

RISONILTA GERMANO BEZERRA DE SÁ

UM ESTUDO SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DE RESPIRAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) Nível de Mestrado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências (área de Concentração: Ensino de Biologia).

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Zélia Maria Soares Jófili

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão

Recife, 2007

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

S111u Sá, Risonilta Germano Bezerra de
Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração /
Risonilta Germano Bezerra de Sá. -- 2007.
161 f.: il.

Orientadora: Zélia Maria Soares Jófili
Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento
de Educação.

Inclui anexo, apêndice e bibliografia.

CDD 574. 07

1. Aprendizagem
 2. Respiração
 3. Metabolismo energético
 4. Formação de conceito
 5. Concepção alternativa
 6. Perfil conceitual
 7. Evolução - estudo e ensino
- I. Jófili, Zélia Maria Soares
 - II. Título

RISONILTA GERMANO BEZERRA DE SÁ

UM ESTUDO SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DE RESPIRAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores (as):

Zélia Maria Soares Jófili, PhD
Orientadora - UFRPE

Maria Tereza dos Santos Correia, Dr^a.
Examinadora externa – UFPE

Edênia Maria Ribeiro do Amaral, Dr^a
Examinadora interna - UFRPE

Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão, Dr^a
Examinadora interna - UFRPE

Dissertação aprovada no dia 06/02/2007 no Departamento de Educação da UFRPE.

DEDICO

A Deus, que está sempre presente em minha vida.

Aos meus pais Rita Maria Bezerra e Austrino Germano Bezerra por todo amor e dedicação durante toda minha vida.

Aos meus irmãos Austrino Germano Bezerra Filho e Alcino Germano Bezerra pelo amor e carinho.

Aos meus filhos Bruno Germano, Poliana Germano e Amanda Germano pela subtração das horas que deveriam ser dedicadas a eles.

A meu esposo Mozart Robério de Sá Siqueira pela paciência e colaboração durante o período deste estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino nas Ciências da UFRPE, pela acolhida em seu corpo discente.

As professoras, orientadoras e companheiras Zélia Maria Soares Jófili e Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão, por acreditarem na possibilidade da realização deste trabalho, pelo apoio, atenção, paciência e carinho nos momentos mais difíceis e pelos ensinamentos na condução deste trabalho.

Aos Coordenadores do Programa, Professores Edênia Maria Ribeiro do Amaral e Marcelo Brito Carneiro Leão pela atenção, colaboração, incentivo e apoio com que nos acolheram no Programa.

À Professora Rosane Maria Alencar da Silva pela contribuição de grande importância na qualificação do projeto de dissertação.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, pela dedicação na formação dos mestrandos.

Aos amigos(as) professores da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco e Secretaria de Educação e Cultura do Recife, pela longa caminhada e companheirismo no exercício da profissão.

Aos estudantes que fazem parte da minha jornada de vida onde muitos se tornaram grandes e especiais amigos.

À minha querida amiga Fernanda Muniz Brayner Lopes pelo incentivo, companheirismo, carinho, atenção e palavras de encorajamento durante a realização deste trabalho.

A todos os amigos do curso, que contribuíram para que a turma fosse considerada especial. Foi maravilhoso compartilhar com todos, esse período do curso.

Verdade

A porta da verdade estava aberta,
mas só deixava passar
meia pessoa de cada vez.

Assim não era possível atingir toda a verdade,
porque a meia pessoa que entrava
só trazia o perfil de meia verdade.
E sua segunda metade
voltava igualmente com meio perfil.
E os meios perfis não coincidiam.

Arrebentaram a porta. Derrubaram a porta.
Chegaram ao lugar luminoso
onde a verdade esplendia seus fogos.
Era dividida em metades
diferentes uma da outra.

Chegou-se a discutir qual a metade mais bela.
Nenhuma das duas era totalmente bela.
E carecia optar. Cada um optou conforme
seu capricho, sua ilusão, sua miopia.

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

Este estudo teve como ponto de partida a idéia de que a formação do conceito evolui respeitando o desenvolvimento biológico e social do indivíduo, podendo ser facilitada pela experiência escolar. O principal objetivo foi traçar um perfil da evolução do conceito de respiração entre estudantes de diferentes modalidades de ensino, a partir da identificação das representações conceituais e das dificuldades de aprendizagem envolvendo esse conceito. Mantivemos um diálogo constante com as teorias vygotskyana (sócio-interacionismo) e piagetiana (epistemologia genética), que explicam a formação de conceitos. Utilizamos ainda a noção de perfil conceitual desenvolvida por Mortimer, onde um único conceito pode estar contido em diferentes formas de pensar. Utilizamos como fonte de informação os dados colhidos em atividades, aplicadas a uma amostra de estudantes de 4ª e 8ª séries do Ensino Fundamental, 3º ano do Ensino Médio, Licenciandos em Biologia e Mestrandos em Bioquímica. Obtivemos um perfil evolutivo do conceito de respiração, permitindo ver a convivência das concepções alternativas entre estudantes que vivenciaram um processo de ensino que trabalha essencialmente com concepções tidas como científicas. É possível perceber o movimento evolutivo a partir da agregação das concepções trabalhadas na escola com as já existentes no pensamento do indivíduo. Esse perfil pode ser um elemento facilitador na avaliação da prática docente e do currículo proposto para as diferentes modalidades de ensino, bem como servir como um instrumento de acompanhamento da aprendizagem do indivíduo.

ABSTRACT

This study had as a start point the idea of that the concepts formation it evolves respecting the biological and social development of the individual and can be facilitated by school experience. The main aim of this research was to outline a profile of breath concept evolution among students of different levels of schooling by identifying their conceptual representations and difficulties in learning this concept. We kept a constant dialogue between vygotskian (socio-interacionism) and piagetian (genetic epistemology) theories, which explain the concept formation. It was also utilized the notion of conceptual profile developed by Mortimer where a single concept can be hold in different ways of thinking. Data was collected from questionnaires applied to a sample of Year 4 and Year 8 pupils; secondary school pupils; biology undergraduate students and post-graduate biochemistry students. It was obtained an evolutive profile of breath concept, allowing observing the coexistence between students' alternative concepts and scientific concepts experienced in science classes. The results make possible to observe the evolution from the aggregation of the students' alternative conceptions with the scientific one worked in the school. This profile can be useful to evaluate teachers' performance, students' learning as well as the curriculum of different modalities of education.

LISTA DE FIGURAS

Figura nº 1 - Proposta de estudo da evolução conceitual numa perspectiva multidimensional (ALZATE, 2001).....	15
Figura nº 2 - Resumo do processo de perturbação através do conflito cognitivo.....	26
Figura nº 3 - Visão de mundo, compreensão, apreensão e troca conceitual.....	43
Figura nº 4 – Representação esquemática sobre as concepções de respiração numa concepção vitalista	50
Figura nº 5 – Representação esquemática sobre as concepções de respiração numa concepção determinista (baseado nos estudos de Alzate, 2001)	50
Figura nº 6 - Evolução das idéias a respeito do campo conceitual da respiração até o séc. XX (baseado em Alzate, 2001)	51
Figura nº 7 - Movimentos respiratórios	53
Figura nº 8 - Trocas gasosas	53
Figura nº 9 - Estrutura química do ATP	56
Figura nº 10 - Representação esquemática dos eventos de síntese de ATP, como parte do metabolismo energético mitocondrial.	57
Figura nº 11 - Esquema dos eventos celulares do metabolismo energético, segundo a concepção de Tortora.....	58
Figura nº 12 – Esquema apresentando a amostra.	63
Figura nº 13 – Atividades dos grupos I e II.	64
Figura nº 14 – Atividades dos grupos III.....	64
Figura nº 15 – Atividades dos grupos IV e V.....	65
Figura nº 16 - Representação pictórica do sistema respiratório por aluno do Ensino Fundamental I.....	70
Figura nº 17 - Modelo conceitual trabalhado na III Etapa	73
Figura nº 18 – Representação mental do sistema respiratório por estudante do Ensino Fundamental II.....	76
Figura nº 19 – Representação esquemática do sistema respiratório. Estudante 1 do Ensino Fundamental I.....	77
Figura nº 20 - Representação esquemática do sistema respiratório. Estudante 1 do Ensino Fundamental II.....	77
Figura nº 21 - Identificação dos órgãos do sistema respiratório em um desenho anatômico - Grupo III Ensino Médio – I Etapa	81
Figura nº 22 - Esquema conceitual sobre respiração construído por estudante de Licenciatura em Biologia.	89
Figura nº 23 – Resposta de estudante de Licenciatura em Biologia referente a resolução de situações-problema.	91
Figura nº 24 - Representação do conceito de respiração de um estudante do curso de Mestrado em Bioquímica.....	96
Figura nº 25 - Esquema de evolução conceitual entre zonas do perfil conceitual e dentro da mesma zona conceitual.....	101
Figura nº 26 – Categorias internas das zonas do perfil conceitual de respiração.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro nº 1 - Resumo das fases do mecanismo de Equilibração.....	25
Quadro nº 2 - Resumo das técnicas utilizadas por Vygotsky segundo Moreira (1999).....	31
Quadro nº 3 – dificuldades de aprendizagem no ensino de conceitos em Biologia	48
Quadro nº 4 – Eventos respiratórios	52
Quadro nº 5 - Tipos de respiração segundo Tortora (2001)	54
Quadro nº 6 - Categorias de análise do perfil conceitual de respiração	100

LISTA DE TABELAS

Tabela nº 1 (A, B, C) - Sínteses das respostas dos estudantes do Ensino Fundamental I - 1ª Etapa	68
Tabela nº 2 - Representações a partir do desenho do corpo humano - Ensino Fundamental I.69 I Etapa.....	69
Tabela nº 3 (A, B, C, D, E, F) - Síntese das respostas dos estudantes - Ensino Fundamental I -	71
II Etapa	71
Tabela nº 4 - Explicações dos movimentos e órgãos do sistema respiratório a partir de um modelo conceitual - Ensino Fundamental I – III Etapa	73
Tabela nº 5 (A, B, C): Síntese das respostas dos estudantes Ensino Fundamental II – I Etapa	74
Tabela nº 6 - Representações a partir do desenho do corpo humano - Ensino Fundamental II 75 1ª Etapa.....	75
Tabela nº 7- Síntese das respostas dos estudantes Ensino Fundamental II – II Etapa	78
Tabela nº 8 - Sobre as explicações dos movimentos respiratórios e identificação dos órgãos do sistema respiratório a partir de um modelo conceitual - Ensino Fundamental II – III Etapa... 79	79
Tabela nº 9 - Síntese das respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio – I Etapa.....	82
Tabela nº 10 - Síntese das respostas dos estudantes - do Grupo III Ensino Médio – I Etapa ..	83
Tabela nº 11 - Síntese das respostas dos estudantes – do Grupo III Ensino Médio – I Etapa..	84
Tabela nº 12 - Síntese das respostas dos estudantes – do Grupo III Ensino Médio – II Etapa	85
Tabela nº 13 - Síntese da representação de respiração expressa em mapa conceitual, considerando os processos macro e microscópicos numa visão sistêmica do Grupo IV Licenciandos em Biologia – I Etapa.....	87
Tabela nº 14 - Síntese das respostas da situação–problema A do Grupo IV Licenciandos em Biologia – II Etapa.....	92
Tabela nº 15 - Síntese das respostas da situação – problema B do Grupo IV Licenciandos em Biologia – II Etapa.....	92
Tabela nº 16 – Síntese das respostas dos estudantes sobre o fenômeno respiratório pulmonar e o metabolismo energético a partir dos processos macroscópicos e microscópicos envolvidos nos eventos do Grupo IV Licenciandos em Biologia – III Etapa.....	93
Tabela nº 17 – relação entre conceitos de respiração e metabolismo energético com outros processos biológicos do Grupo IV Licenciandos em Biologia – III Etapa	94
Tabela nº 18 - Síntese da representação de respiração expressa em mapa conceitual, considerando os processos macro e microscópicos numa visão sistêmica do Grupo V Mestrado em Bioquímica – I Etapa.	95
Tabela nº 19 - Síntese das respostas da situação – problema A do Grupo V Mestrado em Bioquímica – II Etapa.....	97
Tabela nº 20 - Síntese das respostas da situação – problema B do Grupo V Mestrado em Bioquímica – II Etapa.....	98
Tabela nº 21 – Síntese das respostas dos estudantes sobre o fenômeno respiratório pulmonar e o metabolismo energético a partir dos processos macroscópicos e microscópicos envolvidos nos eventos do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa.	98
Tabela nº 22 – Relação entre conceitos de respiração e metabolismo energético com outros processos biológicos do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa.	99
Tabela nº 23 (A, B) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Ensino Fundamenta I.....	101

Tabela nº 24 (A,B) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Ensino Fundamental II.....	102
Tabela nº 25 (A, B,) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Ensino Médio.....	102
Tabela nº 26 – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Curso de Licenciatura em Biologia.....	102
Tabela nº 27 (A, B) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Curso de Licenciatura em Biologia.....	103
Tabela nº 28 – Levantamento de concepções alternativas com Mestrandos em Bioquímica	103
Tabela nº 29 (A) – Levantamento de concepções alternativas com Mestrandos em Bioquímica	104

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1 - FORMAÇÃO DE CONCEITOS	19
1. Teorias Cognitivas.....	21
1.1 Epistemologia Genética.....	21
1.2 Teoria Sócio-Interacionista	27
2. Concepções Alternativas	35
3. Evolução Conceitual.....	38
4. Perfil Evolutivo Conceitual	44
4.1 Dificuldades de Aprendizagem	47
CAPÍTULO 2 - CONCEITO DE RESPIRAÇÃO	49
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	60
1. Considerações.....	60
2. Amostra	62
3. Instrumentos	63
4. Procedimentos	65
5. Critérios para Análise dos Dados	66
CAPÍTULO 4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
1. Concepções dos Estudantes do Ensino Fundamental I	67
2. Concepções dos Estudantes do Ensino Fundamental II	74
3. Concepções dos Estudantes do Ensino Médio	80
4. Concepções dos Estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas	86
5. Concepções dos Estudantes do Mestrado em Bioquímica	95
6. Perfil Evolutivo de Respiração.....	100
7. Dificuldades de Aprendizagem	106
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
1. Concepções Alternativas	109
2. Perfil Evolutivo Conceitual	113
3. Dificuldades de Aprendizagem	114
REFERÊNCIAS	117
APÊNDICE A	123
APÊNDICE B	127
APÊNDICE C	131
APÊNDICE D	136
APÊNDICE E.....	143
APÊNDICE F.....	148
ANEXO.....	159
Normas para publicação de artigo	159

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo principal traçar um perfil da evolução do conceito de respiração entre estudantes de vários níveis de escolaridade a partir da identificação de suas representações conceituais da respiração pulmonar e celular.

Desenvolvemos um estudo longitudinal, utilizando como fonte de informação os dados colhidos em atividades aplicadas a amostra de estudantes de 4ª e 8ª séries do Ensino Fundamental, 3º ano do Ensino Médio, Licenciandos em Ciências Biológicas e Mestrandos em Bioquímica.

O que nos motivou a desenvolver este trabalho foi a possibilidade de estudar a evolução conceitual do processo respiratório e perceber como essa construção se dá, considerando as relações das partes com o todo e do universo biológico macro e microscópico.

Acreditamos que ao estudar a evolução das idéias sobre respiração, nas diferentes fases da formação acadêmica do indivíduo, é possível analisar as possíveis relações estabelecidas pelos estudantes, entre o clássico processo respiratório pulmonar e os eventos celulares.

Este trabalho pautou-se em três eixos básicos: o desenvolvimento cognitivo individual, a proposta de um perfil evolutivo para o conceito de respiração e a identificação das dificuldades na formação do mesmo conceito.

Em relação ao eixo de desenvolvimento cognitivo, buscamos manter um diálogo constante com as teorias vygotskyana (sócio-interacionismo) e piagetiana (epistemologia genética), que explicam a formação de conceitos considerando as concepções que os estudantes trazem ao ingressarem na vida escolar.

Na tentativa de explicar como o estudante constrói o seu conhecimento, foram realizados vários estudos explorando os saberes de diferentes áreas como a Biologia, Psicologia e Filosofia integrando processos cognitivos e afetivos como valores importantes ligados à construção do conhecimento. Esses estudos criaram uma natureza interdisciplinar que aponta para a necessidade de ampliar o olhar na tentativa de compreender os processos que resultam em aprendizagem, considerando outros elementos que estão além da competência de resolver problemas (GARCIA, 2005).

Alzate (2001), trabalhando sobre a evolução do conceito científico, argumenta que os estudos tradicionais estão centrados em aspectos puramente cognitivos, desconsiderando outros fatores envolvidos no processo de ensino que podem resultar em mudança conceitual, como por exemplo, a motivação, os interesses, a afetividade, o autoconceito e os fatores contextuais existentes na turma, entre outros. Baseado nessa compreensão, Alzate (2001) inclui outras dimensões no estudo da evolução conceitual, explora metodologias que permitem uma compreensão mais profunda do processo cognitivo e propõe um estudo da evolução conceitual considerando aportes conceituais, motivacionais, cognitivos, metacognitivos e lingüísticos (Figura 1).

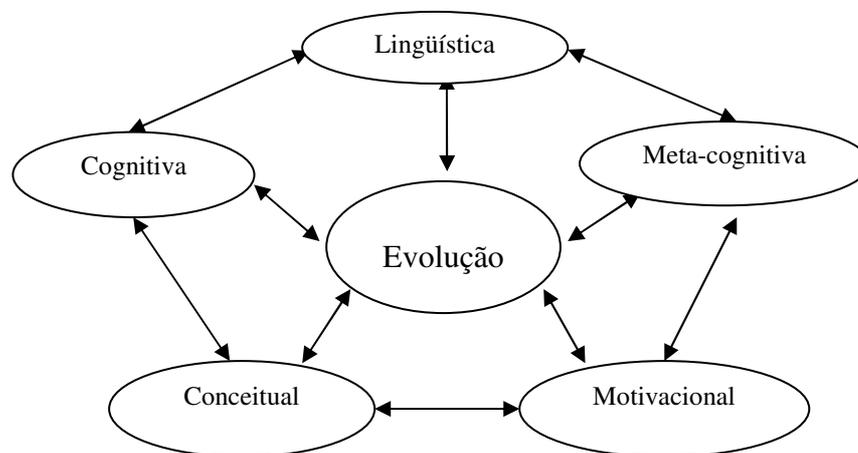


Figura nº 1 - Proposta de estudo da evolução conceitual numa perspectiva multidimensional (ALZATE, 2001).

O autor explica ainda que a evolução dos conceitos requer, por parte dos estudantes, uma tomada de consciência das possíveis relações entre os modelos interpretativos propostos pela Ciência e suas próprias concepções alternativas. Dessa forma, acredita ser possível obter um conhecimento mais aprofundado de como o estudante utiliza suas concepções diante da construção de um novo conceito, de como os conceitos evoluem e quais são os seus significados e sentidos diante de um contexto onde o conceito pode ser aplicado (ALZATE, 2001).

Teóricos construtivistas defendem ainda o papel da interação como essencial no desenvolvimento do conhecimento. Togni *et al.* (2004) afirmam que “as interações do indivíduo com o seu meio ambiente são interações cognitivas construídas no próprio processo

da vida” (p. 24). Maturana (1995) afirma que “viver é conhecer” e Togni *et al.* (2004) acrescentam que “conhecer é experimentar algo novo”.

Maturana (s/d, *apud* TOGNI *et al.*, 2004) afirma ainda que todo conhecimento é gerado sob a ótica do observador e, nessa perspectiva, a interação do sujeito com o meio não determina o que acontece, somente dispara no sujeito mudanças estruturais que são determinadas por sua própria estrutura, o que chamou de determinismo estrutural. Em Piaget (s/d, *apud* TOGNI *et al.*, 2004), o processo de interação ocorre com movimento e simultaneidade entre sujeito e meio, gerando uma nova realidade, com modificações na organização estrutural. Para Vygotsky, “a interação social e o instrumento lingüístico são decisivos para compreender o desenvolvimento cognitivo” (CASTORINA *et al.*, 1996, p. 11).

Em relação ao conceito de respiração, tomamos como referência as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para a escolarização básica. Neles, o estudo sobre o fenômeno que envolve a obtenção de energia a partir do metabolismo de nutrientes, que costumamos encontrar fragmentações nos livros didáticos como “respiração pulmonar” e “respiração celular”, obedecem a níveis de aprofundamentos e complexidade de acordo com os níveis de desenvolvimento biológico e social do indivíduo.

Ao longo do ensino fundamental a aproximação ao conhecimento científico se faz gradualmente. Nos primeiros ciclos o aluno constrói repertórios de imagens, fatos e noções, sendo que o estabelecimento dos conceitos científicos se configura em ciclos finais (BRASIL, 1997, p. 33).

Em toda escolarização, os PCN orientam para a compreensão do corpo humano como um todo integrado que interage com ele próprio e com o meio onde vive. No ensino fundamental, os PCN propõem que os conteúdos sejam organizados segundo a natureza da área e em blocos temáticos com o objetivo de evitar o estudo isolado dos conteúdos.

O fenômeno respiratório é estudado no bloco temático “Ser Humano e Saúde”, o qual é desenvolvido ao longo de todo ensino fundamental, porém apresenta alcances diferentes nos distintos ciclos ou séries.

Os PCN destacam ainda que o fenômeno respiratório integra um conjunto com características nutricionais sendo denominado de “funções de nutrição”, o que proporciona uma primeira aproximação ao conceito de metabolismo. Um exemplo seria a compreensão por parte dos estudantes de que:

[...] o aproveitamento dos alimentos depende de processos que ocorrem em todas as células, também resultando em substâncias que devem ser eliminadas, como o gás carbônico, que é expirado, e a amônia, que, transformada em uréia no fígado, sai do organismo pela urina (BRASIL, 1998, p. 2).

Quanto ao segundo eixo, buscando compreender as idéias dos estudantes sobre o processo respiratório e o metabolismo energético. Utilizamos a noção de perfil conceitual desenvolvida por Mortimer (2000), onde um único conceito pode estar contido em diferentes formas de pensar e o indivíduo pode possuir mais de uma compreensão de um determinado fenômeno, podendo utilizá-las em diferentes contextos.

Mortimer (2000) denominou de “zona de perfil conceitual” as representações distintas de pensar e usar determinado conceito pelo indivíduo. Cada zona representa uma determinada forma de pensar e, essas diferentes formas de pensar a realidade, convivem no mesmo indivíduo.

O conhecimento do perfil conceitual do estudante, por parte do professor, pode ser útil no planejamento das atividades e como instrumento de avaliação da evolução da construção feita pelo estudante em suas diferentes fases de desenvolvimento. Nessa perspectiva, a evolução conceitual é vista como uma mudança no perfil conceitual do indivíduo, o qual não precisa necessariamente abandonar suas concepções anteriores, mas sim tornar-se consciente das diferentes zonas e das relações existentes entre elas (MORTIMER, 2000).

O terceiro eixo busca identificar as dificuldades de aprendizagem na formação do conceito de respiração. Partiu-se inicialmente da hipótese de que a formação do conceito científico evolui respeitando o desenvolvimento social e biológico do indivíduo e é facilitado pela experiência escolar.

Não aprofundamos a temática, pois o nosso objetivo é traçar algumas dificuldades que envolvem a aprendizagem de conceitos científicos em Biologia. Mortimer (1996) afirma que o referencial teórico piagetiano é útil na descrição das dificuldades na construção de um conceito científico, pois prevê “que as idéias dos estudantes tendem a se estabilizar em determinados níveis de compensações que nem sempre coincidem com a explicação científica que está sendo proposta” (p. 6).

Uma característica preocupante no ensino de Biologia é a fragmentação do conhecimento. Segundo Lewontin (2002) o “problema de dividir o mundo em partes e peças apropriadas é

consequência da tradição analítica que a ciência moderna herdou do século XVIII” (p. 75) Lewontin (2002) explica que para Descartes o animal se assemelhava a uma máquina, de forma que “então ele será composto de partes e peças que podem ser claramente diferenciadas cada uma das quais terá uma relação casual determinada com o movimento das demais” (LEWONTIN, 2002, p. 75).

Essa visão de mundo influenciou a organização de currículos de Biologia e outras disciplinas, onde o conhecimento é trabalhado por partes sem levar em conta a conexão com o todo. Lewontin discorda dessa visão e afirma que na Biologia “não se pode escapar da relação dialética entre as partes significativas, temos que definir o todo funcional que elas compõem” (LEWONTIN, 2002, p. 86).

De forma geral, para Krasilchick (1987), “a estrutura do curso das disciplinas científicas faz com que as aulas sejam segmentos sem significado” (p. 53). O conteúdo é apresentado não levando em consideração as ligações com outros conceitos tanto da área de Ciências como de outras áreas do conhecimento. Dessa forma o estudante não percebe as relações e os aspectos comuns aos conceitos estudados nas diferentes áreas.

Diante do fato de não encontrarmos na literatura, estudos voltados para o diagnóstico das dificuldades de aprendizagem dos conceitos abstratos na Biologia, catalogamos algumas dificuldades percebidas no cotidiano da sala de aula, e que envolvem a construção de conceitos no nível abstrato, sendo importante para o entendimento dos resultados não satisfatórios que envolvem o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos desta natureza.

