proteína que o homem, pois, nela, um dos cromossomos X está inativado.

Questão 12

A Doença de Chagas, cujo agente etiológico é o protozoário *Trypanosoma cruzi*, é uma das mais graves endemias brasileiras. A transmissão do parasita pode ocorrer

- A)** quando se entra em contato com a urina de rato.
- B)** por meio da picada do mosquito flebotomíneo.
- C)** quando se recebe uma transfusão sanguínea.
- D)** ao se tomar banho em água contaminada.