Por fim, acreditamos que acompanhar e descrever a evolução do conceito de respiração poderá facilitar a compreensão desse processo e a verificação de possíveis relações entre as concepções alternativas e o pensamento científico.

CAPÍTULO 1 - FORMAÇÃO DE CONCEITOS

O estudo das relações que permeiam o processo cognitivo bem como a compreensão de como diferentes referenciais teóricos podem possibilitar a análise do processo de ensino-aprendizagem que ocorre em sala de aula, têm contribuído para que o professor, ao se apropriar desse conhecimento, possa buscar caminhos alternativos nas relações de ensino que promovem uma aprendizagem eficaz.

Segundo Moretto (2000):

O aluno tem uma vivência que lhe permite construir uma estrutura cognitiva formada por idéias e concepções ligadas ao senso comum de seu meio social e às representações que ele mesmo constrói em função de suas próprias experiências (p. 105).

Uma grande preocupação no contexto do ensino-aprendizagem é a de conhecer os mecanismos pelos quais a aprendizagem escolar pode ser facilitada. Essa necessidade, segundo Coll (2001), faz com que o professor reflita sobre a sua ação e, para isso, são necessárias teorias que forneçam instrumentos de análise e reflexão sobre a prática docente e sobre o processo de ensinar.

Para Oliveira (1996, p. 54) “[...] a teoria pode alimentar a prática, mas não fornece instrumentos metodológicos de aplicabilidade imediata”. Para Pérez Gómez (1978, *apud* Coll, 1996) a Psicologia da Educação, a Didática e a Sociologia da Educação contribuem para a Ciência da Educação na elaboração de uma teoria explicativa dos processos que possibilitam a aprendizagem, além de permitir a elaboração de modelos e programas de intervenção, com a finalidade determinada de dar lugar a uma práxis educativa coerente com as propostas teóricas formuladas.

Oliveira (1996) destaca a questão que se estabelece na relação entre propostas teóricas e práticas pedagógicas como sendo complexa, configurando uma tensão constante na área de Educação. Lerner (1996), estudioso da teoria piagetiana, na tentativa de aproximar a Psicologia da Didática, formula a seguinte indagação “Como fazer com que alunos passem de um estado de menor conhecimento a um estado de maior conhecimento com relação a cada um dos conteúdos ensinados na escola?” (p. 9). Esse questionamento na visão de Castorina *et al.*, (1996) resgatam a discussão existente entre estudiosos das teorias de Piaget e Vygotsky sobre o desenvolvimento intelectual e os processos de aprendizagem. Castorina *et al.* afirmam

que para boa parte dos estudiosos na área da cognição, as teorias de Piaget e Vygotsky são versões antagônicas. Porém, continua o autor, há acordo em relação ao enfoque genético, pois tanto as funções psicológicas em Vygotsky quanto os sistemas de conhecimento em Piaget podem ser estudados enquanto processos de formação. Os dois teóricos descrevem o sujeito enfatizando sua atividade na aquisição do conhecimento, bem como, o caráter qualitativo das mudanças no desenvolvimento (GARCÍA MADRUGA, 1991, *apud* CASTORINA, 1996).

Em linhas gerais, Castorina *et al.* (1996) apresentam a teoria piagetiana e a teoria sócio-interacionista respectivamente, da seguinte forma:

[...] uma versão do desenvolvimento cognitivo nos termos de um processo de construção de estruturas lógicas, explicada por mecanismos endógenos, e para a qual a intervenção social externa só pode ser “facilitadora” ou “obstaculizadora”. Em poucas palavras, uma teoria universalista e individualista do desenvolvimento, capaz de oferecer um sujeito ativo, porém abstrato (“epistêmico”), e que faz da aprendizagem um derivado do próprio desenvolvimento.

Por sua vez, a teoria de Vygotsky aparece como uma teoria histórico-social do desenvolvimento que, pela primeira vez, propõe uma visão de formação das funções psíquicas superiores como “internalização” mediada da cultura e, portanto, postula um sujeito social que não é apenas ativo mas sobretudo interativo (p. 12)

Embora possa parecer ao professor que a compreensão dos processos que resultam em aprendizagem dos conceitos trabalhados no contexto escolar exija do mesmo optar por uma teoria, Castorina *et al.*, (1996) sugerem a possibilidade de aceitar ambas as perspectivas como complementares para apoiar o processo de aprendizagem.

Mortimer e Carvalho (1996) ao argumentarem sobre a forma como diferentes referenciais teóricos podem facilitar a análise do processo ensino-aprendizagem, defendem como a teoria piagetiana pode ser útil para “descrever as dificuldades na construção de uma idéia científica” (p. 6), a partir da previsão de como “as idéias dos estudantes tendem a se estabilizar em determinados níveis de compensações que nem sempre coincidem com a explicação científica que está sendo proposta” (MORTIMER e CARVALHO, 1996, p. 6).

Da mesma forma, os autores mostram que a partir dos estudos de Vygotsky, é possível perceber “os limites de se trabalhar com a construção do conhecimento em sala de aula como resultado de construções individuais, ao introduzir elementos de análise que procuram revelar os aspectos sociais da sala de aula” (MORTIMER e CARVALHO, 1996, p. 6). Consideram ainda que tanto Vygotsky como Piaget “admitem que o entendimento do sujeito é formado não só pelo encontro adaptativo com o mundo físico, mas também pela interação entre

pessoas na relação com esse mesmo mundo” (p. 12). Explicam ainda que para ambos os teóricos o “conhecimento está na relação sujeito-objeto” (p. 13). Para Vygotsky, porém, esse objeto é na sua essência social mediado por um “sistema simbólico-instrumental da cultura” (MORTIMER e CARVALHO, 1996, p. 13).

Numa análise sobre as contribuições de Piaget e Vygotsky no campo da cognição, Mortimer e Carvalho (1996), afirmam que a partir das idéias de Vygotsky “é possível estender a análise de sala de aula e descobrir aspectos de clara relevância para o ensino, que ficariam ausentes num referencial puramente piagetiano” (p. 13) e acrescentam ainda que o sistema piagetiano, juntamente com a noção de *perfil conceitual* permite a análise do desenvolvimento das idéias em sala de aula se constituindo em um dos elementos de análise desse processo.

1. Teorias Cognitivas

Buscando compreender os processos cognitivos que resultam em aprendizado na espécie humana, encontramos nos estudos que abordam a formação de conceitos, diferentes contribuições. Destacamos no levantamento feito, duas linhas teóricas bastante discutidas no meio educacional e que possuem características em comum na explicação dos processos cognitivos:

- Epistemologia genética;
- Teoria sócio-interacionista.

1.1 Epistemologia Genética

Nos estudos sobre a cognição humana Piaget se destaca pela vasta obra sobre o tema. É considerado o pioneiro, neste século, do enfoque construtivista. Sua proposta configura o estudo do cognitivo humano (MOREIRA, 1999).

Flavell *et al.* (1986) descrevem Piaget como sendo uma das pessoas mais notáveis da Ciência contemporânea envolvendo o estudo do comportamento. Os autores explicam que apesar de ser conhecido fundamentalmente como psicólogo do desenvolvimento na tradição de Hall, Stern, Baldwin, Bühler, Binet, Werner e outros, também foi filósofo, lógico e educador.

Jean Piaget nasceu em 1896 na Suíça, foi uma criança precoce, iniciando seus estudos científicos muito cedo. Flavell *et al.* (1986) ao descreverem a biografia do teórico, esclarece que o mesmo teve sua formação acadêmica na área de Ciências Naturais, porém durante a adolescência e juventude dedicou-se a leitura de Filosofia, Religião, Biologia, Sociologia e Psicologia. Sob a influência de filósofos da época, Piaget acreditava que “a biologia poderia ser proveitosamente relacionada ao problema epistemológico, ao problema do conhecimento” (FLAVELL *et al.*, 1986, p. 2). Porém percebeu que era preciso aprofundar os estudos, se dedicando a partir de então à psicologia do desenvolvimento, resultando nos estudos sobre a epistemologia genética (FLAVELL *et al.*, 1986; CARVALHO *et al.*, 1992).

Segundo Vasconcelos e Valsiner (1995, p. 37) “pela expressão epistemologia genética, Piaget tinha em mente o estudo da maneira pelo qual o sujeito constrói e organiza seu conhecimento, durante seu desenvolvimento histórico (*ontogenético e sociogenético*)”. Desenvolvimento para Piaget, explica Vasconcelos e Valsiner (1995), pode ser interpretado *como infinito* em sua construção de novas estruturas.

Moreira (1999) destaca que importantes trabalhos de Piaget datam da década de 20, porém ele foi “redescoberto” na década de 70 com a ascensão do cognitivismo. Considerando a extensão da obra piagetiana e a impossibilidade de se fazer um resgate em breves linhas, este estudo busca fazer um destaque para parte da sua obra, lembrando que o foco de preocupação não foi com a aprendizagem e sim com o desenvolvimento mental do ser humano.

Os objetivos científicos da obra de Piaget, segundo Flavell *et al.* (1986), estão direcionados para a “investigação teórica e experimental do desenvolvimento qualitativo das estruturas intelectuais” (p. 15), ou seja, entender e explicar o processamento do pensamento e do conhecimento (TOGNI *et al.*, 2004). Para Piaget, o “estudo das mudanças ontogenéticas é um empreendimento que tem valor em si... o comportamento humano adulto não pode ser plenamente compreendido sem a perspectiva evolutiva” (FLAVELL *et al.*, 1986, p.16). A dimensão genética que orienta as pesquisas de Piaget pode, segundo a compreensão do próprio teórico explicitado por Flavell *et al.* (1986), proporcionar a solução de problemas epistemológicos antigos e aqueles relacionados aos precursores ontogenéticos de algumas classes de cognição. Em sua obra, Flavell *et al.* sintetizam o que significa a abordagem evolutiva de Piaget numa dimensão genética: Envolve uma descrição cuidadosa e uma análise teórica de estudos ontogenéticos sucessivos, numa dada cultura. Estas mudanças

comportamentais de um funcionamento menos avançado para um mais avançado são o dado mais fundamental. Além disso, abrange comparações minuciosas entre estes estados sucessivos; as características dominantes de um dado estado são descritas em função dos estados precedentes e subseqüentes. Uma de suas características é não se preocupar com qualquer exploração sistemática de outras variáveis independentes que possam acelerar ou retardar temporalmente o aparecimento do comportamento estudado. Devido à preocupação quase exclusiva com as mudanças cronológicas *per se*, Piaget coloca-se muito distante da maioria dos psicólogos contemporâneos da criança (1986, p. 16).

No que Flavell *et al.* denominam de sistema piagetiano, encontraremos informações que podem nos ajudar na compreensão da obra de Piaget e situá-la dentro do contexto de outras obras que tratam dos aspectos cognitivos da aprendizagem. O autor descreve o interesse de Piaget pela área da inteligência, embora considere a percepção, a motivação e atitudes morais e outros sistemas de valores como elementos importantes no estudo da função da inteligência. Outro aspecto importante destacado por Flavell *et al.* (1986) no sistema piagetiano “é uma inclinação particular para o estudo da *estrutura* da inteligência em desenvolvimento, em contraposição à sua *função* e ao seu *conteúdo*” (p. 17). Piaget, segundo o autor, caracteriza o conteúdo como sendo constituído de dados comportamentais brutos não interpretados. Por função compreende “características amplas de atividade inteligente, válidas para todas as idades e que definem a própria essência do comportamento inteligente” (FLAVELL *et al.*, 1986, p. 17). Continuando, o autor afirma que Piaget postulou a existência, entre a função e o conteúdo, de *estruturas cognitivas*. Essas estruturas são explicadas como sendo semelhantes ao conteúdo e diferentes do que acontece com a função, pois mudam com a idade. Essas mudanças caracterizadas como evolutivas no sistema piagetiano, são consideradas na concepção de Flavell *et al.* (1986) o principal objeto de estudo para Piaget.

Outro aspecto relevante e que está contido nos objetivos de estudo de Piaget é a característica qualitativa do desenvolvimento. Flavell *et al.* (1986) explicam que a natureza qualitativa é considerada como sendo a essência das mudanças estruturais e se revela na preocupação do teórico com o estudo da estrutura em contraposição ao conteúdo. No sistema piagetiano as mudanças ocorridas no desenvolvimento são conceitualmente, segundo Flavell *et al.* (1986), subdivididas em *estágios*, e as “semelhanças e diferenças qualitativas servem como fronteiras conceituais no empenho de apreender o processo” (FLAVELL *et al.*, 1986, p. 19).

Foi a partir de seus estudos, que Piaget percebeu que o comportamento e o desenvolvimento cognitivo das crianças seguiam uma invariabilidade em seus respectivos estágios de desenvolvimento e que era possível a existência dos processos biológicos básicos nos processos cognitivos (FRANCO, 1995, *apud* TOGNI *et al.*, 2004).

A esse sistema invariável de funcionamento existente em todo organismo, Piaget (s/ano, *apud*, TOGNI *et al.*, 2004) denominou de *invariantes funcionais*, que podem ser descritas como a organização e a adaptação, sendo que a adaptação encontra-se “subdividida em dois componentes inter-relacionados: a assimilação e a acomodação” (FLAVELL *et al.*, 1986, p. 44).

Togni *et al.* (2004) descrevem a *organização*, na visão de Piaget, como sendo a *organização estrutural dos processos cognitivos*, considerada como prolongamento dos processos biológicos que fazem parte de todos os organismos vivos não variando entre eles. Já a *adaptação* é descrita como sendo a forma do indivíduo garantir sua vida em relação ao meio. A *assimilação*, por sua vez, ocorre quando o sujeito modifica o objeto para poder conhecê-lo e a *acomodação* é considerada como sendo o processo onde o sujeito se modifica para poder conhecer.

Trazendo o pensamento piagetiano para a compreensão dos processos que resultam na apreensão dos conceitos científicos, Carvalho *et al.* (1992), fazem uma análise desse processo, considerando como conhecimento o que é aceito cientificamente. A grande questão posta pelos autores envolve a compreensão dos vários aspectos que permitem ao estudante melhorar suas noções enquanto constroem seu conhecimento.

A busca por novas estratégias que possibilitem uma melhor aprendizagem, a partir da compreensão de como os estudantes pensam, percebem e compreendem os fenômenos, tem sido a tônica de muitos trabalhos de pesquisas. Segundo Driver (1989 *apud* Carvalho *et al.*, 1992), a aprendizagem ocorre a partir do envolvimento do indivíduo de uma forma ativa na construção do conhecimento. A grande pergunta que envolve os processos que nos permitem ter uma compreensão de como é possível ao sujeito não só construir o seu conhecimento mas também aprimorá-lo, é exposta por Carvalho *et al.* (1992) como sendo uma questão filosófica, ou seja: entender efetivamente como o indivíduo constrói seu conhecimento, melhora suas

noções, aprimora sua argumentação e como ele se aproxima do conhecimento aceito cientificamente é importante para o avanço das pesquisas e do próprio ensino de ciências.

Os autores revelam que a teoria piagetiana pode ser um instrumento de referência na compreensão de como ocorre a construção do conhecimento pelo aluno e, em especial, um ensino mais eficaz de conhecimentos científicos. Segundo Carvalho *et al.* (1992), a Teoria da Equilibração Piagetiana afirma que “todo o indivíduo possui um sistema cognitivo que funciona por um processo de adaptação (assimilação/acomodação) que é perturbado por conflitos e lacunas, reequilibrando-se através de três fases de compensação: alfa, beta e gama” (p. 86). O Quadro nº 1 foi construído a partir das considerações de Carvalho *et al.* (1992), onde os autores buscaram caracterizar as três fases ou comportamentos compensatórios que surgem nos mecanismos de equilibração.

	Comportamento alfa	Comportamento beta	Comportamento gama
Estrutura cognitiva	Há uma tentativa de neutralizar a perturbação através de mecanismos como o de não reconhecê-la como relevante, chegando a deformá-la como forma de não considerar a perturbação.	A perturbação do sistema ocorre sem ser ignorada; teorias são criadas para poder explicá-la.	A reorganização iniciada na fase beta é completada, isso é possível através de mecanismos de antecipação por previsão ou dedução das possíveis variáveis.
Equilíbrio	Esta etapa é frágil e instável, pois a tentativa de restaurar o equilíbrio é parcialmente compensadora sendo este facilmente perturbado.	Há uma modificação no sistema até atingir um novo equilíbrio, os distúrbios que surgem são variações da própria estrutura que se reorganiza.	A perturbação é eliminada como tal e inserida no sistema já transformado para contê-la como mais uma possibilidade e não como distúrbio.

Quadro nº 1 - Resumo das fases do mecanismo de Equilibração

O processo de adaptação utiliza dois elementos fundamentais da composição do sistema cognitivo. O primeiro é a *assimilação* ou *incorporação* de um elemento externo num esquema sensorio-motor ou conceitual do indivíduo. O segundo é a *acomodação*, isto é, “a necessidade em que a assimilação se encontra de considerar as particularidades próprias dos elementos a assimilar” (PIAGET, 1977 *apud* CARVALHO *et al.*, 1992, p. 86). Esse sistema é perturbado quando um conflito ou uma lacuna surge frente a um objeto ou a um evento. Nesse caso, mecanismos de equilibrações são disparados no indivíduo, produzindo construções compensatórias que superam as anteriores. Esse processo é denominado por Piaget como *equilibração majorante*.

Carvalho *et al.* (1992) explicam que nas desequilibrações que se sucedem, o conhecimento exógeno é complementado por reconstruções endógenas que são incorporadas ao sistema do indivíduo. Dessa forma se entende que as “estruturas cognitivas utilizáveis na abordagem de objetos e fatos são então desenvolvidas, propiciando o progresso na construção do conhecimento” (CARVALHO *et al.*, 1992, p. 86).

Mortimer e Carvalho (1996) descrevem como características importantes da teoria da equilibração primeiramente o fato de que as lacunas são tão importantes quanto os conflitos enquanto tipos de perturbação, uma vez que “a falta de informações para interpretar os resultados de um experimento é obstáculo maior que o conflito entre idéias dos estudantes e os resultados” (MORTIMER e CARVALHO, 1996, p. 7). A outra característica importante citada pelos autores está relacionada com as dificuldades percebidas no processo de aprendizagem, da “construção de totalidades, com forte poder de explicação, que podem ser generalizadas a um grande número de fenômenos” (p. 7). Ou seja, para os autores, os estudantes muitas vezes permanecem num plano de esquemas, procedimentos e rituais não passando para um nível superior dos princípios e das explicações que permitam a superação da idéia inicial. Nesse caso, Mortimer e Carvalho (1996) propõem a construção de uma estratégia de ensino que possa auxiliar os estudantes a superarem suas dificuldades em generalizar. A Figura 2 mostra um esquema que resume as idéias dos autores sobre a teoria piagetiana explorando as estratégias de ensino a partir do conflito cognitivo.

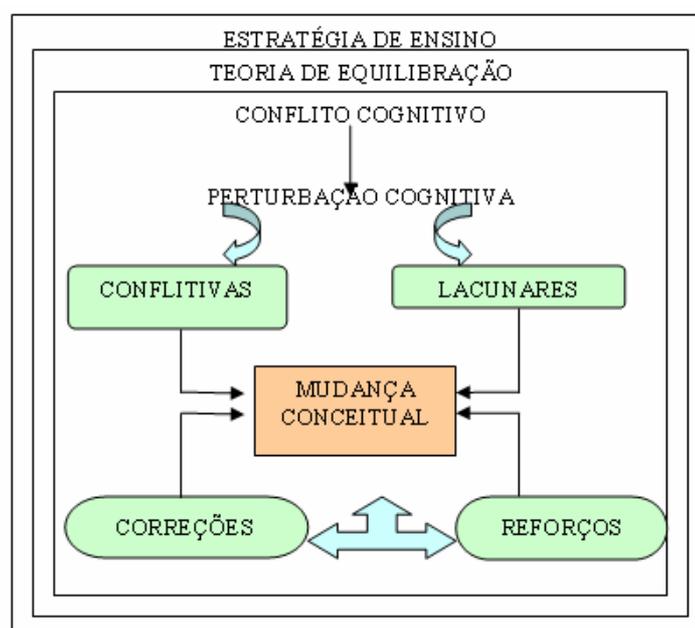


Figura nº 2 - Resumo do processo de perturbação através do conflito cognitivo

1.2 Teoria Sócio-Interacionista

Vygotsky focalizou em sua obra os mecanismos pelos quais se dá o desenvolvimento cognitivo, não sob a perspectiva de produtos de estágios de desenvolvimento, como Piaget, mas sim de uma perspectiva social. Segundo Moreira (1999), a teoria de Vygotsky está apoiada em três pilares. O primeiro afirma que os processos mentais superiores do indivíduo se originam de processos sociais; o segundo explica que só podemos entender os processos mentais superiores se entendermos os signos e instrumentos que os mediam; e o terceiro é o método utilizado na análise do desenvolvimento cognitivo do ser humano, chamado de método genético-experimental (MOREIRA, 1999).

No estudo da natureza humana Vygotsky utilizou prioritariamente abordagens históricas, mas também contemplou as questões do desenvolvimento do indivíduo. Rego (1998) explica que o pensamento marxista era fonte científica e a aplicação do materialismo histórico e dialético de Marx influenciou consideravelmente a Teoria Sócio-Cultural proposta pelo teórico. Vanderveer e Valsiner (1999) afirmam que a partir do pensamento Marxista, Vygotsky distinguia dois períodos na filogenia humana. A primeira parte, a evolução biológica, havia sido descrita e explicada por Charles Darwin em sua teoria da evolução. A segunda parte que trata da história da humanidade, foi defendida por Marx e, de forma mais completa, na obra de Engels. Em relação à origem do homem contemporâneo Vygotsky aceitava os conceitos de Darwin de *variação e seleção natural* bem como toda a explicação da evolução (VANDERVEER E VALSINER, 1999).

Também sofreu em seu tempo a influência de sociólogos e antropólogos europeus e ocidentais como Thurnwald e Levy Bruhl, que pesquisavam a história dos processos mentais reconstituídos a partir de evidências antropológicas da atividade intelectual de povos primitivos.

Foi contemporâneo entre outros de Wundt (fundador da psicologia experimental), William James (pragmatismo americano), Ivan Pavlov, Wladimir Bekhtrev e John B. Watson (behavioristas) e Wertheimer, Kohler, Koffka e Lewin (fundadores da Gestalt na psicologia), (REGO, 1998). Outros trabalhos na perspectiva do pensamento evolutivo foram relevantes na síntese sobre o desenvolvimento na obra de Vygotsky na década de 1890. São eles, C. Lloyd Morgan, H. Osborne e J. M. Baldwin (VANDERVEER e VALSINER, 1999).

Rego (1998) alerta para o contexto social em que Vygotsky desenvolveu sua obra, na Rússia pós-revolucionária. É importante conhecer esse contexto, pois o mesmo serviu de inspiração, na medida em que ele e sua equipe procuraram desenvolver uma teoria, com fortes traços marxistas, do funcionamento intelectual humano. O autor explica que as idéias defendidas por Engels e Marx sobre sociedade, trabalho e interação dialética entre o homem e seu meio social, serviram como fonte de inspiração para Vygotsky em seus trabalhos sobre desenvolvimento humano onde são considerados aspectos sociais e culturais.

Nesse período, a psicologia encontrava-se em crise. Existiam posições antagônicas que tentavam explicar os processos psicológicos humanos. O que Vygotsky procurou foi desenvolver uma abordagem que possibilitasse a descrição e explicação das funções psicológicas superiores - pensamento, linguagem e comportamento volitivo.

Vygotsky defendeu que não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o ser humano se torna capaz de se socializar. Afirmava que: é na socialização que ocorre o desenvolvimento dos processos mentais superiores. Neste aspecto, a cultura torna-se parte da natureza humana. (REGO, 1998).

Vygotsky possuía uma formação acadêmica diversificada, sendo graduado em Direito, especializado em Literatura e tendo estudado Medicina. Foi professor de Literatura e Psicologia. Falava diversas línguas, o que facilitou o seu estudo sobre autores de outros países. Era um erudito. Morreu de tuberculose aos 38 anos em 1934, deixando sua obra para ser continuada por seus colaboradores, entre eles Luria e Leontiev (REGO, 1998).

Vygotsky (1999), ao estudar o desenvolvimento dos conceitos científicos na infância, formulou a seguinte questão: “Qual a relação entre a assimilação da informação e o desenvolvimento interno de um conceito científico na consciência da criança?” (p. 103). Em suas argumentações, Vygotsky (1999) defende, a partir de estudos sobre os processos de formação de conceito, que o mesmo significa mais que exercícios mentais envolvendo conexões associativas. Representa um “ato real e complexo do pensamento que não pode ser ensinado por meio de treinamento, só pode ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já tiver atingido o nível necessário” (p. 104). Explica ainda que o significado da palavra evolui de generalizações primitivas até as mais elevadas à medida que o intelecto da criança se desenvolve. Para ele esse processo leva à formação dos verdadeiros

conceitos. Vygotsky (1999) classificou os conceitos oriundos da experiência pessoal como **conceitos cotidianos ou espontâneos** e os elaborados a partir da experiência escolar como **conceitos científicos**. Defende o estudo do conceito científico como forma de compreender os mecanismos necessários para a sua construção, enfatizando que “os conceitos científicos e espontâneos diferem quanto à sua relação com a experiência da criança, e quanto à atitude da criança para com os objetos” (p. 108), por isso podem se diferenciar na sua construção do início até o fim. O teórico identifica no estudo dos conceitos científicos importantes implicações para a educação e afirma que “descobrir a complexa relação entre o aprendizado e o desenvolvimento dos conceitos científicos é uma importante tarefa prática” (VYGOTSKY, 1999, p. 109).

Vygotsky em seus estudos faz a crítica aos métodos utilizados para a investigação de conceitos e os identifica como tradicionais. Afirma que basicamente eram utilizados dois métodos, o primeiro, identificado como método de definição onde a investigação de conceitos já formados é feita através da definição verbal de seus conteúdos. Na sua avaliação há dois grandes inconvenientes neste método, o primeiro é porque lida com o “produto acabado” da formação de conceitos, não considerando o processo, se tornando dessa forma reprodução verbal “de definições já prontas, fornecidas a partir do exterior” (VYGOTSKY, 1999, p. 65); O segundo inconveniente é que está centrado na palavra deixando dessa forma de considerar a percepção e a “elaboração mental do material sensorial que dá origem ao conceito” (VYGOTSKY, 1999, p. 66).

O segundo grupo classificado por Vygotsky abrange os métodos que eram utilizados em estudos envolvendo a abstração. Esses métodos se relacionam aos processos psíquicos que levam à formação do conceito, negligenciando “o papel desempenhado pelo símbolo (a palavra) na formação dos conceitos” (VYGOTSKY, 1999, p. 66). Ele defendeu, então, um novo método que permitisse a combinação entre a palavra e o material de percepção. O autor considera que este método “centra a sua investigação nas *condições funcionais da formação de conceitos*” (VYGOTSKY, 1999, p. 67). Para ele a linguagem tem um papel importante e é através dela que se pode descontextualizar (linguagem abstrata), facilitando a flexibilização do pensamento e o desenvolvimento cognitivo da criança.

Para estudar o processo de formação de conceitos em suas diferentes fases evolutivas, Vygotsky utilizou um método desenvolvido por L. S. Sakharov, um de seus colaboradores. O

teórico descreve esse método como sendo “método da dupla estimulação” onde “dois conjuntos de estímulos são apresentados ao sujeito observado; um como objeto da sua atividade, e outro, como signos que podem servir para organizar essa atividade” (VYGOTSKY, 1999, p. 70). Ou seja, segundo Moreira (1999), Vygotsky ao aplicar o método da dupla estimulação às funções superiores, faz com que toda função apareça duas vezes no desenvolvimento cultural da criança: primeiro em nível social, entre pessoas (interpessoal, interpsicológica) e depois em um nível individual, no interior da criança (intrapessoal, intrapsicológica).

Vygotsky (1999) em seus estudos sobre o processo de formação de conceitos em suas várias fases evolutivas, considerou que “para se iniciar o processo, é necessário confrontar o sujeito com a tarefa” (VYGOTSKY, 1999, p. 72), introduzindo gradualmente os meios para a solução do problema apresentado ao sujeito. Porém alerta que a existência de um problema por si só, não pode ser considerada a causa do processo. Explica que é importante considerar o uso do signo, ou palavra como mediador dos processos mentais estabelecidos para a solução do problema.

Defende ainda que o “conceito não é uma formação isolada, fossilizada e imutável, mas sim, uma parte ativa do processo intelectual, constantemente a serviço da comunicação, do entendimento e da solução de problemas” (VYGOTSKY, 1999, p. 67). Ao estudar a formação de conceitos em todas as suas fases dinâmicas, Vygotsky procurou apresentar o problema ao sujeito logo de início, permanecendo o mesmo até o final. Concluiu que:

A formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos (VYGOTSKY, 1999, p. 73).

O Quadro nº 2 resume, a partir das idéias desenvolvidas por Moreira (1999), as técnicas utilizadas por Vygotsky em seu estudo sobre a formação de conceitos, utilizando o método da dupla estimulação.

Técnicas Observadas no Método de Estudo de Vygotsky	
1º	Introdução de obstáculos que perturbam o andamento normal da solução de um problema.
2º	Fornecimento de recursos externos para solução de um problema.
3º	Solicitação às crianças para resolverem problemas que excediam seus níveis de conhecimento e habilidades.

Quadro nº 2 - Resumo de técnicas utilizadas por Vygotsky segundo Moreira (1999)

O meio cultural é defendido por Vygotsky (1999) como estimulador do intelecto. Para ele “é preciso compreender as relações intrínsecas entre as tarefas externas e a dinâmica do desenvolvimento” (p.73). Considera o processo de formação do conceito “como uma função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de seu raciocínio” (VYGOTSKY, 1999, p. 73).

Nesse contexto, Vygotsky (1999) afirma que o uso da palavra como mediadora na formação de conceitos “é a causa psicológica imediata da transformação radical por que passa o processo intelectual no limiar da adolescência” (VYGOTSKY, 1999, p. 73).

O teórico considera que na adolescência, as funções existentes passam a fazer parte de uma nova estrutura. Uma nova síntese surge como parte de um todo complexo, com leis que o regem determinando o destino de cada uma das partes. A capacidade, por parte do adolescente, de regular seus processos mentais através de meios auxiliares (signos ou palavras) é um aprendizado que resulta no seu desenvolvimento cognitivo.

Os estudos de Vygotsky (1999) apontam as seguintes fases na formação de conceitos:

- Agregação desorganizada ou amontoada;
- Pensamento por complexo;
- Pensamento por conceito.

Cada fase estudada por Vygotsky (1999) apresenta subdivisões. Descrevemos a seguir, de forma resumida as características de cada fase estudadas pelo teórico.

Na primeira fase do desenvolvimento cognitivo, observado no pensamento infantil, percebe-se que “o significado das palavras denota, para a criança, nada mais do que um *conglomerado*

vago e sincrético de objetos isolados que, de uma forma ou outra, aglutinaram-se numa imagem em sua mente” (VYGOTSKY, 1999, p. 74).

Esta fase inclui três estágios no desenvolvimento do pensamento onde as imagens sincréticas se formam baseadas em conexões vagas e subjetivas:

- Tentativa e erro;
- Organização do campo visual da criança;
- Recombinação de elementos já formados.

A segunda fase se caracteriza pelas diferentes variações do pensamento. Vygotsky (1999) chamou esta fase de pensamento por complexo: “Em um complexo, os objetos isolados associam-se na mente da criança não apenas devido às impressões subjetivas da criança, mas também devido às *relações que de fato existem entre esses objetos*” (VYGOTSKY, 1999, p. 76).

O pensamento por complexos possui como principal função estabelecer elos e relações. Dá início à “unificação das impressões desordenadas”, possibilitando a criação de uma base para futuras generalizações.

O teórico em seus estudos concluiu que o pensamento por complexo já representa uma forma de pensamento coerente e objetivo, porém as relações estabelecidas nesse processo não são as mesmas estabelecidas no pensamento conceitual. As ligações existentes são concretas e factuais e não abstratas e lógicas.

Vygotsky (1999) classificou durante esse estágio de desenvolvimento, cinco tipos de complexos: (1) Associativo; (2) Coleções; (3) Cadeia; (4) Difuso; e (5) Pseudoconceitos.

A terceira fase do processo de formação de conceitos identificada por Vygotsky (1999) em seus experimentos é conhecida como pensamento por conceitos.

Essa fase se caracteriza pelo surgimento de novas formações no desenvolvimento mental e necessariamente não é preciso que o desenvolvimento por complexo tenha seguido toda a sua trajetória para que a criança pense através das relações necessárias à formação de um

conceito. Vygotsky (1999) explica que para se formar um conceito é necessário ir além da capacidade de unificação, ou seja:

Para formar esse conceito também é necessário abstrair, isolar elementos, e examinar os elementos abstratos separadamente da totalidade da experiência concreta de que fazem parte. Na verdadeira formação de conceitos, é igualmente importante unir e separar: a síntese deve combinar-se com a análise (VYGOTSKY, 1999, p. 95).

Acompanhando o processo de formação do conceito, Vygotsky (1999) observou que após o desenvolvimento da abstração, uma outra formação surge. Ele a denominou de conceitos potenciais, caracterizando como sendo resultante “de uma espécie de abstração isolante da natureza primitiva” (VYGOTSKY, 1999, p. 97). Essas formações para Vygotsky são os precursores dos verdadeiros conceitos, podendo ser formados tanto na esfera do pensamento perceptual como na do pensamento prático.

Vasconcelos e Valsiner (1995) diferenciam, de forma resumida, o pensamento por complexo do pensamento por conceito. Na formação por complexo se percebem numerosas relações entre os objetos, enquanto que na formação por conceito há uma relação abstrata e unitária entre os objetos.

Um fato relevante observado por Vygotsky nos seus experimentos dos processos intelectuais no adolescente é que as formas mais primitivas do pensamento, caracterizadas como sincréticas e pensamento por complexos, bem como os conceitos potenciais vão desaparecendo gradualmente ou vão sendo usados cada vez menos a partir do momento que os verdadeiros conceitos se formam. Porém o adolescente não abandona por completo suas formas mais elementares do pensamento. Vygotsky afirma que “elas continuam a operar ainda por muito tempo, sendo na verdade predominantes em muitas áreas do seu pensamento” (VYGOTSKY, 1999, p. 98).

Outras características importantes no desenvolvimento do pensamento por conceito foram observadas por Vygotsky em seus experimentos. Primeiramente ele afirma que o adolescente é capaz de formar e utilizar o conceito com muita propriedade numa situação concreta, porém estranhará ter que defini-lo verbalmente. Nesse caso, a definição é limitada comparada ao seu desenvolvimento cognitivo. Vygotsky defende o pressuposto de que “[...] os conceitos evoluem de forma diferente da elaboração deliberada e consciente da experiência em termos lógicos” (VYGOTSKY, 1999, p. 99). Outra dificuldade que pode ser observada é quando o

adolescente tenta aplicar o conceito formado numa situação específica a uma outra circunstância onde as características apresentadas diferem da situação original exigindo do adolescente uma transferência.

Vygotsky continua afirmando o quanto é difícil para o adolescente definir um conceito quando este não se encontra numa situação concreta, devendo, pois ser elaborado num plano abstrato. Ele explica esse fato da seguinte forma:

Em nossos experimentos, a criança ou o adolescente que resolvia corretamente o problema da formação de conceitos descia, freqüentemente, a um nível mais primitivo de pensamento ao dar uma definição verbal do conceito, e começava simplesmente a enumerar os diferentes objetos aos quais o conceito se aplicava em um determinado contexto. Nesse caso, operava com o nome como se fosse um conceito, mas definia-o como um complexo – uma forma de pensamento que oscila entre o conceito e o complexo típica dessa idade de transição (VYGOTSKY, 1999, p. 100).

Porém a maior dificuldade encontrada por Vygotsky em seus estudos, relacionada à aplicação de conceito diz respeito aos conceitos apreendidos e formulados num nível abstrato quando são aplicados a situações concretas que devem ser vistas num plano abstrato. Esse tipo de transferência para o autor, geralmente é dominada no final da adolescência. Vygotsky (1999) afirma que: “A transição do abstrato para o concreto mostra-se tão árdua para o jovem como a transição primitiva do concreto para o abstrato” (VYGOTSKY, 1999, p. 100).

Os estudos de Vygotsky apresentam uma trajetória no processo de formação de conceito. Para ele o “conceito se forma não pela interação das associações, mas mediante uma operação intelectual em que todas as funções mentais elementares participam de uma combinação específica” (VYGOTSKY, 1999, p.101). A palavra nesse processo se destaca como tendo uma função diretiva para a formação dos conceitos verdadeiros, pois permite centrar de forma ativa a atenção, abstrair traços, sintetizá-los e simbolizá-los através de um signo.

Dessa forma, Vygotsky afirma que os processos que conduzem à formação do conceito evoluem ao longo de duas linhas de desenvolvimento. A primeira é a formação dos complexos e a segunda é a formação de conceitos potenciais. Em ambos os casos a palavra é diretiva do processo.

Castorina (1996), Mortimer e Carvalho (1996) e Cavalcanti (2005), entre outros autores, destacam na obra de Vygotsky que o conhecimento é construído a partir da interação sujeito-objeto, porém esse objeto é uma produção social que surge da atividade humana através de

uma relação dialética e mediada semioticamente, uma vez que consideram o mundo não sendo só físico, mas cultural e enriquecido de significados e significantes. O “homem transforma a natureza e a constitui em objeto do conhecimento (produção cultural) e, ao mesmo tempo, transforma a si mesmo em sujeito de conhecimento” (CAVALCANTI, 2005, p. 189).

A interação dos sistemas de signos na constituição humana, segundo Castorina (1996) não é facilitadora da atividade psicológica, mas sim formadora. Para Cavalcanti (2005), a representação do mundo é feita através de signos carregados de significação social e cultural, servindo tanto para indicar o objeto como para representá-lo enquanto conceito, sendo neste caso um instrumento do pensamento. Nesse contexto, se destaca a importância da linguagem como mediadora, influenciando a formação da consciência.

As idéias desenvolvidas por Vygotsky - como a mediação, a internalização e a linguagem - e os estudos de Piaget - envolvendo os *invariantes funcionais* (organização e adaptação) e os comportamentos compensatórios que surgem nos mecanismos de equilíbrio - nos ajudaram na compreensão de como o conhecimento evolui, contribuindo nas análises de dados envolvendo as concepções alternativas identificadas neste estudo.

Em relação à evolução conceitual, há de se considerar a importância das concepções alternativas nesse processo, bem como o grande número de resultados de estudo sobre essas concepções. Faremos a seguir uma breve discussão sobre essa temática e suas implicações na gênese do conceito.

2. Concepções Alternativas

A revisão feita por Coll (1983) sobre a influência dos trabalhos de Piaget no ensino, direcionou para a necessidade de se conhecer com mais detalhes o caminho percorrido pelo estudante para a construção dos conhecimentos específicos (CARVALHO, 1992).

Seguindo a perspectiva proposta por Coll, vários estudos sobre a psicogênese do conceito que se ensina na escola se desenvolveram. Esses trabalhos estão direcionados para a compreensão de como ocorre a passagem de um estágio para o outro no processo de evolução das idéias. Carvalho (1992) explica que esses trabalhos permitiram uma compreensão melhor do

processo desenvolvido por um indivíduo “para atingir um nível de noções hierarquicamente melhor na compreensão e explicação da realidade” (p. 11).

Schnetzler (1992) explica que pelo fato do indivíduo estar no mundo e assim procurar dar sentido aos fenômenos que observa ao seu redor, já chega às aulas de Ciências com idéias formadas sobre determinado conhecimento que consta do currículo escolar.

Considerando a idéia de que a construção de conceitos implica na necessidade de se conhecerem quais são as idéias pré-estabelecidas que os estudantes possuem, resultados de pesquisas na área, apontam para a investigação de novas estratégias e metodologias de ensino capazes de promover a construção pelo aluno de idéias cientificamente aceitas a partir de suas concepções (DRIVER e OLDHAM, 1986; POSNER *et al.*, 1982; HASHWEH, 1986; OSBORNE e FREYBERG, 1985; GIL *et al.*, 1991; HEWSON & THORLEY, 1989; PINTRICH *et al.*, 1993; VOSNIADOU, 1994; e VENVILLE & TREAGUST, 1998).

Uma das pesquisas realizada com a perspectiva descrita acima é a de Oliveira (2005) que desenvolveu um estudo diagnosticando as dificuldades de aprendizagem sobre o conteúdo Tecido Muscular na UNESP. Oliveira (2005) e Bastos *et al.*, (2004) explicam que as concepções alternativas são construídas pelo estudante desde o nascimento, acompanhando-o em sala de aula onde os conceitos científicos são trabalhados no processo de ensino-aprendizagem. A utilização em sala de aula das concepções alternativas construídas individualmente visa organizar e significar as diversas situações de ensino e conteúdos a serem trabalhados (POZO, 1998 *apud* OLIVEIRA, 2005).

Diferentes autores utilizam termos diferentes para as idéias construídas pelo estudante antes do ingresso na escola e que devem ser transformadas a partir da experiência escolar. São elas, *idéias intuitivas* (Driver); *pré-concepções* (Gil Pérez e Freitas e Duarte); *idéias prévias* (Gil Pérez e Driver); *pré-conceitos* (Novak e Anderson); *erros conceituais* (Lenke e Venz); *conceitos alternativos* (Gilbert); *conhecimentos prévios* (Pozo) e *concepções alternativas* (Santos), todos citados por Oliveira (2005). Ainda segundo Oliveira (2005), estes termos possuem posições epistemológicas diferentes, porém há um consenso, de que todos os estudantes levam para a sala de aula estruturas cognitivas próprias, construídas a partir de suas experiências com o meio.

Em seus estudos, Oliveira (2005) utiliza o termo *concepções alternativas*, defendendo que o aluno ao entrar em contato com o conhecimento científico apresenta resistência à mudança. É possível observar na experiência docente, estudantes argumentando diante de um novo conceito, a partir de suas concepções. Tudo isso leva a pensar, que os *conceitos espontâneos, conhecimentos prévios ou concepções alternativas* “constituem autênticos marcos de referência elaborados durante o desenvolvimento cognitivo e cuja transformação requer uma intervenção muito estruturada e sistemática do professor” (CARRETERO, 1997, p. 68). Ao planejar uma aula de Ciências é importante considerar “que os alunos possuem uma série de idéias bastante estabelecidas sobre os mais diversos fenômenos” (CARRETERO, 1997 p. 67) e que é através desses conhecimentos que os estudantes explicam o que acontecem ao seu redor e compreendem a realidade.

Laburú (1992, p. 23) informa que o Movimento das Concepções Alternativas (MCA), assim denominado por Gilbert e Swift (1985) e Millar (1989) surgido na década de 70 do século XX, configurou uma tendência teórica que norteou as concepções de ensino-aprendizagem em Ciências. Já Oliveira (2005) explica que os teóricos e investigadores do Movimento das Concepções Alternativas (MCA) apontam Piaget e Ausubel como precursores desta linha de investigação.

Laburú (1992, p.23) explica que o MCA “busca, através da compreensão do desenvolvimento epistemológico, pistas ou um denominador comum, entre o processo de evolução do conhecimento científico e a natureza do conhecimento individual”. O MCA considera o indivíduo como sujeito do próprio conhecimento, possuindo concepções prévias sobre o objeto do conhecimento, que podem ser modificadas ou eliminadas ao longo do processo escolar (LABURÚ, 1992).

No entanto Mortimer (2000, *apud* BASTOS, 2005, p. 14) em seus estudos sobre Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino das Ciências, argumenta que “as estratégias de ensino voltadas para a mudança conceitual são pouco efetivas e que os indivíduos não abandonam concepções anteriores quando constroem concepções novas”. Para Mortimer (2000, *apud* Bastos, 2005), a evolução conceitual no indivíduo pode ser entendida como modificação do “perfil conceitual”, constituindo este um “conjunto heterogêneo que reúne simultaneamente diferentes versões para um mesmo conceito” (BASTOS, 2005, p. 14).

El-Hani e Bizzo, explicam o processo de evolução conceitual, na dinâmica da sala de aula, da seguinte forma:

Quando a sala de aula se torna palco de conflitos entre visões de mundo dos estudantes e as concepções científicas, a alternativa mais racional não parece ser a de forçá-los a uma opção, mediante conflitos cognitivos, mas a de reconhecer e explicitar domínios particulares do discurso nos quais as concepções científicas e as idéias dos alunos tem, cada qual no seu contexto, alcance e validade (EL-HANI E BIZZO, 1999, p. 12).

As pesquisas atuais na área de formação de conceitos apontam para a importância da compreensão de como esse processo pode acontecer e de que forma (ou formas) pode ser facilitado. Procuramos, na revisão de literatura, estudos que pudessem ajudar a entender os mecanismos de facilitação da compreensão de determinados conceitos pelo estudante.

3. Evolução Conceitual

Japiassu (1992) nos traz uma discussão preliminar para iniciarmos o aprofundamento sobre os processos facilitadores da evolução conceitual, trazendo para a discussão o questionamento sobre o *que é o conhecimento?* Acrescenta a esse questionamento a constatação de que atualmente o conhecimento é considerado como um processo e não como dados adquiridos. “Devemos falar hoje de *conhecimento-processo* e não mais de *conhecimento-estado*” (JAPIASSU, 1992, p. 27). O autor explica que só é possível conhecer realmente quando se passa de um conhecimento menor para um conhecimento maior, cabendo à epistemologia a análise das etapas da estruturação desse processo chegando sempre a um conhecimento provisório, nunca definitivo.

Carvalho (1992) explica que na perspectiva do ensino construtivista sempre se parte de alguns pressupostos teóricos de origem epistemológica e psicológica para explicar como a humanidade produz seu conhecimento. A autora aponta três pressupostos a serem considerados na prática pedagógica tida como construtivista;

- O aluno constrói o seu próprio conhecimento;
- O conhecimento é contínuo e parte do que já é conhecido;
- O conhecimento a ser ensinado deve partir do conhecimento que o aluno já tem.

Vários pesquisadores nacionais e internacionais são apontados por Carvalho (1992) como pesquisadores da mudança conceitual no ensino das Ciências dando ênfase a história e filosofia das Ciências. São eles: Posner, Driver, Rowell e Dawson, Gil, Carvalho, Peduzzi, Pacca e Villani. Porém, para responder a questão que precede o entendimento de como se dá a mudança conceitual, ou seja, *como o indivíduo constrói o conhecimento*, alguns dos pesquisadores acima procuram uma base teórica nas diferentes abordagens psicológicas que explicam a gênese do conhecimento como as de Piaget e Vygotsky.

Schnetzler (1992) explica que o termo mudança conceitual tem sido usado para designar:

[...] transformação ou a substituição de crenças e idéias ingênuas (concepções prévias ou esquemas alternativos) de alunos sobre fenômenos sociais e naturais por outras idéias, mais sofisticadas (cientificamente “corretas”), no curso do processo de ensino-aprendizagem de Ciências (SCHNETZLER, 1992, p. 19).

Para Schnetzler, a mudança conceitual ocorre a partir das transformações ou substituições das concepções prévias (crenças e idéias ingênuas) por outras idéias mais elaboradas e consideradas “cientificamente corretas”, podendo ser observadas no curso do processo ensino-aprendizagem de Ciências. Para que isso ocorra, é preciso que o aluno se sinta insatisfeito com as suas idéias. Defende ainda a necessidade do aluno se sentir em conflito. Este estado de insatisfação com suas convicções favorece a busca de explicações, de respostas para seus questionamentos.

A instalação do conflito no aluno não significa necessariamente que haja uma ruptura com o modelo conceitual defendido pelo mesmo. É preciso considerar o processo como sendo dinâmico. Segundo Schnetzler, na mudança conceitual não ocorre um descarte da concepção prévia em favor das novas idéias apresentadas pelo professor. Não “se trata de destruir as concepções prévias dos estudantes, mas sim de se desenvolver um processo de ensino que promova a evolução de suas idéias” (SCHNETZLER, 1992, p. 20).

Bastos *et al.* (2004) informam que as pesquisas realizadas nas décadas de 70 e 80 do século XX permitiram um mapeamento das idéias dos estudantes sobre diversos conteúdos. Essas idéias, por não coincidirem com o conhecimento científico, foram denominadas de *concepções, conceitos ou idéias alternativas, ingênuas, intuitivas, espontâneas ou de senso comum.*

Estudos apontam para a permanência, por parte do aluno, de esquemas conceituais muito próximos dos modelos aristotélicos. Carvalho (1992) descreve esse contexto da seguinte forma:

A partir da década de 70 começaram a aparecer na literatura (VIENNOT, 1976; TROWBRIDGE e MCDERMOTT, 1981) resultados de pesquisas mostrando que estudantes que freqüentavam os cursos de Física das melhores universidades do mundo ocidental apresentavam, quando submetidos a questões pouco diferentes das tradicionalmente trabalhadas em classe, conceitos muito próximos aos da Física Aristotélico-Escolástica. Estas pesquisas foram replicadas em várias partes do mundo, em vários meios sócio-culturais, em diferentes graus de ensino, em várias estruturas escolares, inclusive aqui no Brasil (TEIXEIRA, 1982; VILLANI *et al.*, 1985; LABURU, 1987) e os resultados obtidos foram sempre os mesmos: uma parcela significativa dos estudantes apresentava, após o ensino, conceitos diferentes dos conceitos científicos ensinados em sala de aula. Essas pesquisas foram estendidas para outras disciplinas como Química (ANDERSON, 1986) e Biologia (TROWBRIDGE e MINTZES, 1988; ALBADALEJO e LUCAS, 1988; BIZZO, 1991; BASTOS, 1991) e um número cada vez maior de conceitos alternativos foram e estão sendo detectados (p. 12).

As pesquisas da década de 1980 foram conduzidas com a finalidade de discutir os processos mentais que poderiam levar à mudança conceitual e identificar as condições que poderiam proporcionar ao indivíduo substituir suas concepções alternativas por concepções científicas (BASTOS *et al.*, 2004).

Nesse contexto, uma das idéias que se fortaleceu foi a defendida por Posner “segundo a qual a mudança conceitual nos indivíduos se assemelharia à mudança de paradigma na ciência, proposta por Kuhn” (BASTOS *et al.*, 2004, p. 10).

Um direcionamento para entendermos esse processo é descrito por Piaget. Segundo suas idéias, para haver aprendizagem é preciso que o sujeito vença seus conflitos (OLIVEIRA, 2005), através do alcance de níveis estáveis de compensações, alcançados na sala de aula como consequência de um processo de equilíbrio (MORTIMER e CARVALHO, 1996).

Observa-se nas estratégias que utilizam o conflito cognitivo “a dificuldade que os estudantes enfrentam em reconhecer e vivenciar conflitos” (MORTIMER e CARVALHO, 1996, p. 7). Logo, o autor conclui que “o modelo de equilíbrio e suas fases da construção compensatória são úteis para descrever a evolução das idéias dentro de certo paradigma” (MORTIMER e CARVALHO, 1996, p. 7), ou seja, para Mortimer e Carvalho, idéias que pertencem a paradigmas diferentes se desenvolvem paralelamente. Necessariamente o aluno

não precisa descartar as suas concepções alternativas em favor das novas idéias num processo de acomodação de um novo esquema de assimilação.

Alzate (2001) informa que nas últimas décadas, vem aumentando as pesquisas voltadas para o estudo da evolução conceitual. Destaca que os principais campos de interesse estão centrados na formação dos conceitos naturais, formação e evolução dos conceitos científicos e inteligência artificial. Esclarece ainda que nas pesquisas sobre evolução conceitual é comum encontrarmos estudos relacionando a evolução conceitual individual com a evolução conceitual vista pela história da ciência. Carvalho (1992, p. 13) aponta para a leitura de que “os conhecimentos científicos não foram construções arbitrárias”, tentando com isso mostrar que a construção do conhecimento científico passou e ainda passa por “concepções pré-científicas de certa coerência, sendo que as explicações aristotélicas dos fenômenos da natureza perduraram por mais de 20 séculos”. Diante disso Carvalho (1992) defende:

[...] O professor deve conhecer as grandes questões que levaram às mudanças de paradigmas. Estas questões devem ser debatidas em classe se a intenção do ensino é realizar uma mudança conceitual. De outra maneira teremos ao final do curso alunos com conceitos aristotélicos usando fórmulas newtonianas (p. 13).

Um aspecto polêmico que Alzate (2001) destaca em seus estudos sobre a evolução conceitual é se esta se dá de forma gradual, conforme defendido por Toulmin (1977), ou se acontece através de revoluções científicas que levam às mudanças globais como se vê nos estudos de Kuhn (1971).

Se procurarmos explicar o processo de mudança conceitual a luz dos fundamentos filosóficos que estão relacionados com a formação histórica dos conceitos científicos, encontraremos em Bachelard (1938 *apud* Pais, 2001) “que a evolução de um conceito pré-científico para um nível de reconhecimento científico passa, quase sempre, pela rejeição de conhecimentos anteriores e se defronta com certo número de obstáculos” (p. 39).

Observam-se, portanto, duas propostas para explicar o processo de evolução conceitual:

- Para que haja aprendizagem é necessário haver substituição das concepções alternativas por concepções cientificamente aceitas (defendida por Posner dentre outros);

- No processo de aprendizagem necessariamente o indivíduo não precisa substituir suas concepções alternativas pelas concepções cientificamente aceitas, (defendida por Mortimer dentre outros).

No entanto, em estudos recentes, Solomon (1983, *apud* Oliveira, 2005) e Santos (1998) afirmam que a estratégia de conflito cognitivo pode favorecer a mudança conceitual, porém as “pré-concepções mais resistentes podem continuar a existir, e assim continuar a ajudar o aluno na compreensão das novas informações que lhes serão ensinadas” (OLIVEIRA, 2005, p. 244).

Bastos (2004, p. 14) afirma que nos últimos anos muitos trabalhos publicados fazem críticas às propostas construtivistas para o ensino das ciências considerando *o ensino por mudança conceitual*, a exemplo de Suchting (1992); Solomon (1994); Mortimer (1995; 2000); Osborne (1996); Matthews (2000); Cachapuz (2000) e Laburú & Carvalho (2001). El-Hani e Bizzo (1999) relacionam esses sinais de esgotamento ao fato de que “o consenso em torno das suposições centrais do construtivismo pode não ser suficiente para delimitar um domínio paradigmático único, não sendo mais que o resultado de pontos de concordância entre abordagens diferentes” (p. 7). Já Bastos (2004), faz uma análise crítica em relação ao construtivismo considerado. Ele explica que várias idéias têm sido abrigadas sob o rótulo de “construtivismo” e o uso desse rótulo em vários debates faz com que uma crítica específica, no caso, *ensino por mudança conceitual* se confunda com outras idéias e teorias também conhecidas como construtivistas. O autor continua em sua análise, afirmando que os modelos e propostas resultantes dessa análise crítica, como por exemplo, o ensino por pesquisa, encontrada nos estudos de Cachapuz (2000); Gil Pérez *et al.* (1999a e 1999b); e o ensino a partir do perfil conceitual proposto por Mortimer (2000) apóiam-se também em bases teóricas fornecidas pelo construtivismo (Piaget, Vygotsky, entre outros) (EL-HANI e BIZZO, 1999).

El-Hani e Bizzo (1999) consideram que os estudantes não abandonam suas concepções a partir de exposições de conceitos científicos com as quais se encontram em conflito. Explicam ainda que é preciso que o aluno reconheça as crenças preexistentes, faça uma apreciação de seu valor e de sua precisão diante de novas informações para decidir reestruturar o conhecimento.

É possível levar o aluno a compreender os conceitos e as teorias científicas, sem esperar que ele venha a crer naqueles conceitos ou considerar aquelas teorias válidas ou verdadeiras. Não se pode dizer que houve, neste caso *troca conceitual* [...]. Entretanto, pode-se dizer que o perfil conceitual do aprendiz foi alterado (EL-HANI e BIZZO, 1999, p. 18).

A Figura 3 explica de forma esquemática as idéias desenvolvidas por El-Hani e Bizzo (1999), adaptado de Corben (1996), sobre de que forma a visão de mundo pode interferir no processo de construção do conceito:

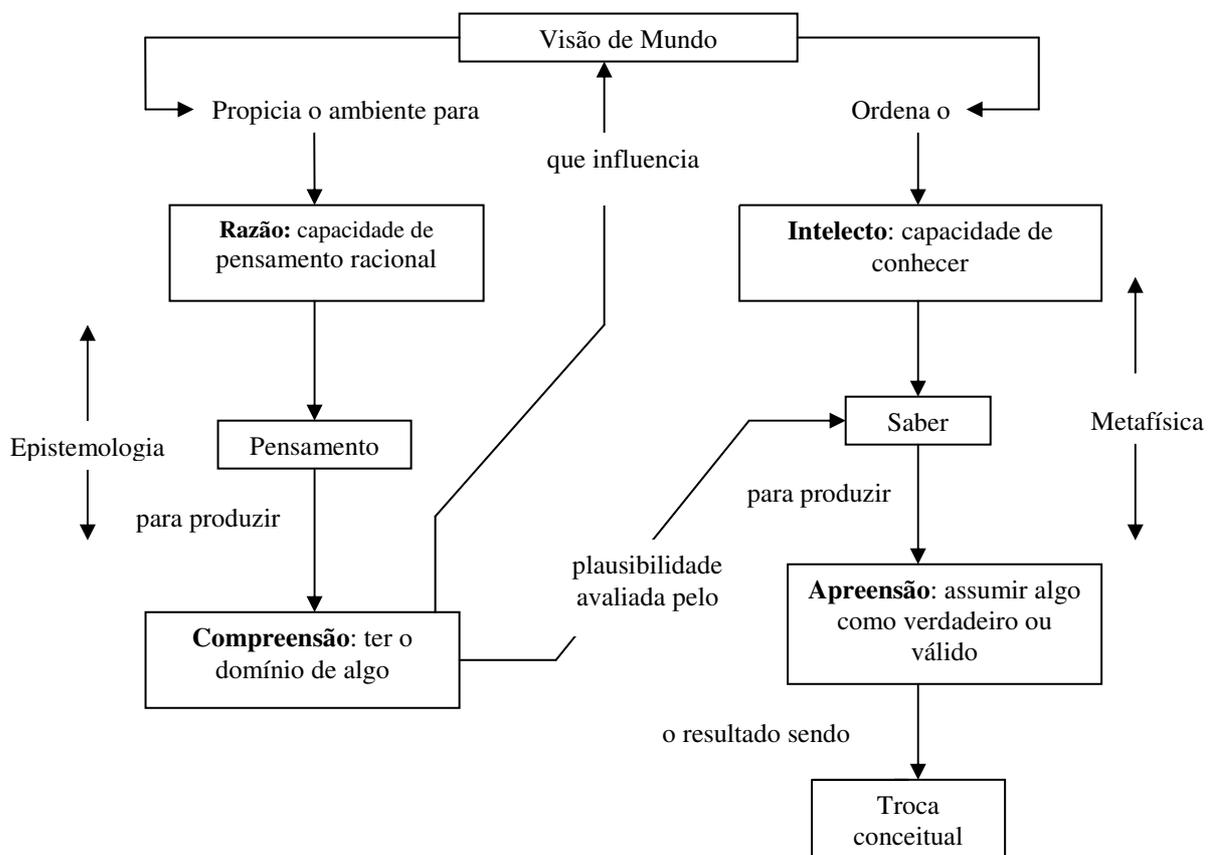


Figura nº 3 - Visão de mundo, compreensão, apreensão e troca conceitual.

(Adaptado de Cobern, 1996 por El- Hani e Bizzo, 1999)

Diante da possibilidade de que estratégias de ensino preocupadas com as mudanças conceituais não são tão eficazes e que os estudantes não abandonam suas concepções quando constroem novas concepções, Mortimer apresenta a noção de perfil conceitual onde a idéia de evolução conceitual é compreendida como modificações dessas concepções. Afirma ainda que o perfil conceitual “foi desenvolvido como um sistema de avaliação da evolução das concepções de um indivíduo através de fases de uma evolução genética” (MORTIMER e CARVALHO,

1996, p. 8). A partir desta compreensão é que propomos a idéia de perfil evolutivo como um instrumento para o acompanhamento da evolução de determinado conceito, que neste estudo é o conceito de respiração.

4. Perfil Evolutivo Conceitual

Mortimer (2000) em seu estudo sobre Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências, a partir da noção de perfil epistemológico de Bachelard e uma revisão criteriosa dos elementos contidos no modelo de equilíbrio majorante da teoria piagetiana, propôs um modelo diferente para análise de evolução conceitual em sala de aula. Este modelo se caracteriza pela idéia de que a construção de novos conceitos não pressupõe o abandono das concepções prévias, mas sim uma tomada de consciência do contexto onde as concepções são aplicadas. Sugere que a aprendizagem no ensino das Ciências deve promover a evolução dos perfis conceituais dos estudantes (MORTIMER, 1995). Considera ainda a noção de perfil conceitual como sendo:

[...] um sistema supra-individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura... é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciada pelas experiências distintas de cada indivíduo; e depende do conteúdo, já que, para cada conceito em particular, tem-se um perfil diferente (MORTIMER, 2000, p. 80).

Explica então que a noção de perfil conceitual “resulta numa seqüência genética, histórica, filosófica e cultural” e que é algo pertencente à cultura, não ao indivíduo. Para ele, o mesmo foi “desenvolvido como um sistema de avaliação da evolução das concepções de um indivíduo através de fases de uma evolução genética” (MORTIMER e CARVALHO, 1996, p. 8).

Bastos *et al.* (2004) descrevem o modelo interpretativo proposto por Mortimer, destacando algumas características e fornecendo exemplo de situações onde os estudantes, ao invés de terem sofrido mudanças conceituais, adquiriram concepções novas que passaram a coexistir com as anteriores. Entretanto observa que o modelo defendido por Mortimer em substituição ao modelo anterior de mudanças conceituais, inviabiliza uma abordagem mais plural, uma vez que Mortimer mostra-se descrente “em relação à idéia de que a aprendizagem escolar de ciências possa ser explicada em termos de mudanças conceituais como as foram propostas por Posner *et al.*” (BASTOS *et al.*, 2004, p. 21).

Na visão de Mortimer (2000) o indivíduo ao iniciar seu contato com os conceitos científicos, forma em sua mente, o que denomina de “perfil conceitual”, ou seja, um conjunto de duas ou mais visões para um mesmo conceito. Esse conjunto comporta simultaneamente as concepções cotidianas e científicas, mesmo que sejam incompatíveis entre si.

Da mesma forma que o perfil epistemológico, o perfil conceitual estabelece uma hierarquia entre as diferentes zonas na construção de conceitos, isso por conter categorias de análise com poder superior às anteriores. Essas zonas, porém, diferem entre si não apenas pela questão epistemológica, mas também pelas características ontológicas (AGUIAR JR, 2001). Segundo Amaral e Mortimer (2001) as zonas pertencentes a um perfil conceitual podem estar relacionadas com uma forma de pensar e com um determinado domínio ou contexto a que essa forma se aplica.

As categorias que configuram o perfil conceitual independem do contexto, visto que, dentro de uma mesma cultura, têm-se as mesmas categorias que são capazes de determinar as diferentes zonas do perfil (MORTIMER, 2000). O autor afirma que no planejamento de ensino, a determinação das categorias que constituem as diferentes zonas do perfil conceitual é uma etapa fundamental. Porém alerta para o fato de que cada conceito pode ter diferentes características e zonas no perfil, não havendo uma regra geral que possa ser aplicada a qualquer conceito.

Acredita também que o aluno ao tomar consciência “de seu próprio perfil, desempenha um papel importante no processo de ensino-aprendizagem” (MORTIMER, 2000, p. 79), pois o uso de concepções prévias, por parte do aluno, na resolução de problemas, pode indicar a falta de consciência de seu perfil conceitual.

Outra característica importante do perfil conceitual é a de que seus níveis considerados pré-científicos não são fundamentados em nenhuma escola filosófica, mas sim pelos compromissos ontológicos e epistemológicos dos indivíduos, características estas fortemente influenciadas pela cultura.

São sugeridos por Mortimer dois momentos no processo de aprendizagem: o primeiro corresponde à aquisição de um conceito em um nível específico dentro do perfil considerando a natureza dos obstáculos tanto ontológicos como epistemológicos; O segundo, consiste na

consciência por parte dos estudantes dos seus próprios perfis, avaliando suas limitações e o poder explicativo dos elementos que fazem parte dos perfis (MORTIMER, 1995).

Mortimer (1998; 2001) a partir da análise do conceito de perfil conceitual, considerando os estudos em sociolingüística, destaca que os conceitos emergem da comunicação humana e com isso sofrem a influência de diferentes concepções e perspectivas possíveis numa interação a partir das diferentes linguagens sociais (científicas e cotidianas).

Aguiar Jr. (2001) avalia que de um modo geral, “a progressão de uma atenção dirigida aos objetos, passando por eventos e atingindo sistemas, parece indicar um caminho de construção, cuja generalidade precisa ser justificada e examinada empiricamente” (p. 16). Mortimer (1999) a partir de uma análise microgenética de respostas de estudantes em situações de aprendizagem, em uma seqüência de etapas cujo objetivo foi o de compreender o que se passa entre essas etapas, sugere uma distinção inicial entre *descrição*, *explicação* e *generalização* na elaboração de explicações por parte de estudantes de fenômenos. Para o autor as explicações se diferenciam das descrições por estabelecerem relações entre entidades utilizadas para caracterizar os sistemas e se comportam como modelos ou mecanismos, para esclarecer fenômenos. Já as generalizações são resultados de esforços de descontextualização, uma vez que as explicações são vistas como características das entidades e não como propriedades de um fenômeno particular (AGUIAR JR, 2001).

A generalização completa o movimento de descontextualização/recontextualização em direção a uma relação puramente simbólica, intralingüística, entre os signos, não mais como referentes de objetos e fenômenos extralingüísticos, mas enquanto categorias gerais da matéria e dos fenômenos criados nas relações intralingüísticas (MORTIMER, 1999, p. 8).

Na análise do discurso dos estudantes em sala, Mortimer observa um movimento progressivo com características de descontextualização ou recontextualização, que vai de descrições para explicações e generalizações. Além disso, observou também que os mesmos apresentam uma tendência de utilizar generalizações previamente aprendidas como base para descrições de fenômenos a serem explicados. Isso revela para Mortimer uma dinâmica entre essas categorias na construção de justificativas por parte dos estudantes, em situações de aprendizagem (AGUIAR JR, 2001).

A intenção de Mortimer (2000), ao estabelecer a noção de perfil conceitual, foi a de introduzir novas características para descrever a evolução das idéias, tanto no espaço social da sala de aula quanto nos indivíduos, mostrando ser possível o fato de que as pessoas podem representar as idéias a sua volta de diferentes formas.

A noção de perfil conceitual fornece elementos para a compreensão da permanência das idéias alternativas dos estudantes durante o processo de aprendizagem no ensino de noções científicas, além de que funciona como um sistema de avaliação da evolução das concepções do indivíduo juntamente com as concepções piagetianas (MORTIMER, 2001, 1996).

A partir da noção de perfil conceitual trabalhado por Mortimer (2000), desenvolvemos neste trabalho, a idéia de perfil evolutivo do conceito de respiração, considerando as concepções alternativas de estudantes sobre respiração, em diferentes etapas de escolarização. Enquanto o objeto de análise no perfil conceitual é o indivíduo, no perfil evolutivo é o conceito. Com a descrição do perfil evolutivo conceitual, espera-se conhecer de que forma esse conceito é construído e quais são as relações estabelecidas entre as novas idéias e as concepções alternativas construídas ao longo da experiência escolar.

4.1 Dificuldades de Aprendizagem

Nosso objetivo, inicialmente, era identificar dificuldades na aprendizagem de conceitos científicos em Biologia. Diante do fato de não encontrarmos na literatura estudos voltados para o diagnóstico das dificuldades de aprendizagem dos conceitos abstratos na Biologia, catalogamos algumas dificuldades percebidas no cotidiano da sala de aula e que estão referendados em estudos isolados de alguns autores (vide quadro 3).

A identificação das dificuldades que envolvem a construção de conceitos no nível abstrato é importante para o entendimento dos resultados não satisfatórios que envolvem o processo de ensino-aprendizagem, pois segundo Zabala (1998):

[...] refletir sobre o que implica aprender o que propomos, e o que implica aprendê-lo de maneira significativa, pode nos conduzir a estabelecer propostas mais fundamentadas, suscetíveis de ajudar mais os alunos e ajudar nós mesmos. [...] devemos dispor de critérios que nos permitam considerar o que é mais conveniente num dado momento para determinados objetivos a partir da convicção de que nem tudo tem o mesmo valor, nem vale para satisfazer as mesmas finalidades. Utilizar estes critérios para analisar nossa prática e, se convém, para reorientá-la em algum sentido, pode representar, em princípio, um esforço adicional, mas o que é certo é que pode evitar perplexidades e confusões posteriores (p. 86).

Mortimer (1996) afirma que o referencial teórico piagetiano é útil na descrição das dificuldades na construção de um conceito científico, pois prevê “que as idéias dos estudantes tendem a se estabilizar em determinados níveis de compensações que nem sempre coincidem com a explicação científica que está sendo proposta” (p. 6).

Dificuldade	Caracterização	Referência
Efeito da distorção	Interpretação distorcida diante de conteúdos científicos abstratos;	Bastos, 2004
Agregação desorganizada	Respostas gerais e vagas a qualquer questionamento, através de falsas explicações, utilizando uma única palavra explicativa, funcionando como uma imagem.	Baseado nos estudos de Bachelard (1996) sobre os obstáculos: verbal e do conhecimento geral; Baseado na fase de desenvolvimento cognitivo por agregação desorganizada e complexos, defendida por Vygotsky (1999).
Complexidade do conteúdo	São conceitos abstratos, formulados, com necessidade de compreensão, sendo também necessário na sua formação, abstrair e isolar elementos, examinando-os separadamente da totalidade da experiência concreta de que fazem parte.	Vygotsky (1999); Zabala (1998).
Lacunas conceituais	Falta de informações adequadas para interpretar os fenômenos ocorridos ao nível abstrato da formação conceitual.	Mortimer e Carvalho (1996).
Visão fragmentada	Quando se reduz um todo a seus constituintes fundamentais e tentam explicar os fenômenos a partir deles, perdem a capacidade de entender as atividades do sistema como um todo.	Capra (2002)
Transição entre níveis de realidade	Dificuldade em transitar do conceito apreendido e formulado a um nível abstrato, a novas situações concretas e vice-versa.	Vygotsky (1999).
Apartheid cognitivo	Criam um compartimento para o conhecimento científico incompatível com sua visão de mundo e por não ter significado para sua vida cotidiana.	Cobern (1996) El-Hani e Bizzo (1999, 2002).

Quadro nº 3 – dificuldades de aprendizagem no ensino de conceitos em Biologia

CAPÍTULO 2 - CONCEITO DE RESPIRAÇÃO

Os conceitos que são caracterizados como científicos a exemplo de força, calor e respiração, entre outros, se diferenciam de outros conceitos de áreas diferentes, a exemplo dos conceitos matemáticos, por apresentarem a capacidade de descrever uma relação que pode aparecer em diferentes situações. (ASTOLFI, 2005). O autor explica esse fato afirmando que o “matemático constrói seus próprios objetos enquanto o físico ou o biólogo leva em conta um real que preexiste e que resiste, e que ele vai procurar explicar” (ASTOLFI, 2005, p. 31).

O conceito científico possui um campo explicativo delimitado, porém pode ser definido de diferentes maneiras dependendo do contexto explorado. Para esclarecer melhor essa idéia, e exemplificando a partir do tema em estudo, usaremos a explicação de Astolfi sobre os níveis ou registros de formulação do conceito de respiração. Para ele o “conceito de respiração pode ser definido como uma troca gasosa no nível pulmonar, como um mecanismo de oxidação celular, como um fenômeno de óxido-redução no nível das ultra-estruturas” (ASTOLFI, 2005, p. 31).

Em outros estudos envolvendo o processo respiratório, é possível observar que alguns estudantes apresentam um modelo conceitual de respiração como sendo um processo visível, acontecendo em nível pulmonar e envolvendo o ar atmosférico, como se pode observar na conclusão de Giordan (1998, p. 170).

Para estos alumnos, la respiración se define a partir de los fenómenos visibles, generalmente los movimientos, llegando a ser confundidos con los movimientos de la circulación de la sangre (latidos del corazón). Sólo el 50% de los alumnos relacionan la respiración con una entrada de aire, por el contrario, la salida del aire es percibida por un número mayor del alumnos.

Sá, Carneiro-Leão e Jófili (2005), em estudos recentes com estudantes da 4ª série do ensino Fundamental sobre o conceito de respiração pulmonar, apontaram para a compreensão de que os estudantes apresentam idéias sobre o processo respiratório marcadas pela experiência cotidiana, só conseguindo explicar o que é visível. Assim, relacionam o processo respiratório com o circulatório porque conseguem associar a frequência respiratória com a frequência cardíaca numa experiência de correr.

Alzate (2001) realizou um levantamento acerca do campo conceitual de respiração incorporando um movimento de mudança ao longo do tempo, o qual foi esquematizado para

efeito deste trabalho, destacando as concepções diante de cada momento histórico (Figuras 4, 5 e 6).

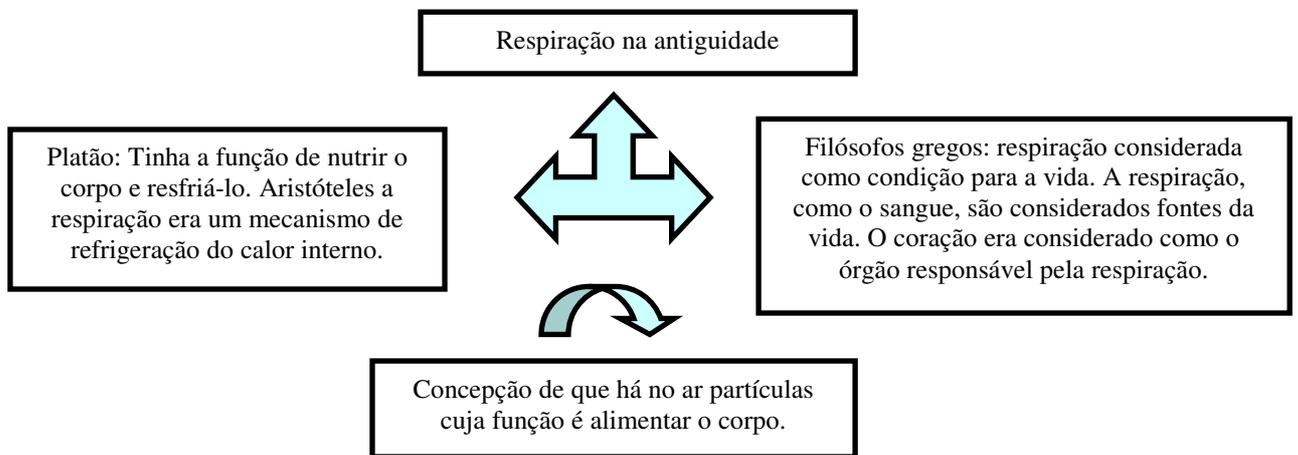


Figura nº 4 – Representação esquemática sobre as concepções de respiração numa concepção vitalista (baseado nos estudos de Alzate, 2001)

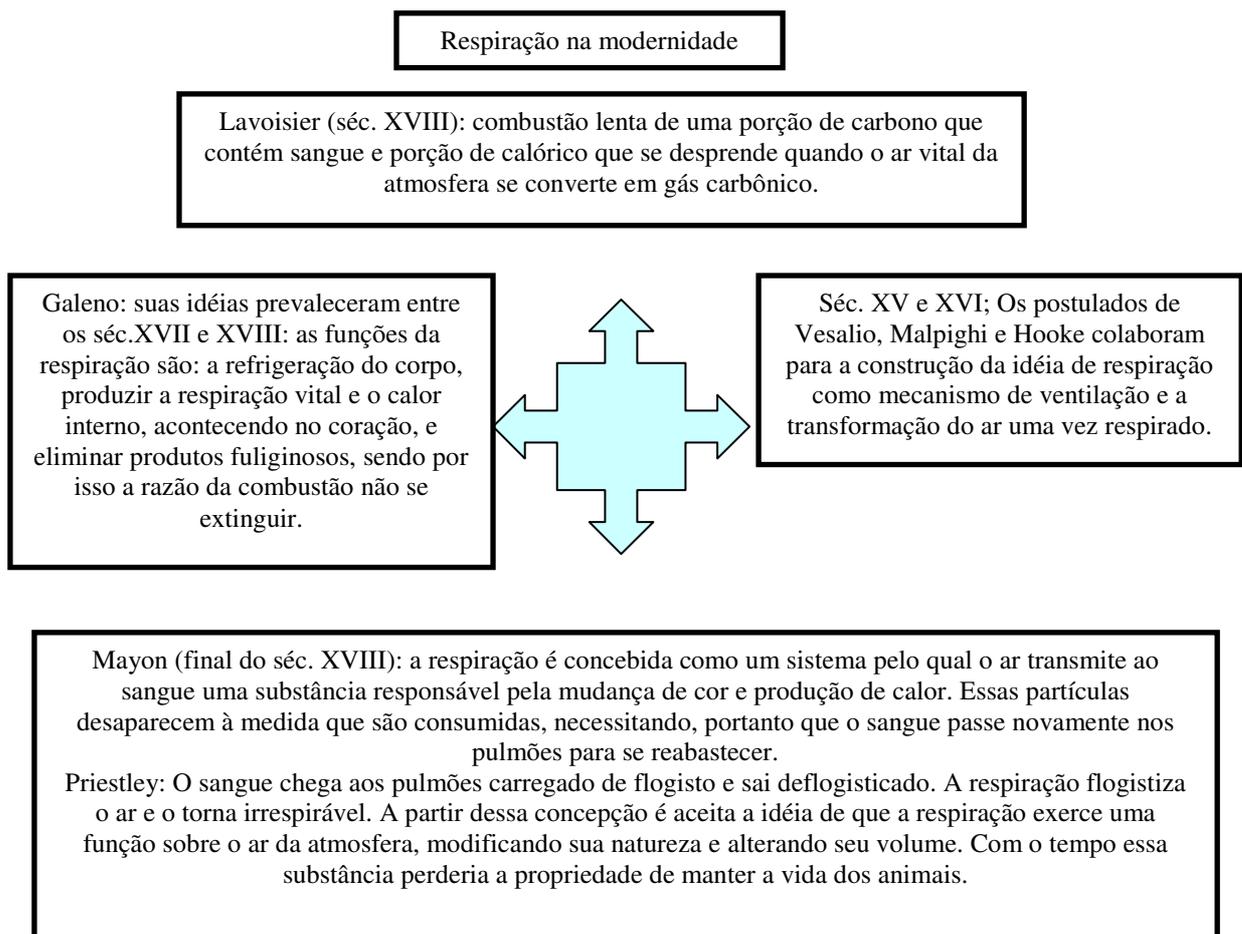


Figura nº 5 – Representação esquemática sobre as concepções de respiração numa concepção determinista (baseado nos estudos de Alzate, 2001)

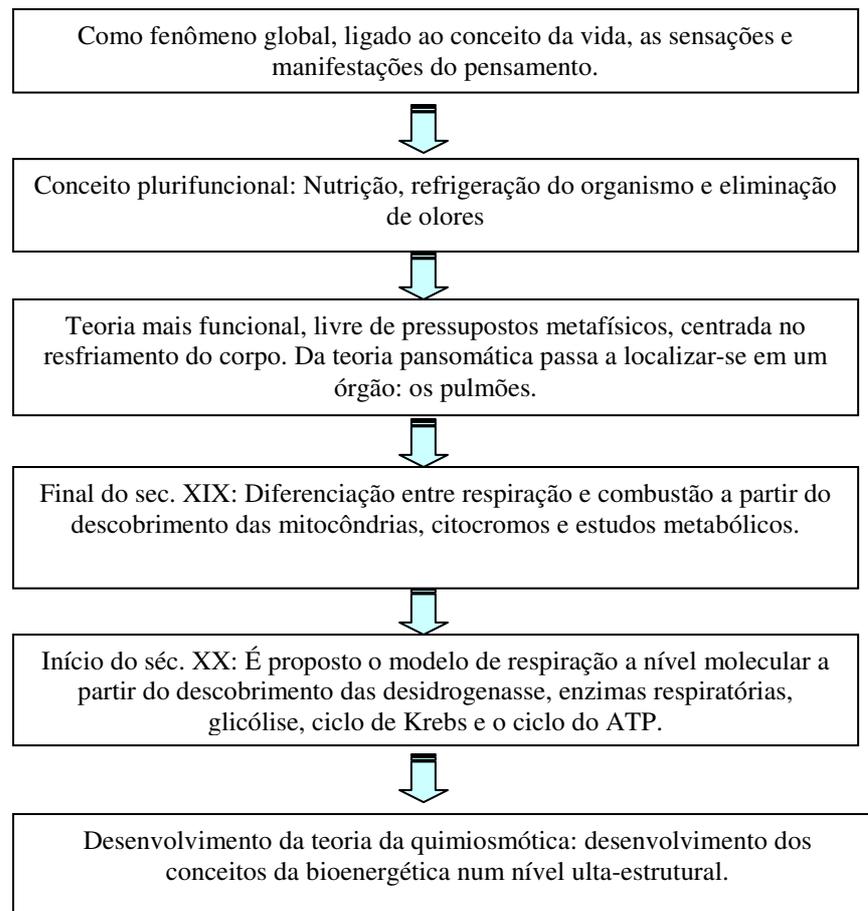


Figura nº 6 - Evolução das idéias a respeito do campo conceitual da respiração até o séc. XX (baseado em Alzate, 2001)

Assim, as concepções vitalista e determinista sobre respiração são fundamentadas especialmente na observação de fenômenos do macro-universo. Deste então, diversos autores têm buscado compreender e definir o processo respiratório. Schmidt-Nielsen (1999) denominou o processo de captação de oxigênio (O_2) e liberação do gás carbônico (CO_2) de respiração. Ao explicar os mecanismos desenvolvidos pelos animais para captação do oxigênio do meio ambiente, faz uma correlação entre estruturas morfológicas e processos funcionais:

Muitos animais pequenos podem captar oxigênio em quantidades suficientes através da superfície corpórea geral, mas a maioria dos animais necessita de órgãos respiratórios especiais para a captação deste gás (SCHMIDT-NIELSEN, 1999, p. 5).

Outros autores, entretanto, como Randall, Burggren e French (2000) tentam relacionar este fenômeno macro, de interação entre o indivíduo e seu meio-ambiente, com fenômenos de natureza celular, evidenciado este processo nas mitocôndrias, afirmando que: “Os animais

obtem oxigênio do ambiente, usando-o para respiração celular” (p. 480). Neste sentido, deve-se ressaltar que desde a antiguidade o homem vem utilizando empiricamente e de forma aplicada a fermentação (fenômenos respiratórios celulares), característica do micro-universo, na produção de pão, de cerveja, do vinho e dos derivados lácteos.

Esta visão está de acordo com Tortora (2001), que explica o fenômeno de captação de oxigênio como sendo um processo realizado pela célula a qual utiliza continuamente o oxigênio para as reações metabólicas que “liberam energia” a partir das moléculas dos nutrientes. Continua sua explicação enfatizando que o “consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono ocorrem nas mitocôndrias devido à respiração celular que ocorre aí” (p. 407).

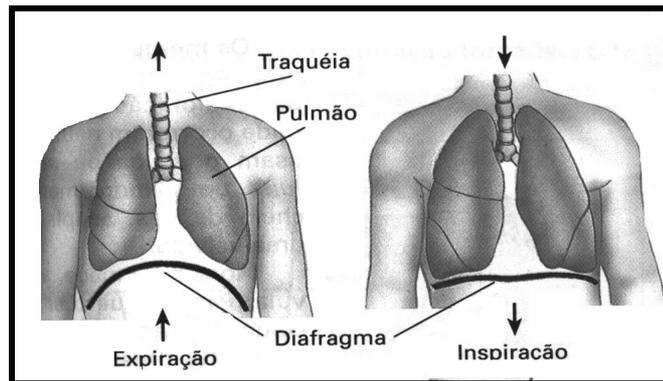
A partir das explicações destacadas acima, é possível compreender que o processo respiratório diz respeito ao conjunto de fenômenos e reações necessárias aos seres vivos para obterem energia e que envolvem fenômenos do macro-universo (trocas gasosas entre os pulmões e o sangue, por exemplo) e fenômenos do micro-universo (celulares ou moleculares), que dizem respeito ao metabolismo celular. Para que a respiração como um todo ocorra, e em qualquer nível de complexidade, se faz necessária a presença do gás oxigênio, encontrado no ar atmosférico (aproximadamente 21%). O oxigênio é importante no processo respiratório, pois atua como receptor final de elétrons nas reações de oxidação existentes no metabolismo celular, com a finalidade de obter energia existente nas ligações químicas dos nutrientes.

Assim, os fenômenos macroscópicos da respiração podem ser resumidos e trabalhados didaticamente de diferentes formas (Quadro 4).

Eventos macroscópicos do processo respiratório	Referência
Movimentos respiratórios; Difusão de oxigênio e dióxido de carbono através do epitélio respiratório; Transporte de gases pelo sangue; Difusão de oxigênio e gás carbônico através das paredes capilares entre o sangue e as células teciduais.	Randall, Burggren e French (2000)
Ventilação pulmonar; Respiração externa (pulmonar); Respiração interna (tecdual).	Tortora (2001)

Quadro nº 4 – Eventos respiratórios

Do ponto de vista macroscópico (anatômico e fisiológico), os movimentos respiratórios nos mamíferos são realizados pelos músculos do diafragma e intercostais (Figura 7). Os movimentos rítmicos desses músculos são controlados pelo centro respiratório, localizado em áreas do bulbo e da ponte no cérebro. Os impulsos sensoriais ajustam a ventilação para manter no nível satisfatório as transferências de gases e o pH sanguíneo (TORTORA, 2001).

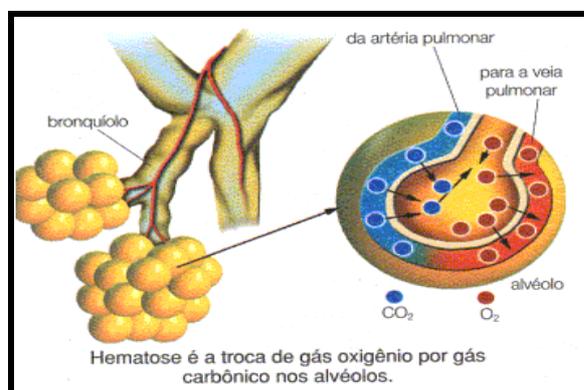


(fonte: <http://www.afh.bio.br/resp/resp2.asp>)

Figura nº 7 - Movimentos respiratórios

Os pulmões nos mamíferos são amplamente divididos em pequenos sacos denominados de alvéolos (Figura 8), cujo papel é aumentar a área de superfície disponível para trocas gasosas. A membrana que recobre os alvéolos deve ser delgada para facilitar o processo de difusão dos gases. Segundo Schmidt-Nielsen (1999), a área de superfície total do pulmão humano é de aproximadamente 100 m^2 . Continua explicando que:

A troca de gases no pulmão ocorre nos alvéolos, a traquéia, os brônquios e suas ramificações são apenas tubos conectores, ao final de uma expiração, esses tubos são repletos com ar “usado” do pulmão e, quando em seguida ocorre a inspiração, este ar é puxado novamente para o interior dos pulmões antes que o ar fresco externo entre” (SCHMIDT-NIELSEN, 1999, p. 31).



Fonte: <http://www.afh.bio.br/resp/resp2.asp>

Figura nº 8 - Trocas gasosas

O oxigênio se difunde através do epitélio respiratório chegando até o sangue onde se combina com uma proteína transportadora presente nas hemácias, a qual contém um metal (comumente ferro ou cobre) e denominada no homem como hemoglobina. Já o dióxido de carbono difunde-se dos tecidos para o sangue sendo também transportado pela hemoglobina (RANDALL, BURGGREN e FRENCH, 2000).

As trocas gasosas entre capilares, alvéolos e tecidos caracterizam os fenômenos conhecidos como respiração externa (ou pulmonar) e respiração interna (ou tecidual). No Quadro 5, resumimos as principais características de cada tipo de respiração.

Tipo de circulação	Característica
Respiração pulmonar	Movimento de oxigênio e dióxido de carbono entre os alvéolos pulmonares e capilares (hematose), transformando o sangue venoso (com CO ₂) em sangue arterial (com O ₂).
Respiração tecidual	Movimento do oxigênio e dióxido de carbono entre os capilares teciduais e as células teciduais, convertendo sangue arterial em sangue venoso.

Quadro nº 5 - Tipos de respiração segundo Tortora (2001)

Uma vez na célula, o oxigênio e os nutrientes obtidos através da alimentação, especificamente a glicose, a qual é a sua fonte de energia preferencial participam do metabolismo energético, cuja função é a obtenção de energia necessária ao funcionamento do organismo, ou seja, a síntese de ATP (RANDALL, BURGGREN e FRENCH, 2000).

Quando não há necessidade imediata de energia, a glicose pode ser convertida em glicogênio pelo fígado (glicogênese) e armazenada no próprio fígado e nas fibras musculares estriadas esqueléticas. Segundo Tortora (2001), se estas “áreas de armazenamento” de glicogênio estiverem lotadas a glicose pode ser convertida em triglicerídeos (lipogênese), e armazenada no tecido adiposo. Quando há necessidade de energia ou quando a regulação da glicemia é premente, o glicogênio e os triglicerídeos podem ser reconvertidos em glicose.

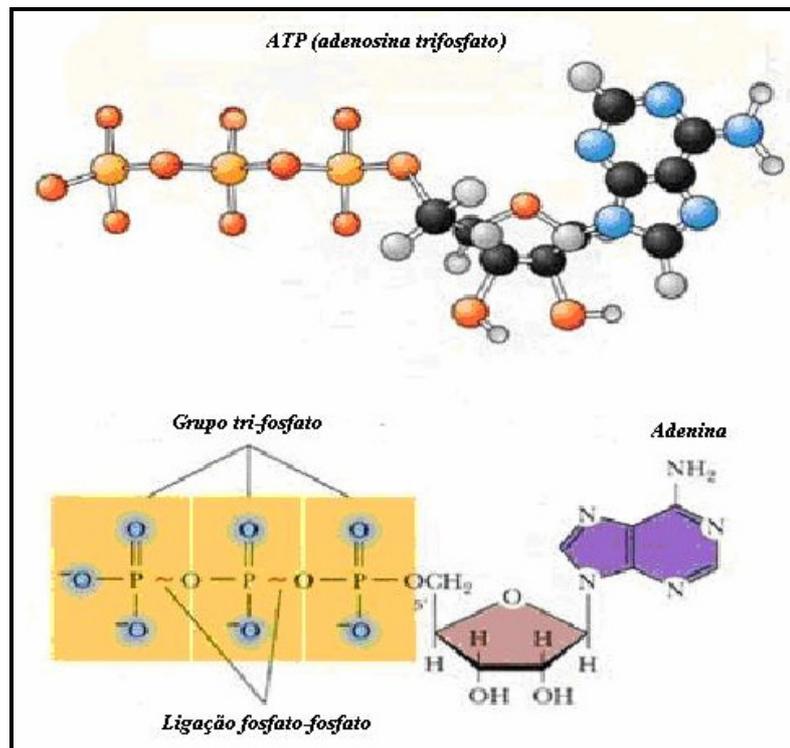
O termo *respiração celular* é freqüentemente utilizado no ensino do conjunto de eventos metabólicos necessários para a obtenção de energia (síntese de ATP) que são:

1. Glicólise; 2. Conversão de piruvato a acetil-CoA; 3. Ciclo dos ácidos tricarboxílicos (TCA; sinônimos: ciclo do ácido cítrico, ciclo de Krebs); e 4. Fosforilação oxidativa, via cadeia transportadora de elétrons. O objetivo geral desse conjunto de eventos é a síntese de ATP, a partir da conversão da energia contida nas ligações químicas da molécula de glicose (VOET, VOET e PRATT, 2000).

Sempre que as trocas gasosas, durante a respiração pulmonar estiverem ocorrendo adequadamente, assim como o transporte dos gases (O_2 e CO_2) até os tecidos, vai ser favorecida a migração do piruvato citosólico (produto final da glicólise aeróbica), que ocorre sempre que existe um influxo adequado de O_2 para a mitocôndria, onde irão ocorrer na mitocôndria os eventos 2, 3 e 4 supracitados. Neste caso, a síntese de ATP é otimizada.

Na glicólise ocorre a oxidação e quebra da glicose, originando dois ácidos pirúvicos. Segundo Champe e Harvey (2002), a “rota glicolítica é empregada por todos os tecidos para a degradação da glicose para fornecimento de energia na forma de ATP (trifosfato de adenosina) e intermediário para outras rotas metabólicas” (p. 93).

O ATP é uma molécula orgânica, constituída por uma base nitrogenada (adenina), uma ribose e três grupos fosfatos conforme mostra a Figura 9. A glicólise pode ocorrer na ausência de oxigênio, sendo conhecida como “respiração celular anaeróbica” Ao final da glicólise tem-se como produto quatro moléculas de ATP (duas moléculas são utilizadas no processo) com ganho real de dois ATP, água, duas moléculas de coenzima $NADH + H^+$ e duas moléculas de piruvato.



(Fonte: http://www.hksports.net/hkpe/human_body/atp.htm)

Figura nº 9 - Estrutura química do ATP

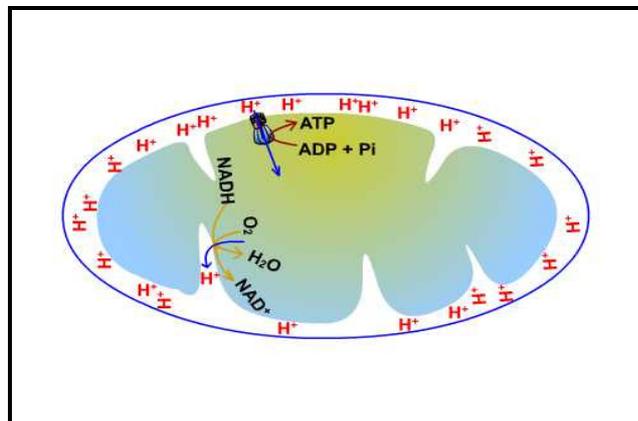
Se, entretanto, as condições da respiração pulmonar forem desfavoráveis, haverá uma reação adicional à glicólise, pois o piruvato será convertido à lactato, o qual poderá ter destinos diversos, dependendo do tecido considerado. No fígado, por exemplo, o lactato pode alimentar o TCA (gerando mais CO_2) ou ser redirecionado para a gliconeogênese. No coração, a tendência do lactato é ser degradado no ciclo de Krebs, com nova liberação de CO_2 .

É importante lembrar que o metabolismo é integrado, pois outras moléculas como os lipídeos e as proteínas podem ser degradados, produzindo acetil-CoA ou intermediários do TCA. Assim, se este funciona normalmente haverá liberação de CO_2 em qualquer situação (jejum, alimentação, exercício), independente de ocorrer uma “entrada” adequada de O_2 , ou seja, se ocorrer glicólise aeróbica ou anaeróbica. Uma vez que o CO_2 produzido nas células precisa ser difundido e eliminado para o meio ambiente através da respiração pulmonar, esta é conseqüente aos eventos celulares.

O Acetil-CoA ocupa uma posição privilegiada no metabolismo, podendo ser sintetizado utilizando coenzima A e o piruvato produzido na glicólise aeróbica ou partir da oxidação dos

ácidos graxos, que ao atravessarem as membranas mitocondriais geram acetato na matriz mitocondrial, o qual se liga à Coenzima A, formando acetil-CoA. A conversão de piruvato a acetil-CoA envolve um complexo de reações enzimáticas ocorrendo liberação de CO_2 da mitocôndria e produção de NADH e H^+ .

O acetil-CoA alimenta o ciclo dos ácidos tricarboxílicos (TCA). Nesta etapa ocorre uma série de reações de oxirredução na matriz mitocondrial. No ciclo ocorre uma seqüência cíclica de reações enzimáticas onde enzimas da classe das desidrogenases proporcionam a liberação de átomos de hidrogênio, os quais são captados pelas coenzimas NAD^+ e FAD^+ . Estas conduzem esses átomos ao sistema transportador de elétrons, formado por enzimas e compostos não enzimáticos organizados na membrana mitocondrial interna. Sua função é transferir gradualmente os elétrons dos átomos de hidrogênio para o oxigênio, cedendo energia ao longo desse processo. Esta energia é dirigida para as ATP sintetases, culminando na síntese de ATP, a partir de $\text{ADP} + \text{Pi}$ (JUNQUEIRA E CARNEIRO, 1997), como podemos observar na Figura 10.



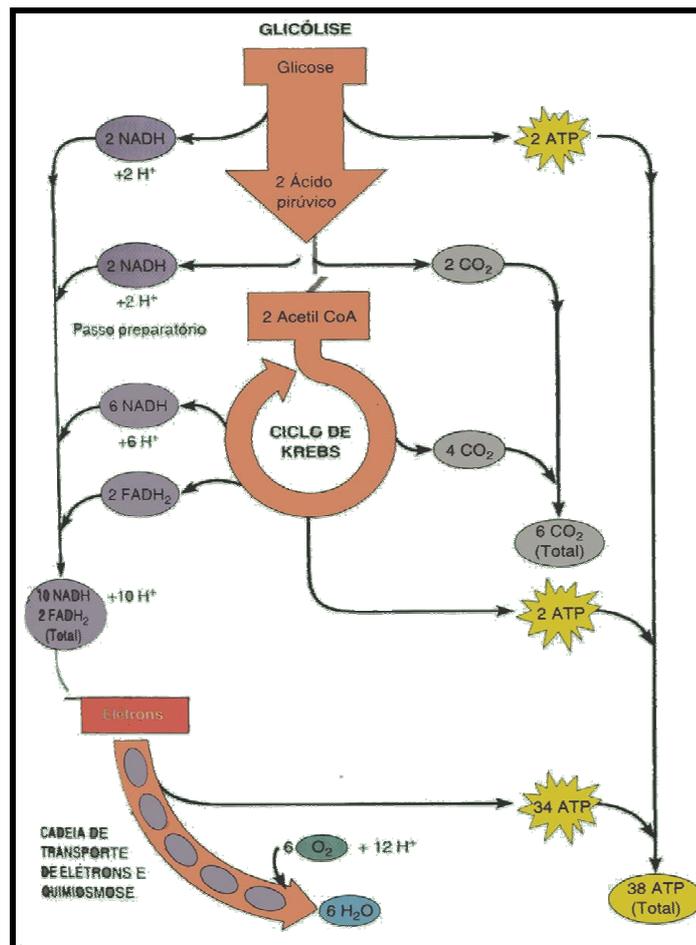
(Fonte: http://www.biologia.edu.ar/animaciones/generacion_de_energia.htm)

Figura nº 10 - Representação esquemática dos eventos de síntese de ATP, como parte do metabolismo energético mitocondrial.

Junqueira e Carneiro (1997) continuam afirmando que no final, esse processo produz O^- (via citocromo-oxidase), o qual se combina com os prótons produzindo H_2O . A maior parte do ATP é sintetizada nesta fase metabólica. Estima-se que cerca da metade da energia obtida através da síntese de nutrientes seja armazenada sob a forma de ATP e a outra metade é dissipada sob a forma de calor, utilizados pelos seres homeotérmicos para manutenção da temperatura corporal.

Quando comparado a glicólise o processo de fosforilação oxidativa é de alto valor energético. Provavelmente a glicólise surgiu primeiro e durante a evolução houve um mecanismo de aperfeiçoamento do processo respiratório, o que levou ao desenvolvimento da fosforilação oxidativa (JUNQUEIRA E CARNEIRO, 1997).

Assim, o O_2 adquirido através dos fenômenos da respiração pulmonar (evento do macro universo) é transportado via hemoglobina/hemácia até os tecidos e células, onde é utilizado para otimizar a síntese de ATP a partir da glicólise aeróbica, TCA e fosforilação oxidativa (eventos do micro universo). Todo CO_2 produzido ao longo desse conjunto de transformações metabólicas celulares é transportado para os pulmões, sendo eliminado através da expiração pulmonar (novamente, um evento do macro universo). A Figura 11 apresenta de forma resumida os eventos celulares envolvidos no metabolismo energético.



(Fonte: <http://www.unb.br/ib/cel/microbiologia/metabolismo/metabolismo.html>)

Figura nº 11 - Esquema dos eventos celulares do metabolismo energético, segundo a concepção de Tortora.

Com o objetivo de acompanhar a evolução do conceito de respiração, dividimos o nosso estudo em duas partes: a primeira diz respeito à identificação e descrição longitudinal do perfil conceitual de respiração em cada etapa da formação acadêmica do indivíduo, desde a 4ª série do Ensino Fundamental até a pós-graduação (mestrado em Bioquímica). A segunda prevê a identificação das dificuldades de aprendizagem para a formação do conceito pretendido.

É comum encontrar nos estudos sobre evolução conceitual comparações entre as concepções dos estudantes com as idéias científicas em diferentes épocas da história das Ciências (Giordan *et al.*, 1988; Nussbaum, 1989; Nersessian, 1992; Giordan & de Vecchi, 1995). Porém, consideramos relevante apresentar inicialmente alguns aspectos históricos sobre a evolução do referido conceito e concluir com modelo explicativo mais próximo do que é aceito atualmente pela comunidade científica, como sendo um elemento de enriquecimento na compreensão da evolução conceitual de respiração dentro da experiência escolar.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

1. Considerações

Este estudo busca traçar o perfil evolutivo do conceito respiração em diferentes momentos de escolaridade. Na revisão de literatura percebemos que alguns estudos sobre a evolução conceitual apontaram, como uma etapa necessária no processo de evolução, a ocorrência de uma ruptura do indivíduo com as suas concepções alternativas, como podemos observar na definição de Posner sobre mudança conceitual:

[...] o processo pelo qual os conceitos centrais e organizadores de uma pessoa se modificam de um conjunto de conceitos a outro, **incompatível** com o primeiro. (POSNER *et al.*, 1982, p. 211, *apud* EL-HANI e BIZZO, 1999, p. 11) (grifo nosso).

Para Aguiar Jr. (2001), os estudos sobre evolução conceitual promoveram um amplo conhecimento sobre as concepções dos estudantes, embora tenha fortalecido a concepção de aprendizagem em Ciências como sendo a resultante das mudanças conceituais defendidas por Posner. Porém, contrários a Posner, há estudiosos que defendem a convivência de idéias contraditórias na formação do campo conceitual de um indivíduo, desde que empregadas em contextos diferentes (EL-HANI e BIZZO, 1999). Neste trabalho foi adotada a concepção defendida por El-Hani e Bizzo (1999) e Mortimer (2000).

Atualmente se reconhece a complexidade existente no estudo da evolução conceitual e a necessidade de estudos longitudinais onde se integrem às concepções alternativas dos estudantes com o conhecimento produzido em determinada área (ALZATE, 2001). Alguns autores lamentam a existência de “poucos estudos sobre os aspectos epistemológicos do conhecimento prévio dos estudantes e sua evolução ao longo da escolaridade” (AGUIAR JR., 2001).

Segundo Alzate (2001), dentro dos diferentes tipos de investigação sobre evolução conceitual, vem se destacando o tipo microgenético, compreendido por Goes (2000, p. 9):

[...] trata-se de uma forma de construção de dados que requer a atenção a detalhes e o recorte de episódios interativos, sendo o exame orientado para o funcionamento dos sujeitos focais, as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação, resultando num relato minucioso dos acontecimentos. Frequentemente, dadas as demandas de registro implicadas, essa análise é associada ao uso de videogravação, envolvendo o domínio de estratégias para a filmagem e a trabalhosa atividade de transcrição. A análise microgenética pode ser o caminho exclusivo de uma investigação ou articular-se a outros procedimentos, para compor, por exemplo, um estudo de caso ou uma pesquisa participante.

Em nosso estudo, porém, nos aproximamos do método clínico utilizado por Piaget nos estudos da inteligência e psicologia do desenvolvimento de indivíduos em evolução. Embora o método estude o sujeito individualmente, Piaget buscou o que é universal no sujeito (BATISTELLA *et al.*, 2005).

[...] o método clínico estuda o sujeito individualmente, motivando as intervenções do pesquisador de acordo com a atuação do sujeito, buscando esclarecer qual o sentido que ele está dando ao que lhe foi proposto (DELVAL, 1994).

[...] Baseia-se no pressuposto de que os sujeitos têm uma estrutura de pensamento coerente, constroem representações da realidade à sua volta e revelam isso ao longo da entrevista ou de suas ações (DELVAL, 2002, p. 70).

Batistella *et al.* (2005) em seu estudo destacam algumas características do método clínico que o diferenciam de outros métodos: (a) não tem uma seqüência fixa de questões, o que o torna bem flexível; e (b) o investigador pode modificar o vocabulário no decorrer dos questionamentos, adequando-o aos traços do sujeito que pretende estudar, pois serão as respostas deste que direcionarão o ritmo e a seqüência da entrevista, enquanto o investigador lança novas hipóteses para comprovar e deixar claro o curso do pensamento da criança.

A análise dos dados consiste numa tarefa complexa e difícil, pois a utilização de questões abertas faz com que os dados sejam muito variados. Isto requer que o investigador esteja atento aos seus objetivos e a sua hipótese para definir o que é importante em seu estudo, tendo como resultado a categorização das respostas em estágios de desenvolvimento (DELVAL, 1994; 2002).

A “essência do método consiste na intervenção sistemática do experimentador diante da atuação do sujeito e da resposta às suas ações ou explicações” estabelecendo uma interação durante a entrevista (DELVAL, 2002, p. 68).

O modelo de pesquisa adotado neste estudo se enquadra na definição de pesquisa qualitativa proposta por Lüdke e André (1986), que descrevem o estudo qualitativo como envolvendo a obtenção de dados descritivos a partir do contato direto do pesquisador com o seu objeto de investigação.

Realizamos um estudo longitudinal, com o objetivo de traçar o perfil da evolução do conceito de respiração, de forma descritiva, diante de diferentes etapas de escolarização dos indivíduos pesquisados. Para tal trabalhamos com atividades respondidas individualmente, buscando o máximo de informações por parte do estudante, sobre o conceito de respiração, abrangendo

tanto os fenômenos macroscópicos quanto os microscópicos. As categorias de análise foram construídas a partir das respostas dadas pelos estudantes em suas atividades e pelos dados obtidos na descrição da evolução histórica do conceito de respiração (perfil evolutivo).

2. Amostra

Trabalhamos com estudantes do Ensino Fundamental (4^a e 8^a séries), estudantes do Ensino Médio (3^a série) de uma escola pública estadual da área metropolitana do Recife, estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e Mestrandos em Bioquímica, de Universidades Públicas.

Os estudantes da 4^a série do Ensino Fundamental encontram-se na faixa etária compreendida entre 10 e 13 anos; na 8^a série do Ensino Fundamental os estudantes estão entre 14 e 17 anos; e no Ensino Médio os estudantes estão entre 18 e 40 anos.

O critério utilizado para a escolha das séries foi o de séries terminais para os Ensino Fundamental e Médio e, para a Licenciatura, já ter cumprido os créditos que contemplam o estudo do metabolismo dos carboidratos. Em relação ao Mestrado em Bioquímica foram pesquisados estudantes do último ano, por terem, supostamente, um nível de formação mais aprofundado sobre o conceito de respiração. Como representado esquematicamente na Figura 12.

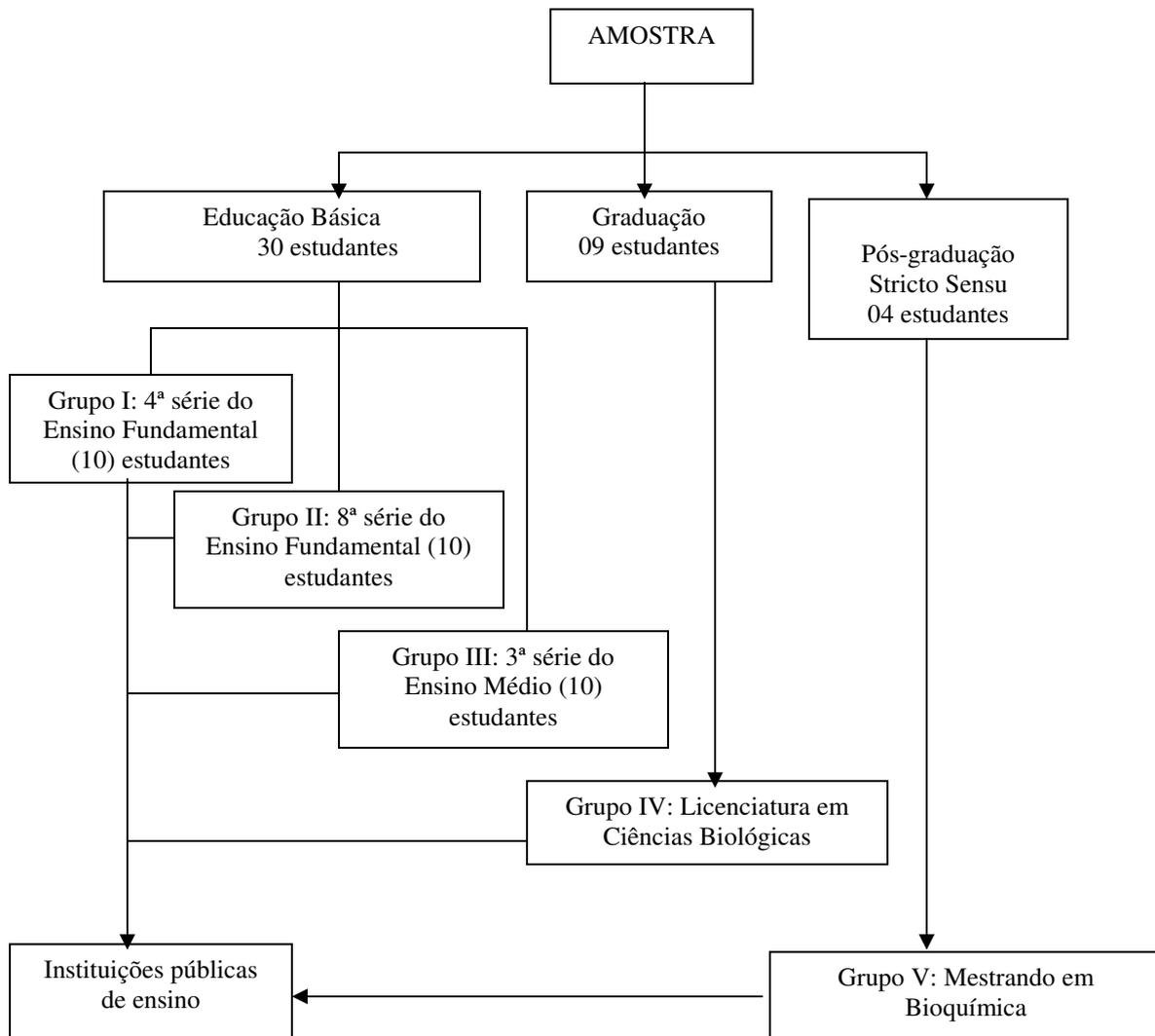


Figura nº 12 – Esquema apresentando a amostra.

3. Instrumentos

Foram aplicadas diversas atividades (vide Apêndice F) em sala de aula, divididas em etapas, para coletar as idéias formadas sobre respiração pelos estudantes. Na Educação Básica foi utilizado para cada etapa 3 h/a (50 minutos cada h/a), no curso de graduação foi utilizado 2 h/a para aplicação de todas as etapas e no mestrado a aplicação das atividades foi feita individualmente de acordo com a disponibilidade de cada estudante.

As atividades foram elaboradas de forma diversificada (figuras 13, 14 e 15), com o objetivo de obter o máximo de diversidade de concepções de respiração para a elaboração do perfil conceitual, explorando perguntas discursivas, leitura e interpretação de gráficos, desenho do corpo humano identificando os órgãos do sistema respiratório, construção e interpretação de modelo conceitual em sala, elaboração de esquemas mentais por parte dos estudantes e análise de situações-problema. Além da evolução conceitual de respiração, também identificamos as dificuldades diagnosticadas na aprendizagem do conceito de respiração e o levantamento das concepções alternativas dos estudantes sobre o conceito em estudo, nas diferentes etapas de escolarização, estabelecendo uma comparação entre os resultados de cada etapa. Em cada grupo as atividades foram aplicadas obedecendo as seguintes etapas:

Grupos I e II: As atividades foram aplicadas em três etapas:

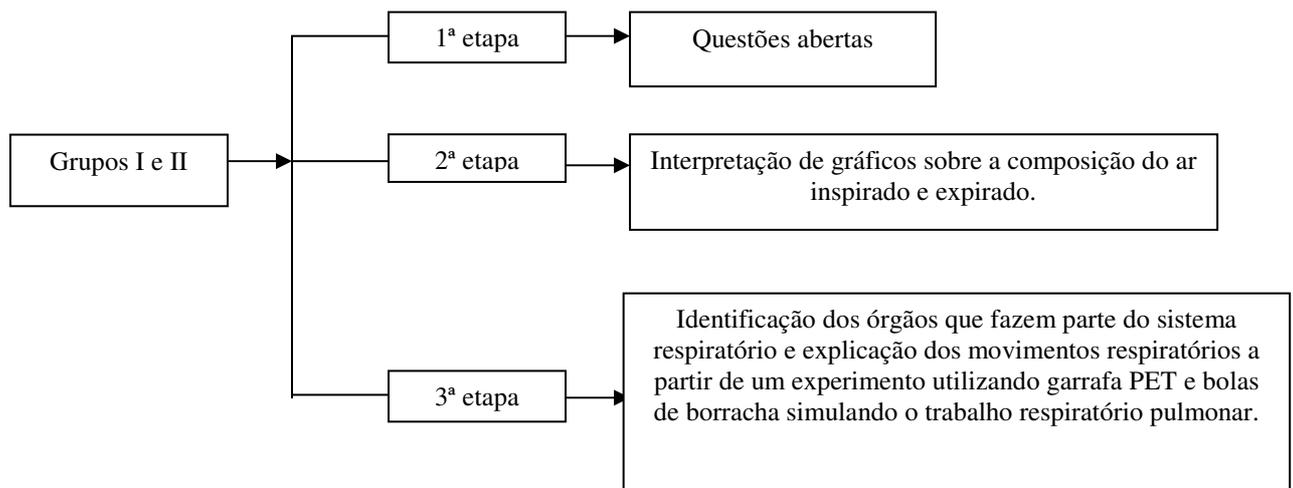


Figura nº 13 – Atividades dos grupos I e II.

Grupo III: As atividades foram aplicadas nas seguintes etapas:

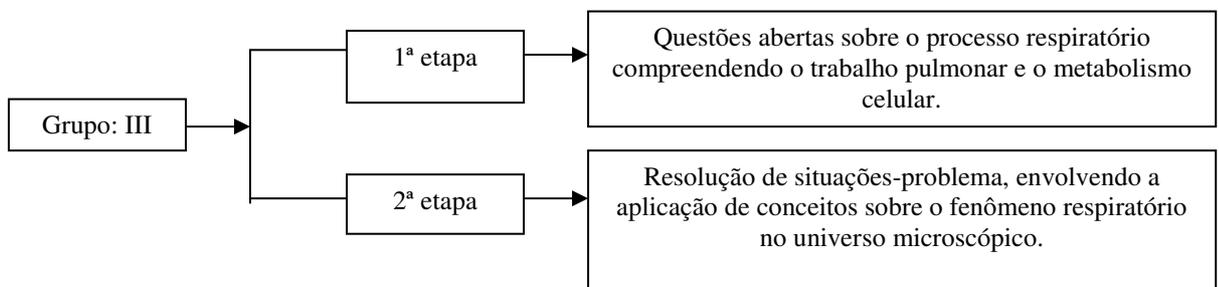


Figura nº 14 – Atividades dos grupos III.

Grupos IV e V: As atividades foram aplicadas em três etapas:

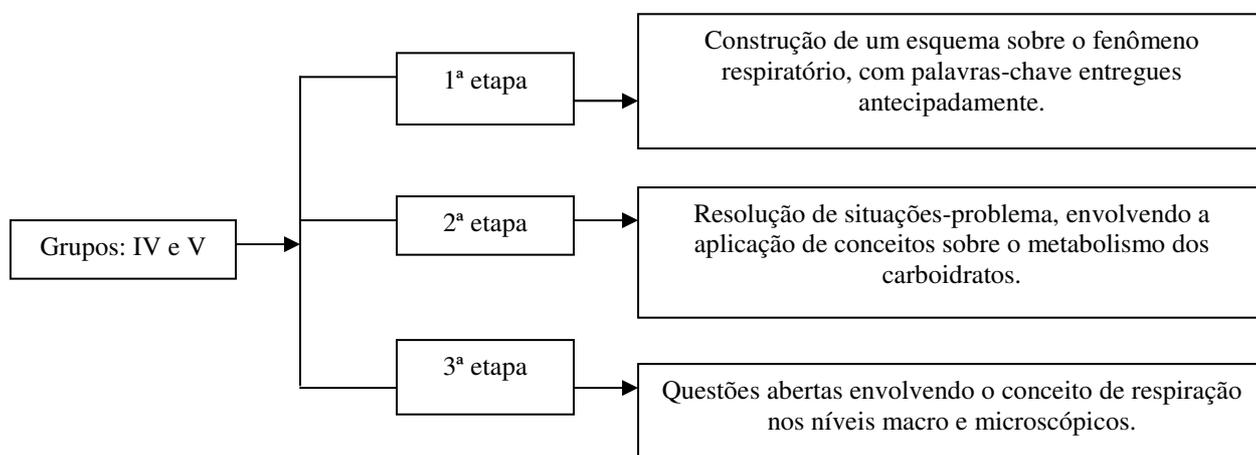


Figura nº 15 – Atividades dos grupos IV e V.

Além das atividades propostas, utilizamos outros instrumentos para coleta de dados que foram considerados na fase de análise. São eles:

- Observação informal nos momentos de aplicação das atividades;
- Tipos de interações ocorridas durante a aplicação das atividades;
- Comportamento dos estudantes;
- Anotações pessoais do observador.

4. Procedimentos

Considerando que os objetivos do presente estudo foram a proposição do perfil evolutivo de respiração a partir de diferentes etapas da formação acadêmica de um indivíduo e a identificação das dificuldades de aprendizagem na construção do conceito de respiração, julgamos necessário:

- obter dos estudantes através de atividades escritas, elementos para a descrição das concepções alternativas sobre o conceito de respiração;
- comparar e analisar as respostas dos estudantes nos diferentes níveis de escolaridade como forma de estabelecer uma compreensão dos dados coletados;

- realizar o levantamento das dificuldades a partir das respostas dos estudantes.

5. Critérios para Análise dos Dados

Para o levantamento das concepções alternativas dos estudantes foram construídos indicadores de análise a partir de suas respostas, visando: (a) categorizar as respostas tomando como referência o conhecimento científico e as teorias que dão suporte ao entendimento dos mecanismos utilizados na gênese do conhecimento e (b) analisar as concepções dos estudantes à luz dos diferentes modelos construídos historicamente sobre respiração na construção do perfil.

Para a análise das dificuldades foram criadas, a partir das respostas dos estudantes, as seguintes categorias: efeito da distorção; agregação desorganizada; complexidade do conteúdo; lacunas conceituais; visão fragmentada; transição entre níveis de realidade; e Apartheid cognitivo.

Finalmente, para caracterizar as zonas do perfil evolutivo de respiração foram propostas as categorias vitalista, mecanicista, ultra-estrutural e sistêmica, baseadas no estudo das concepções alternativas e na construção do conceito de respiração através da história e que podem ser visualizadas no Quadro 6.

CAPÍTULO 4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

1. Concepções dos Estudantes do Ensino Fundamental I

A partir das atividades, foi possível ter uma noção de como os estudantes das séries investigadas organizam suas idéias sobre o processo de respiração. É importante destacar que, no grupo avaliado do Ensino Fundamental I, o conteúdo sobre respiração não havia sido abordado pela professora da turma, favorecendo uma coleta nesta etapa de escolarização baseada na construção do aluno a partir das relações estabelecidas no espaço escolar e fora dele.

Os PCN/Ciências Naturais do 1º e 2º ciclos do Ensino Fundamental sugerem que o estudo do corpo humano seja abordado como um todo integrado em que os diversos sistemas realizam funções específicas, interagindo e garantindo a manutenção do todo e o equilíbrio do corpo (saúde), a partir das interações com o meio (BRASIL, 1997, p. 93). Com respeito a esta visão, no que diz respeito ao metabolismo energético, os PCN/Ciências Naturais 1º e 2º ciclos sugerem:

As substâncias alimentares que chegam a todas as partes do corpo combinam-se com o oxigênio, liberando energia. É essa energia que o corpo usa para realizar suas atividades e manter sua temperatura. Esta informação deve ser transmitida pelo professor aos alunos, pois a compreensão do processo da respiração em sua totalidade (incluindo o que ocorre em nível celular e as trocas gasosas nos pulmões) abrange conhecimentos complexos, mas é importante que os alunos saibam o papel do oxigênio no corpo humano. É possível, entretanto, o estudo das vias respiratórias, os mecanismos de ventilação dos pulmões e as trocas gasosas entre os pulmões e o sangue (BRASIL, 1997, p. 96).

Quanto aos conteúdos sugeridos para o segundo ciclo, relativos a fatos, conceitos, procedimentos, valores e atitudes relacionados com o fenômeno respiratório, os PCN/Ciências Naturais 1º e 2º ciclos sugerem:

[...] estabelecimento de relações entre os diferentes aparelhos de sistema que realizam as funções de nutrição para compreender o corpo como um todo integrado: transformações sofridas pelo alimento na digestão, na respiração, transporte de materiais pela circulação e eliminação de resíduos pela urina (BRASIL, 1997, p. 99).

Durante a aplicação das atividades, foi possível observar algumas idéias predominantes entre os estudantes investigados e alguns comportamentos que podem servir como elementos para a análise dos dados:

- nas questões que exigiam reflexão e abstração os estudantes demonstraram comportamento de recusa em responder as questões, ficando dispersos e alheios à tarefa, procurando fazer outra atividade; em outras ocasiões, não demonstraram habilidades para formular hipóteses, respondendo somente o que era possível observar;
- depois de respondidos os itens (ou durante as respostas), os estudantes demonstraram uma grande ansiedade em confrontar as respostas entre si;
- por mais que fosse explicado que nas tarefas propostas não existiam respostas certas ou erradas e o objetivo era saber o que cada aluno conhecia sobre determinada situação, eles insistiam em perguntar se as respostas estavam “certas” ou “erradas”;
- em relação ao gráfico do ar inspirado e expirado, os estudantes tiveram dificuldades para fazer a leitura associando os dados dos gráficos aos movimentos respiratórios. Foi necessário fazer uma pequena intervenção para auxiliar na leitura do mesmo.

As respostas dos estudantes quanto ao conceito de respiração pulmonar estão apresentadas na Tabela 1 (A, B, C) referentes às sínteses da 1ª etapa da aplicação do teste.

Tabela nº 1 (A, B, C) - Sínteses das respostas dos estudantes do Ensino Fundamental I - 1ª Etapa

A

Como explicam a respiração		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Relaciona a respiração à preservação da vida ou perda de fôlego.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10	90
Identifica como trocas gasosas.	4	10
Total	10	100

B

Como relacionam a respiração com outras funções orgânicas		
Indicadores de análise	Estudantes	%
O coração controla a respiração	2, 4, 6	30
Aceleração da respiração ligada ao movimento do corpo (correr e andar) e cansaço físico.	7, 8	20
Aceleração da respiração relacionada com a necessidade de energia	3	10
Aceleração da respiração relacionada com necessidade de ar	5, 10	20
Aceleração da respiração relacionada com necessidades de alimento e água	1, 9	20
Total	10	100

C

Como identificam a liberação de energia para executar diferentes atividades		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Associa a produção de energia exclusivamente aos alimentos	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
Total	10	100

Observamos que há uma predominância na compreensão de que a obtenção de energia passa pelos alimentos (Tabela 1-C), porém não se associa a função respiratória a esse processo. Só o aluno 3 fez referência à respiração como um processo de obtenção de energia (Tabela 1-B). A respiração é apontada como sendo um processo importante para a manutenção da vida e o coração como é o responsável pelo seu controle. Essa idéia surge quando o aluno explica a relação existente entre o ato de correr e o fato da respiração acelerar. Também existe a compreensão de que a aceleração da respiração se deve à necessidade orgânica que surge a partir do ato de correr, como por exemplo, necessidades de: energia, alimento, ar ou o fato de ficar cansado (Tabela 1- A e 1- B).

Outra idéia interessante que surge discretamente ao longo dessa primeira parte, só se evidenciando nos desenhos, é a compreensão de que o ar circula através de “canos” que se localizam na garganta e em outras partes do corpo (Tabela 2).

Tabela nº 2 - Representações a partir do desenho do corpo humano - Ensino Fundamental I

I Etapa

Indicadores de análise	Estudantes	%
Representa nariz e boca	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	90
Representa pulmões	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	90
Identifica o movimento do ar dentro dos pulmões	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	80
Representa o movimento do ar passando pela barriga e pulmões	1	10
Representa o ar passando por todo corpo	8	10
Representa as vias respiratórias	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	90
Não representa as vias respiratórias	10	10
Identifica vias respiratórias como “canos”	6, 8	20
Identifica o “cano” como via de transporte de ar pelo corpo e coração	8	10
Identifica entrada e saída de ar	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10	70

A partir dos desenhos feitos pelos estudantes e de sua categorização, foi possível visualizar as idéias que os estudantes têm em relação à respiração pulmonar. É muito forte a compreensão entre eles de que a respiração é um fenômeno de movimentação do ar entre o ambiente e o homem. Seria a passagem do ar através das narinas, se deslocando até os pulmões através de

“canos”, e daí retornando para sair através da boca. Somente o aluno 8 apresentou a idéia de que esses “canos” estão ligados ao sangue e ao coração, (Figura 16)

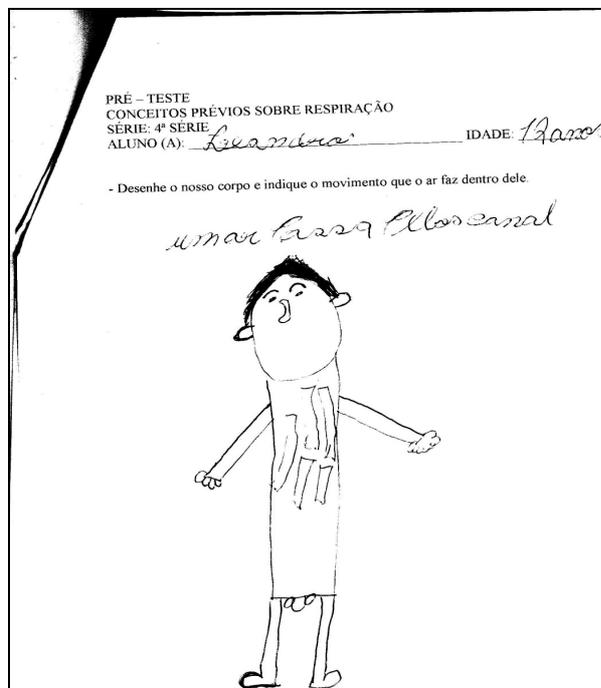


Figura nº 16 - Representação pictórica do sistema respiratório por aluno do Ensino Fundamental I

Nessa fase da coleta de dados, as respostas do aluno 8 nos chamaram especialmente a atenção, uma vez que não coincidiam com o desenho apresentado. Através de perguntas, notamos que nesse momento o aluno refez o seu pensamento, reorganizando suas idéias. É como se estas estivessem desarticuladas e, sendo reelaboradas a partir dos questionamentos em torno do assunto. Transcrevemos abaixo trechos do diálogo travado com o aluno.

Aluno: 8 (12 anos)

P - Você, no seu desenho, indicou que o ar passa por “canos”. Como é que isso acontece? Como é que o ar se movimenta no corpo?

A - Eu acho que o ar passa pelos pulmões, vem pela garganta e sai pela boca e pelo nariz.

P - O que acontece com o ar quando chega aos pulmões?

A - Ele faz a gente ficar forte e dá energia, essa energia tem que chegar no corpo.

P - E como é que você acha que isso acontece?

A - A energia passa por todos os órgãos.

P - Como?

A - O ar tem que passar em todos os órgãos. O ar não fica nos pulmões.

P - O ar não fica nos pulmões? E como é que ele chega aos órgãos?

A - O ar tem que passar também nos órgãos. Eu disse errado, professora. Uma hora eu disse que era nos pulmões, mas estou vendo que não pode ser. Ele tem que

passar em todos os órgãos para dar energia. Eu pensei direitinho e não pode passar só nos pulmões.

P - Mas como é que o ar passa dos pulmões para os órgãos?

A - É a força do ar, faz o ar ir a todos os órgãos.

P - Mas com é que isso acontece?

A - Do mesmo jeito que ele chega a todos os órgãos ele volta passando por todos os órgãos. A força do ar empurra o ar para todos os órgãos e para sair também.

Na segunda etapa de aplicação dos testes, observamos uma predominância na concepção dos estudantes, de que as diferentes composições dos gases, no ato de inspiração e expiração estão ligadas à concepção de que o ar é “puxado” para dentro do corpo e é mais “forte” na inspiração (Tabela 3) razão pela qual alguns estudantes justificam a concentração maior de O₂ na inspiração dos gases. A maioria dos estudantes demonstrou compreender que o ar se desloca para os pulmões, porém não consegue explicar o que acontece nesse local, levantando-se muitas hipóteses, (Tabela 3-B).

Tabela nº 3 (A, B, C, D, E, F) - Síntese das respostas dos estudantes - Ensino Fundamental I -

II Etapa

A

Relação das taxas do O₂ e CO₂ na composição do ar inspirado e expirado		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Relaciona força com o esforço necessário para realizar as trocas gasosas, relacionando a inspiração com o ato de puxar o ar mais forte e identificando o CO ₂ com o ar que tem mais força para sair.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8	70
Fica ar retido nos pulmões	9, 5	20
Não explica	10	10

B

O que acontece com o ar nos pulmões		
Indicadores de análise	Estudantes	%
O ar chega nos pulmões e sai do corpo	3, 4, 7	30
Vai para toda parte do corpo	8	10
Fica leve	9	10
Não explica	2, 10	20
Transforma em O ₂	5	10
Não respondeu	1, 6	20

C

Importância do Oxigênio		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Associado ao fenômeno de respiração e manutenção da vida	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9	80
Não respondeu	6	10
Caracterizou o oxigênio como forte	10	10

D

Para onde é levado o Oxigênio no corpo		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Levado para os pulmões	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10	80
Levado para fora do corpo	5	10
Não respondeu	6	10

E

Onde é liberado energia em nosso corpo		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Nos pulmões	6, 9	20
Na barriga	3, 4, 7	30
No coração	1, 5, 8	30
Não respondeu	2	10
Não explica	10	10

F

Trocas gasosas entre pulmões e ambiente		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Relaciona as trocas gasosas com os movimentos de inspiração e expiração	1, 3, 4, 5, 7, 8	60
Não explica as trocas gasosas	9, 10	20
Não respondeu	2,6	20

Essas hipóteses tentam explicar tanto as diferentes composições de gases como a idéia de retorno dos gases para fora do corpo. Na realidade, os estudantes não conseguem ter uma concepção formada da fisiologia da respiração pulmonar, mas apresentam concepções que apontam para o fato de haver algum processo nos pulmões que pode dar conta tanto da composição dos gases como da função do oxigênio no processo respiratório, (Tabela 3-B e 3-D) Na Tabela 3-C observa-se uma relação predominante quanto a importância do gás oxigênio ser importante para a manutenção da vida.

Com relação aos processos ocorridos no organismo para a obtenção de energia, existe a compreensão de que ocorrem na “barriga” no coração e nos pulmões, (Tabela 3-E). Muitos estudantes percebem ainda as trocas gasosas com o meio (Tabela 3-F).

Na terceira etapa das atividades, cujos resultados estão apresentados na Tabela 4, os estudantes conseguem estabelecer uma relação entre o modelo conceitual trabalhado (Figura 17) com o processo orgânico de respiração pulmonar, apontando as vias aéreas e pulmões. A grande dificuldade foi explicar a fisiologia respiratória (inspiração e expiração) a partir do modelo conceitual. Apenas indicaram a ocorrência do movimento de entrada e saída do ar.

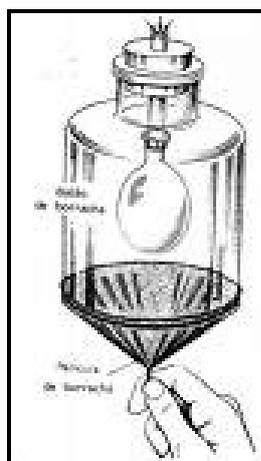


Figura nº 17 - Modelo conceitual trabalhado na III Etapa

Tabela nº 4 - Explicações dos movimentos e órgãos do sistema respiratório a partir de um modelo conceitual - Ensino Fundamental I – III Etapa

Indicadores de análise	Estudantes	%
Identifica as narinas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	90
Identifica traquéia e brônquios	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	90
Identifica pulmões	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	90
Identifica diafragma	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	90
Identifica entrada e saída de ar no modelo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
Relaciona o modelo com os movimentos respiratórios	3	10

Nesta etapa foi feita uma pequena intervenção, apontando os movimentos respiratórios a partir da demonstração feita em um aluno sem camisa. Foi também indicado o local no corpo onde se situa o diafragma e como são os seus movimentos nos processos citados. Isso facilitou a localização do diafragma no modelo, mas mesmo assim, os estudantes não foram capazes de elaborar hipóteses para explicar a entrada e saída de ar no corpo.

2. Concepções dos Estudantes do Ensino Fundamental II

Em relação às concepções alternativas coletadas na 8ª série do Ensino Fundamental, consideramos as orientações dos PCN de Ciências Naturais para o 3º e 4º ciclos direcionando o estudo numa compreensão de “corpo humano como um todo, um sistema integrado de outros sistemas, que interage com o ambiente e que reflete a história de vida do sujeito” (BRASIL, 1998, p. 45).

Os PCN partem do pressuposto que os estudantes “já compreendem os alimentos como fonte de energia e substâncias para o corpo” (BRASIL, 1998, p. 102). Destacam ainda a importância do gás oxigênio no “aproveitamento da energia dos alimentos no organismo” (BRASIL, 1998, p. 102).

Em relação aos conteúdos propostos pelos PCN para os 3º e 4º ciclos relacionados ao tema em estudo, encontramos a seguinte orientação para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes:

[...] compreensão do organismo humano como um todo, interpretando diferentes relações e correlações entre sistemas, tecidos em geral, reconhecendo fatores internos e externos ao corpo que concorrem na manutenção do equilíbrio, as manifestações e os modos de prevenção de doenças comuns em sua comunidade e o papel da sociedade humana na preservação da saúde coletiva e individual;

reconhecimento de processos comuns a todas as células do organismo humano e de outros seres vivos: crescimento, respiração, síntese de substâncias e eliminação de excretas (BRASIL, 1998, p. 107).

Na coleta das concepções alternativas entre estudantes de uma turma de 8ª série do ensino fundamental sobre o fenômeno respiratório, identificamos que em relação às concepções dos estudantes de 4ª série, não há uma mudança significativa.

Tabela nº 5 (A, B, C): Síntese das respostas dos estudantes Ensino Fundamental II – I Etapa

A

Como explicam respiração		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Relação com a sobrevivência	2, 4, 5, 6, 7, 9, 10	70
Relação com as trocas gasosas	3, 8	20
Relação com o funcionamento do coração e pulmão	1	10

B

Como relacionam a respiração com outras funções orgânicas		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Relação com a função cardíaca	1, 3, 8	30
Relação com o esforço muscular	4, 5, 7, 10	40
Relação com o gasto de energia	2, 6	20
Relação com a função cardíaca e gasto de energia	9	10

C

Como identificam a liberação de energia para executar diferentes atividades		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Através da digestão	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	90
Através da mente	10	10

Na Tabela 5 (A, B e C) observamos que entre os estudantes investigados permanecem as concepções encontradas entre os estudantes de 4ª série. O processo continua sendo visto pela maioria dos estudantes como sendo um fenômeno necessário à sobrevivência onde 20% dos estudantes fazem menção às trocas gasosas entre as vias respiratórias e pulmões com o meio ambiente, desconsiderando as trocas gasosas teciduais. Não há relação do fenômeno respiratório com o metabolismo energético, pois o mesmo é relacionado ao processo digestivo entre 90% dos estudantes investigados. Ao relacionarem o fenômeno respiratório com outros sistemas identificam com o esforço muscular seguido da função cardíaca, provavelmente por perceberem o aumento do ritmo respiratório e cardíaco num esforço muscular prolongado.

Tabela nº 6 - Representações a partir do desenho do corpo humano - Ensino Fundamental II

1ª Etapa

Indicadores de análise	estudantes	%
Identifica nariz e boca	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
Identifica pulmões	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
Identifica o movimento do ar dentro dos pulmões	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	90
Identifica o movimento do ar passando pela barriga e pulmões	4, 8, 9	30
Identifica o ar passando por todo o corpo	10	10
Identifica as vias respiratórias.	1, 5, 6, 8, 9	50
Não identifica as vias respiratórias	2, 3, 4, 7	40
Identifica o “cano” como via de transporte de ar pelo corpo e coração	10	10
Identifica trocas gasosas (oxigênio e gás carbônico).	1, 2, 3,	30
Identifica entrada e saída de ar	5, 6, 7, 8, 9, 10	60

A partir da representação esquemática feita através do desenho do corpo humano (Tabela 6), onde deveriam estar contidos os constituintes do sistema respiratório e a descrição da circulação do ar, nos chamou à atenção o fato de que à medida que os órgãos se interiorizavam a identificação dos mesmos se tornava mais difícil para os estudantes.

Permanece a compreensão de que o ar entra no organismo através das vias respiratórias superiores, chega aos pulmões e depois sai. Trinta (30%) dos estudantes identificam nas trocas gasosas, o oxigênio e o gás carbônico. Encontramos entre os estudantes participantes do estudo um aluno identificando o transporte de gases feito através de “canos”, conforme mostra a Figura 18.

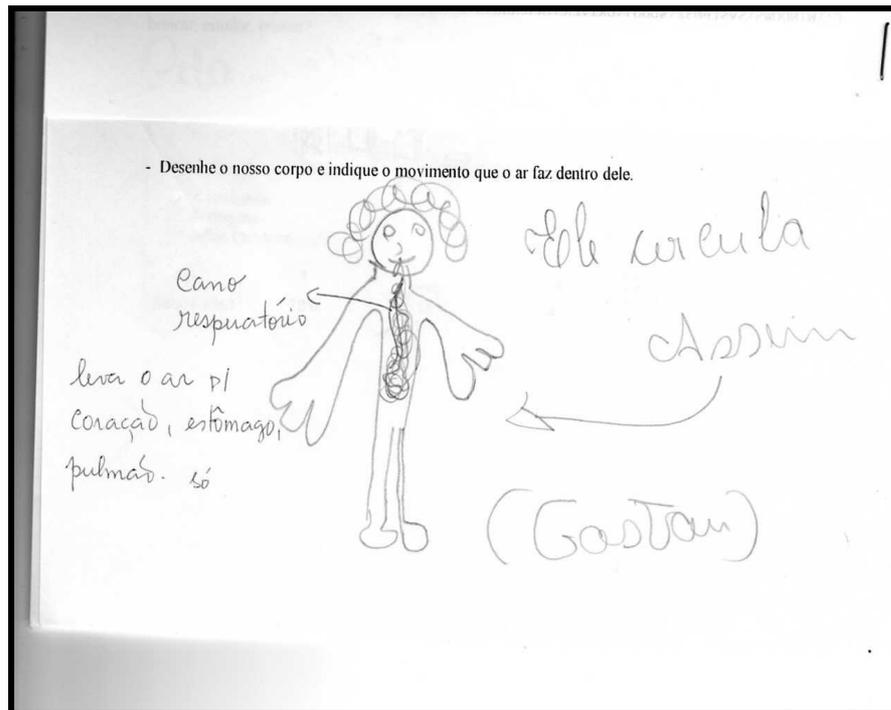


Figura nº 18 – Representação mental do sistema respiratório por estudante do Ensino Fundamental II

Outro fato que nos chamou a atenção nesta atividade é a ausência de visão anatômica interna do corpo humano. Tanto no Ensino Fundamental I quanto no Ensino Fundamental II os estudantes representam os órgãos internos de forma amontoada no espaço da caixa torácica e abdominal como se fosse um único espaço onde estariam os órgãos de diferentes sistemas. (Figuras 19 e 20).

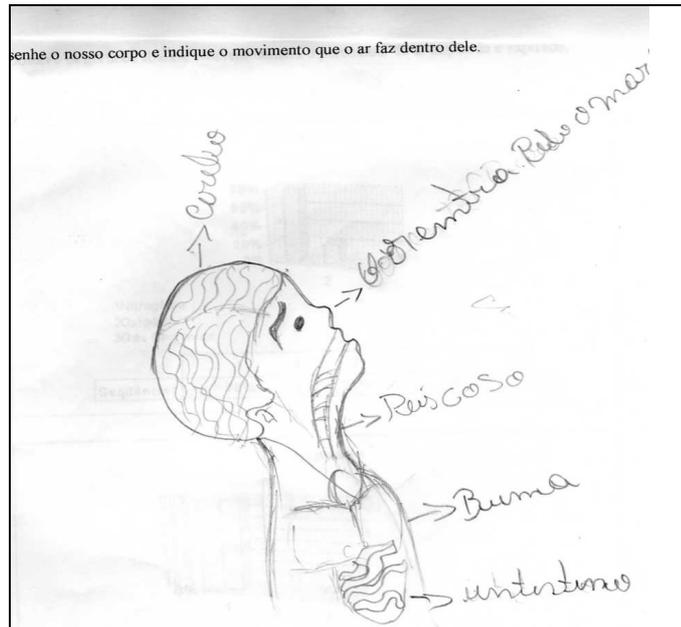


Figura nº 19 – Representação esquemática do sistema respiratório. Estudante 1 do Ensino Fundamental I

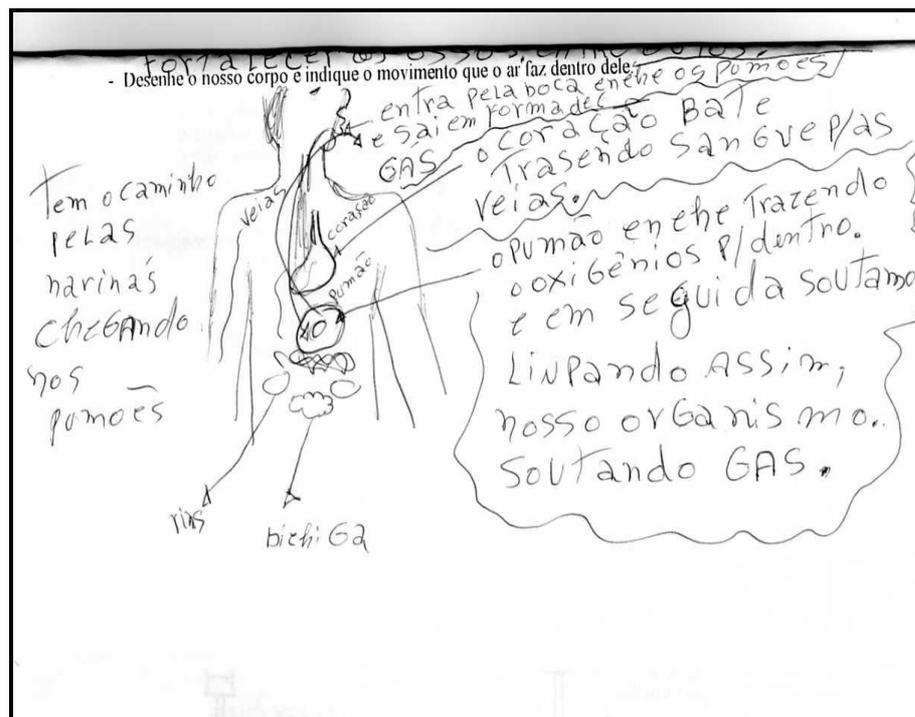


Figura nº 20 - Representação esquemática do sistema respiratório. Estudante 1 do Ensino Fundamental II

Em relação às trocas gasosas entre o organismo e o meio, observamos na Tabela 7 (A) que os estudantes não conseguem explicar o porquê da diferença na composição dos gases oxigênio e carbônico no ar inspirado e expirado. Articulam algumas hipóteses para explicar o fenômeno; 40% dos estudantes atrelam essa diferença à necessidade orgânica. Um destaque a ser feito é a relação estabelecida por dois estudantes (4 e 6) entre força (no sentido de esforço) como

sendo uma propriedade dos gases oxigênio e carbônico, como podemos observar nas respostas dos estudantes:

Porque se nós respirarmos com mais força vai sair mais gás carbônico (aluno 4);

Porque nós puxamos o ar forte e solta devagar (aluno 6).

Na Tabela 7 (B) percebemos que há uma predominância entre os estudantes, da idéia que o ar vai até os pulmões e volta. Na defesa desta idéia os estudantes articulam que há um tratamento para o ar nos pulmões. O estudante 7 é o único que expressou a idéia, mesmo que vagamente, do transporte de gases pelo corpo. Quanto ao processo de obtenção de energia, 20% dos estudantes relacionam a respiração com o metabolismo energético.

Em relação ao gás oxigênio os estudantes apresentam uma concepção muito forte de que o mesmo é indispensável para a sobrevivência, no caso do ser humano (Tabela 7-C). Quanto ao destino do gás oxigênio no corpo (Tabela 7-D) às concepções dos estudantes apontam para os pulmões (90%). Os estudantes não apresentaram a compreensão do papel do gás oxigênio no aproveitamento da energia dos alimentos que acontece nas células (Tabelas 7-D e 7-E). Podemos ainda observar na Tabela 7-F que os estudantes não estabelecem diferença entre ventilação pulmonar e transporte de gases só identificando as trocas gasosas entre o organismo e o meio ambiente ressaltando a importância vital do gás oxigênio em relação ao ser humano.

Tabela nº 7- Síntese das respostas dos estudantes Ensino Fundamental II – II Etapa

A

Relação da taxa do O₂ e CO₂ na composição do ar inspirado e expirado		
Indicadores de análise	Estudantes	total
Explica parcialmente	1, 2, 7, 9, 10	50
Não explica	3, 5, 8	30
Necessidade orgânica	1, 2, 9, 10	40
Fica O ₂ no corpo	4, 7	20
Fica O ₂ nos pulmões	6	10
Precisa de pouco CO ₂	2	10
Relaciona com força (esforço necessário para as trocas gasosas).	4, 6	20

B

O que acontece com o ar nos pulmões		
Indicadores de análise	Estudantes	total
O ar chega aos pulmões e sai do corpo	1, 3, 4, 6, 10	50
O ar é tratado nos pulmões e sai o que não serve	5	10
O ar passa pelo corpo e depois sai	7	10
O ar entra sujo e sai limpo	8	10
Relaciona com obtenção de energia pelo corpo	2, 9	20

C

Importância do Oxigênio		
Indicadores de análise	Estudantes	Total
Relaciona com a sobrevivência	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	90
O oxigênio evita a contaminação do ar	1	10

D

Para onde é levado o Oxigênio no corpo		
Indicadores de análise	Estudantes	Total
Para os pulmões	2, 3, 5, 6, 7, 9	60
Para os pulmões e coração	1, 4	20
Para os pulmões esôfago e sai do corpo	8	10

E

Onde é liberada energia em nosso corpo		
Indicadores de análise	Estudantes	Total
No coração	3, 5, 7	30
No coração a partir dos alimentos	1	10
Coração ou estômago	4	10
Coração e pulmões	6	10
No organismo (cérebro e corrente sanguínea)	8	10
Através dos alimentos	9	10
Estômago	10	10

F

Trocas gasosas entre pulmões e ambiente		
Indicadores de análise	Estudantes	Total
Não estabelece relação	2, 6, 7, 9	40
Necessidade de retirar o O ₂ e soltar o CO ₂	1, 4, 10	30
No ambiente há o O ₂ e nos pulmões o C O ₂	3	10
O ar que fica nos pulmões possui energia e o ar que sai não é benéfico	5	10
Troca de favores entre pulmões e ambiente	8	10

Observamos na Tabela 8 que os estudantes conseguem identificar as vias respiratórias, pulmões, diafragma (estudantes 3, 4, 7, 9) e as trocas gasosas com a dificuldade de associá-las com os movimentos respiratórios no modelo conceitual.

Tabela nº 8 - Sobre as explicações dos movimentos respiratórios e identificação dos órgãos do sistema respiratório a partir de um modelo conceitual - Ensino Fundamental II – III Etapa

Indicadores de análise	Estudantes	%
1- identifica as narinas	3, 4, 5, 7, 9	50
2- Identifica a traquéia e brônquios	3, 4, 7, 8, 9	50
3- Identifica pulmões	2, 3, 4, 7, 9, 10	60
4- Identifica diafragma	3, 4, 5, 7, 9, 10	60
5- Identifica entrada e saída de ar no modelo	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	90
6- Relaciona o modelo com os movimentos respiratórios	1, 3	20

3. Concepções dos Estudantes do Ensino Médio

Os PCN (BRASIL, 1999) defendem no Ensino Médio uma perspectiva formativa considerando que para isso é preciso trabalhar os conteúdos numa visão sistêmica. No ensino da Biologia essa característica tem um desdobramento fundamental que é a compreensão da vida como um fenômeno que se manifesta como sendo um sistema organizado e integrado, interagindo com o meio físico - químico.

Em relação ao estudo da citologia, Os PCN (BRASIL, 1999) defendem que seu estudo pode aparecer em diferentes momentos, com enfoque e aprofundamento diversos. Sugere ainda que o aprofundamento no estudo dos processos citológicos seja feito num nível fenomenológico quando se tratar da diversidade da vida. Nesse enfoque podem ser abordados entre outros temas, a respiração celular.

Esse tipo de abordagem, onde se permite o estudo dos processos celulares de forma integrada, é defendido pelos PCN (BRASIL, 1999) como um processo facilitador da construção do conceito de célula, e como sendo “um sistema que troca substâncias com o meio, obtém energia e se reproduz” (BRASIL, 1999, p. 224).

Outra perspectiva apresentada pelos PCN para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) é o ensino de forma contextualizada. Em Biologia esse processo pode permitir a construção do conhecimento de forma não linear e histórica, quando é feito de forma a apresentar as contradições existentes na acumulação do conhecimento pela humanidade. Em relação ao corpo humano, orientam para que se focalizem as relações estabelecidas entre os seus diferentes sistemas e entre o corpo e o meio ambiente, de forma a conferir integridade ao corpo humano, preservando o equilíbrio dinâmico e a individualidade de cada ser humano.

Destacamos nos PCN (BRASIL, 1999) os conteúdos que envolvem o estudo do fenômeno de respiração:

- diversas formas de obter alimento/energia (existência de um equilíbrio dinâmico no ecossistema, em que matéria e energia transitam em ciclos e fluxos respectivamente);
- relação entre os sistemas e destes com o meio;
- integridade do corpo;

- respiração celular (no nível fenomenológico);
- aplicação de conhecimentos da Química e Física;
- célula (sistema que troca substância com o meio, obtém energia e se reproduz);

No presente estudo, ao analisarmos as questões que envolvem a compreensão do fenômeno respiratório no aspecto da ventilação pulmonar, observamos a dificuldade por parte dos estudantes de identificarem os órgãos que fazem parte do sistema respiratório e essa dificuldade se amplia à medida que os órgãos se interiorizam (Figura 21).

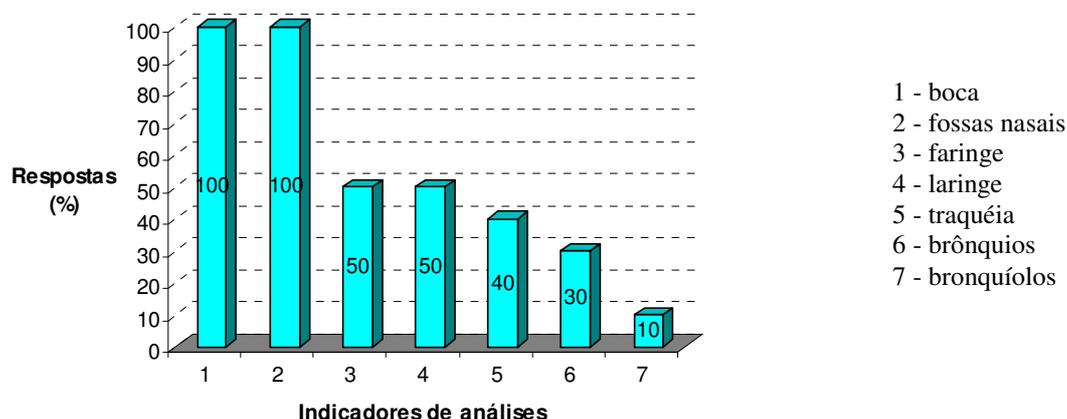


Figura nº 21 - Identificação dos órgãos do sistema respiratório em um desenho anatômico - Grupo III Ensino Médio – I Etapa

No Ensino Fundamental I e II foi solicitado ao aluno que fizesse um desenho do corpo humano e identificasse os órgãos e a circulação do ar dentro de corpo. No Ensino Médio foi apresentado o desenho anatômico do sistema respiratório e solicitado a identificação dos órgãos. Na realização da tarefa, houve um conflito inicial quando a maioria dos estudantes se mostrou inquieta por não reconhecer com facilidade os órgãos do sistema respiratório. Foi preciso refazer a tarefa em outro momento quando os mesmos estavam mais calmos.

Na Tabela 9 observa-se a dificuldade em identificar e caracterizar eventos microscópicos que ocorrem no processo de ventilação pulmonar. Os estudantes não apresentaram nenhuma concepção de deslocamento dos gases dentro do sistema respiratório. Em relação à hematose, 50% identificaram o processo como sendo trocas gasosas ocorrendo nos pulmões, não incluindo nesse processo os alvéolos. Essa concepção reforça a idéia apresentada pelos

estudantes do Ensino Fundamental de que a respiração significa entrada de ar até os pulmões e o seu retorno a partir daí. O aluno apresenta dificuldade em analisar o fenômeno numa visão microscópica e permanece na sua análise, a incorporar elementos do universo macroscópico.

Tabela nº 9 - Síntese das respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio – I Etapa

A - Como explicam o deslocamento dos gases dentro do sistema		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Não responderam	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
B - Como explicam a hematose		
Troca gasosa e ocorre nos pulmões	3, 4, 5, 6, 10	50
Troca gasosa e ocorre nos alvéolos	8	10
São pigmentos no sangue	1, 9	20
É uma doença	2, 7	20
C – Explicação do papel da hemoglobina		
Transforma O ₂ em CO ₂	2, 3, 4, 9, 10	50
Não respondeu	1, 5, 6, 7, 8	50
D – Relação entre a concentração de CO₂ e o ritmo respiratório		
Troca gasosa	1, 8, 9	30
O oxigênio determina o ritmo respiratório	2, 3, 4	30
Relaciona oxigênio como determinantes do ritmo e necessário a sobrevivência	6, 7, 10	30
Não respondeu	5	10

A dificuldade em analisar a ventilação pulmonar e o transporte dos gases se amplia quando o fenômeno é observado no espaço microscópico. O aluno não consegue explicar o processo macroscópico porque não assimila os eventos microscópicos. A partir da hematose o processo se torna incompreensível para o aluno, que não reconhece a hemoglobina como componente da hemácia que possui a capacidade de se ligar ao O₂ e CO₂ fazendo assim o transporte dos gases através das células e tecidos. Não estabelecem relação entre a concentração de CO₂ na corrente sangüínea com a alteração do ritmo respiratório, mesmo este sendo um fenômeno macroscópico.

Quando analisamos as concepções do metabolismo energético no universo puramente microscópico (Tabela 10), é possível observar a desconexão entre o processo de ventilação pulmonar e o fenômeno de metabolismo energético, estudado neste nível de escolarização como é o caso da respiração celular.

Nas questões que envolvem a compreensão do processo metabólico (a partir da identificação do seu objetivo, como e onde ocorre, qual a relação com outros fenômenos, qual a importância do gás oxigênio neste processo e qual a diferença no saldo energético para o organismo quando se compara a fermentação com a respiração aeróbica) observamos que

alguns estudantes formulam hipóteses, porém sem sustentação na argumentação, pois não estabelecem ligações com conhecimentos já construídos. A maioria prefere não responder.

Tabela nº 10 - Síntese das respostas dos estudantes - do Grupo III Ensino Médio - I Etapa

G1 – Sobre respiração celular/Qual o seu objetivo?		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Alimentar as células	1, 9	20
Relacionado ao ato de respirar	6	10
Relacionado ao ato de reprodução celular	8	10
Não respondeu	2, 3, 4, 5, 7, 10	60
G2 – Sobre respiração celular/como e onde ocorre?		
Na célula	1, 3, 6	30
Nos vasos sanguíneos	9	10
Compara com as trocas gasosas e ocorre nos pulmões	5	10
Através da reprodução e ocorre nas células	8	10
Não respondeu	2, 4, 7, 10	40
G3 – Sobre respiração celular/relação com outros fenômenos		
Tem relação mais não sabe explicar	1, 6	20
Não tem relação	8	10
Tem relação com o processo de respiração	9	10
Não respondeu	2, 3, 4, 5, 7, 10	60
G4 – Sobre respiração celular/importância do oxigênio da respiração		
Importante para o ato de respirar	3, 4, 10	30
Importante para a sobrevivência	5, 6, 8, 9	40
Importante para a troca gasosa nos pulmões	2	10
Importante para a sobrevivência e alimentação do corpo	1	10
Não respondeu	7	10
G5 – Sobre respiração celular/explicar a diferença da quantidade de energia liberada na fermentação e respiração aeróbica		
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100

Observamos ainda que a concepção da importância vital do oxigênio se mantém, embora os estudantes não apresentem a compreensão dos eventos que transferem para o oxigênio a importância de manter o organismo humano vivo. A cadeia transportadora de elétrons, responsável pela fosforilação oxidativa, ocorre na membrana mitocondrial interna, interliga o oxigênio como aceptor de elétrons. Na ausência de O_2 , o ser humano tende a morte, pois esta etapa é importante para concluir o metabolismo aeróbico da glicose, diminuindo ou impedindo a síntese de ATP, liberando energia para as funções orgânicas (CHAMPE e HARVEY, 2002).

Tabela nº 11 - Síntese das respostas dos estudantes – do Grupo III Ensino Médio – I Etapa

H – Esquema identificando os processos envolvidos na respiração celular		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
I – Esquema da mitocôndria		
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
J – Estrutura molecular do ATP e seu papel no metabolismo energético		
Não reconhece a estrutura molecular, mas o identifica como fonte de energia para o corpo.	1	10
Identifica como molécula orgânica que provoca energia e relaciona com raios ultravioletas do sol e descarga elétrica.	8	10
Não respondeu	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	80
Leitura de um gráfico envolvendo hematose e concentrações dos gases O₂ e CO₂ nos capilares dos tecidos.		
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100

Em relação aos fenômenos microscópicos e que necessitam do auxílio dos conhecimentos de outras disciplinas como a Química e a Física, os estudantes demonstraram total desconhecimento (Tabela 11). Foi solicitado que o estudante apresentasse um esquema que identificasse nos processos envolvidos na respiração celular, a compreensão de que esse processo metabólico requer uma articulação com os conhecimentos da Química (principalmente reações químicas); essa competência não foi observada. Quanto à Biologia celular, onde os estudantes deveriam identificar a estrutura celular e suas organelas, eles também não apresentaram conhecimento. Tratando-se da molécula orgânica adenosina trifosfato (ATP), responsável pelo armazenamento de energia em suas ligações químicas, observamos que embora um aluno relacionasse a molécula como fonte de energia para o corpo, a maioria não apresentou nenhuma compreensão da sua estrutura molecular e seu funcionamento nesse processo. Também não foi observada compreensão do fenômeno da hematose diante de um gráfico que apontava para taxas diferentes de CO₂ onde os estudantes deveriam reconhecer que tipo de capilares de tecidos estaria envolvido na questão.

A Tabela 12 apresenta as respostas dos estudantes diante de situações-problema envolvendo o conhecimento construído em relação ao mecanismo de respiração pulmonar em humanos e o metabolismo energético de liberação de energia ocorrido nas células dos tecidos musculares.

Tabela nº 12 - Síntese das respostas dos estudantes – do Grupo III Ensino Médio – II Etapa

Situação problema A: Associar asfixia por CO a partir da ligação da hemoglobina pelo composto		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Identifica o CO ₂ como gás liberado pelo carro e sinaliza que é inalado pelo indivíduo	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10	80
Não respondeu	6, 8	20
Situação problema B: Relacionar as dores musculares com produção de ácido láctico na glicólise anaeróbica devido a existência da demanda de oxigênio na musculatura da perna do atleta.		
As dores são resultantes do esforço muscular do atleta	1	10
As dores são resultantes da necessidade de mais oxigênio	2, 3, 4, 6, 9, 10	60
As dores são resultantes de deficiência na circulação sanguínea	7	10
Não respondeu	5, 8	20

Em relação a primeira situação-problema, os estudantes deveriam interpretar as causas que provavelmente levariam uma pessoa a ser socorrida e ter sido considerada como uma pessoa de sorte depois de ter inalado monóxido de carbono (CO). Neste caso, o estudante deveria conhecer sobre a afinidade da hemoglobina pelo CO, pois a provável morte por asfixia ocorre devido à competição pelo transporte de gases, através da hemoglobina. Nesta situação, os estudantes analisaram o que podemos considerar como óbvio, identificando o gás liberado pelo carro como sendo dióxido de carbono, ao invés de monóxido de carbono e que esse gás é prejudicial para a saúde, tendo sido inalado pela pessoa citada na situação-problema. Neste caso, o estudante não desenvolveu um raciocínio que permitisse analisar a situação à luz dos conhecimentos construídos na escola, utilizando o conhecimento do senso comum.

Na segunda situação-problema, os estudantes deveriam identificar as dores musculares de um atleta com fadiga muscular proveniente do acúmulo de lactato à via glicolítica. Esse fato ocorre quando há necessidade de energia e o ATP disponível para a contração muscular acaba. Neste caso é necessário ressintetizar o ATP e o organismo utiliza como substrato energético a glicose ou glicogênio muscular; há porém um efeito indesejável, a produção e acúmulo de lactato, um subproduto da glicólise que leva a instalação da fadiga muscular nos músculos envolvidos na atividade (CHAMPE e HARVEY, 2002). Os estudantes, também neste caso, utilizaram conhecimentos do senso comum para explicar a situação. Sessenta por cento (60%) dos estudantes apresentaram a compreensão de que o esforço muscular requer mais oxigênio. Compreensão semelhante foi apresentada pelos estudantes do Ensino Fundamental I (ver Tabela 1 ABC do EF I) os quais associaram a perda de fôlego com a necessidade de respirar e o aumento do ritmo respiratório com a necessidade de respirar durante uma corrida.

4. Concepções dos Estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas

Observamos tanto na teoria sócio-interacionista defendida por Vygotsky (1999) como na teoria genética defendida por Piaget (1977), que o indivíduo passa por diferentes etapas de desenvolvimento cognitivo ao longo da vida. O pensamento por conceito e o pensamento formal, respectivamente encontrados nas teorias sócio-interacionista e piagetiana, caracterizam as etapas onde o indivíduo está cognitivamente apto a formar conceitos. Estas fases para ambos os teóricos, têm início na adolescência e se desenvolvem ao longo da vida adulta. Nesse momento, o indivíduo se torna capaz de operar com pensamento lógico e aplicar o raciocínio diante de situações abstratas e hipóteses, podendo ir além do concreto trabalhando com uma realidade possível.

Piaget (1977) explica o desenvolvimento cognitivo através de constantes adaptações a partir de dois componentes; a assimilação e a acomodação. Na assimilação o indivíduo incorpora um elemento que não faz parte da sua estrutura cognitiva, agindo sobre ele. Já na acomodação há uma modificação do sujeito como forma do mesmo se ajustar às novas experiências.

Para Vygotsky (1999) a formação de conceito requer o uso das funções mentais superiores, e esse processo é mediado pelos signos como forma de centrar a atenção, abstrair traços, sintetizá-los e representá-los através de algum signo.

Diante do exposto, consideramos importante, em nosso estudo, conhecer as concepções dos estudantes de graduação e mestrado, nas áreas que envolvem o tema em estudo. Acreditamos que o processo de aprendizagem ocorre em níveis de aprofundamento, respeitando as fases de desenvolvimento cognitivo do indivíduo. Trabalhamos com esses estudantes na perspectiva de observar a aplicação do conceito de respiração, incorporando e integrando os processos macroscópicos e microscópicos, construídos durante a experiência escolar, uma vez que o curso superior e a pós-graduação (no caso, mestrado), trabalham no nível do pensamento formal, com um grau maior de verticalização dos conceitos.

Na Tabela 13 observamos como os estudantes do curso de Licenciatura em Biologia organizam seu campo conceitual em relação ao fenômeno respiratório na espécie humana.

Tabela nº 13 - Síntese da representação de respiração expressa em mapa conceitual, considerando os processos macro e microscópicos numa visão sistêmica do Grupo IV Licenciandos em Biologia – I Etapa.

Processo macroscópico			Transporte			Processo microscópico		
Indicador	Estudante	%	Indicador	Aluno	%	Indicador	Estudante	%
Trocas gasosas.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.	88,9	Não faz referência.	1, 2, 4,	33,3	Não faz referências.	4, 8, 9	33,3
Relaciona trocas gasosas com outro(s) processos fisiológicos.	4, 7,6	33,3	Identifica a corrente sanguínea.	3, 5, 6, 7, 8	55,6	Identifica o metabolismo da glicose como processo de síntese de ATP, porém não compreende o processo.	1, 2, 3, 5,	44,5
Descreve respiração utilizando vocabulário próprio, porém sem conhecer o fenômeno.	9	11,1	Identifica a via pulmonar.	9	11,1	Faz referências ao controle da glicose na corrente sanguínea.	6, 7	22,2

Os estudantes apresentam um modelo explicativo sobre respiração compatível com a realidade concreta. Entre os estudantes que participaram do estudo, 88,8% apresentaram a concepção de respiração como sendo um processo de trocas gasosas e 33,4% conseguiram relacionar as trocas gasosas com outros processos fisiológicos, embora de forma restrita a sistemas visivelmente interligados no aspecto anatômico ao respiratório, a exemplo do circulatório.

Quanto ao fenômeno de transporte dos gases respiratórios 33,4% não fazem referência a esse fenômeno e 55,6% identificam a corrente sanguínea como responsável pelo transporte no corpo humano dos gases respiratórios.

Em relação aos fenômenos microscópicos, quando deveria haver um nível de aprofundamento mais verticalizado, observamos que os mesmos apresentam dificuldades em representá-lo. Fazem de forma superficial inferências ao metabolismo da glicose como sendo responsável pelo processo energético no organismo humano.

Na resolução dessa questão onde os estudantes apresentaram um modelo explicativo sobre a respiração, foi possível observar que os estudantes têm facilidade de representar o fenômeno respiratório no universo macroscópico, porém de forma fragmentada, pois não apresentam uma construção integrando a respiração com os demais sistemas que compõem o organismo humano e que funcionam de forma inter-relacionada. Em relação ao metabolismo energético há uma visível dificuldade em representarem os processos micro e macro como um sistema integrado. Estabelecendo algumas inferências superficiais e fragmentadas do processo micro citando-o genericamente como “metabolismo da glicose”. A construção acima descrita está ilustrada na Figura 22, onde foi elaborado por um estudante de Graduação em Licenciatura de Ciências Biológicas um esquema mental, descrevendo o processo respiratório considerando os fenômenos micro e macroscópico.

Teste de sondagem

1

I Etapa: Construção do esquema sobre respiração
 Identificação do aluno: Ana

Construa um mapa conceitual sobre respiração utilizando as seguintes palavras-chaves.

Respiração Pulmonar;
 Hematose;
 Transporte dos gases respiratórios;
 Metabolismo da glicose;
 Jejum;
 Gliconeogênese.

Respiração
Sistema Respiratório

Boca
 Fossas nasais
 Faringe
 Traqueia
 Bronquios
 Bronquíolos
 Aterveolos pulmonares
 Pulmões

A respiração é o processo de transporte de gases pelo corpo. A respiração pulmonar é o tipo "macro" de respiração enquanto que a respiração celular é o processo de reações químicas a nível da célula.

```

  graph TD
    A[RESPIRAÇÃO PULMONAR] --> B[SAI GÁS CARBÔNICO]
    A --> C[ENTRADA DE OXIGÊNIO PELAS VIAS RESPIRATÓRIAS]
    C --> D["O O2 CHEGA AOS PULMÕES ATRAVÉS DOS AQUELOS"]
    D --> E["DOS PULMÕES O2 PASSA POR REAÇÕES QUÍMICAS PARA PODER SER DISTRIBUÍDO PELO CORPO"]
    E --> F[ATP]
  
```

O₂ CHEGA AOS PULMÕES ATRAVÉS DOS AQUELOS DOS ALVELOS

Figura nº 22 - Esquema conceitual sobre respiração construído por estudante de Licenciatura em Biologia.

Com o objetivo de avaliar o emprego das estruturas mentais superiores (VYGOTSKY, 1999) foram propostas duas situações-problema, uma vez que as atividades propostas exigiam dos estudantes a aplicação do conhecimento construído na experiência escolar, sobre respiração para explicá-las.

Situação-problema A:

Um mergulhador não muito experiente provocou uma hiperventilação ao fazer um mergulho mais prolongado. Após alguns segundos, seu colega que também mergulhava percebeu que ele havia perdido os sentidos e, com a ajuda de outros mergulhadores, o retira da água. O que poderia ter causado o desmaio? Explique o que aconteceu com o nadador.

Situação-problema B:

Um piloto de avião permaneceu 12h em jejum durante uma viagem. Quando desceu da nave não estava se sentindo muito bem e procurou tomar uma xícara de café. Explique o que pode ter acontecido com o piloto na ausência de alimento, tanto no que se refere ao plasma sanguíneo quanto ao metabolismo energético tecidual.

Observamos que os estudantes não conseguiram desenvolver um raciocínio lógico que permitisse elucidar as questões propostas. Permaneceram, na maioria das vezes, num nível compreensão do processo restrito ao campo de observações macroscópicas, utilizando concepções construídas nesse ambiente, como podemos observar na seguinte resposta de um dos estudantes (Figura 23).

Teste de sondagem

II Etapa: Situações - Problema
Identificação do aluno:

1) Um mergulhador não muito experiente, provocou uma hiperventilação ao fazer um mergulho mais prolongado. Após alguns segundos seu colega que também mergulhava percebeu que ele havia perdido os sentidos e com a ajuda de outros mergulhadores o retiraram da água. O que poderia ter causado o desmaio. Explique o que aconteceu com o nadador.

Aconteceu uma falta de oxigênio nas vias respiratórias, faltando oxigênio para o tempo estimado de mergulho. Após passar alguns segundos o oxigênio ficou escasso na profundidade que o mergulhador se encontrava, a pressão sanguínea não recebeu oxigênio suficiente, e o mergulhador não conseguiu produzir O_2 para os demais órgãos.

2) Um piloto de avião permaneceu 12 h de jejum durante uma viagem. Quando desceu da nave não estava se sentindo muito bem e procurou tomar uma xícara de café. Explique o que pode ter acontecido com o piloto na ausência de alimento, tanto no que se refere ao plasma sanguíneo quanto no metabolismo energético tecidual.

Devido a sua ausência de alimentação, a corrente sanguínea não sentiu falta de nutrientes, ao mudar de posição ao pousar no solo, logo a pressão sanguínea não obtém o gasto de energia no sangue e quando ao tecido energético a xícara de café, foi ~~isto~~ um estimulante para a obtenção da cafeína estimular a pressão sanguínea e a atividade dos órgãos, para depois passar para um equilíbrio por via de H₂O e proteínas na síntese e adquirir nutrientes ao organismo.

Figura nº 23 – Resposta de estudante de Licenciatura em Biologia referente a resolução de situações-problema.

Na situação-problema B são exploradas as alterações de glicemia, observamos que os estudantes buscaram relacionar o controle da glicemia com o processo de gliconeogênese, porém ficam limitados em suas análises por não possuírem uma compreensão mais elaborada do processo como um todo. Isso reduziu sua capacidade de explicação, pois são poucos os símbolos construídos no universo microscópico que possibilitem uma mediação no processo de elucidação. As concepções utilizadas estão apresentadas nas Tabelas 14 e 15.

Tabela nº 14 - Síntese das respostas da situação-problema A do Grupo IV Licenciandos em Biologia – II Etapa

Indicadores	Estudante	%
Desmaio por causa da diminuição de O ₂ .	1, 2, 3, 8, 9	55,6
Desmaio por diferença de pressão e formação de bolhas no pulmão	4	11,1
Usa vocabulário da área, porém sem sentido.	6	11,1
Grande quantidade de O ₂	7	11,1
Não respondeu	5	11,1

Tabela nº 15 - Síntese das respostas da situação – problema B do Grupo IV Licenciandos em Biologia – II Etapa

Indicadores	Estudante	%
Hipoglicemia /gliconeogênese.	1, 2	22,2
Hipoglicemia/ glicogenólise (usa o termo neoglicogênese).	6	11,1
Usa vocabulário da área, porém sem sentido.	7, 8, 9	33,3
Explica a partir de uma visão macroscópica.	4	11,1
Não respondeu.	3, 5	22,2

Na Tabela 16 podemos observar que, no geral, os estudantes identificam a respiração como um fenômeno macroscópico, marcado pelas trocas gasosas entre o organismo e o meio ambiente. Não conseguem explicar na fisiologia respiratória, o papel do CO₂ no controle do ritmo respiratório e representam linearmente o trajeto do O₂ até a célula, demonstrando possuir a compreensão generalizada de que na célula ocorre o metabolismo energético.

Quanto ao processo de obtenção de energia pelo ser humano, podemos observar que 55,6% dos estudantes investigados relacionam a respiração e o processo digestório, porém não explicam como é possível o funcionamento do metabolismo energético celular a partir dos nutrientes e da respiração.

Assim demonstram reconhecer termos gerais da Bioquímica, porém não utilizam os conhecimentos bioquímicos para explicar o processo de metabolismo energético no nível celular, bem como não especificam com clareza qual a função do oxigênio nesse processo. Apresentam ainda dificuldades na elucidação de situações do cotidiano que tratam do processo metabólico envolvendo a respiração pulmonar e o metabolismo energético. Ao tentarem relacionar o colapso no sistema circulatório (situação-problema A), 33,3% dos estudantes investigados utilizaram-se da concepção de que o processo metabólico energético cessa suas atividades. Essa compreensão exemplifica bem a utilização de determinadas concepções existentes em diferentes zonas do perfil conceitual, em situações de contextos distintos. Apresentamos então duas questões do cotidiano para que fossem analisadas pelos estudantes:

O que acontece ao metabolismo respiratório do indivíduo quando está em altitudes elevadas?

O que acontece ao metabolismo energético de um indivíduo que sofreu um colapso do sistema circulatório oriundo de um enfarto do miocárdio?

Tabela nº 16 – Síntese das respostas dos estudantes sobre o fenômeno respiratório pulmonar e o metabolismo energético a partir dos processos macroscópicos e microscópicos envolvidos nos eventos do Grupo IV Licenciandos em Biologia – III Etapa

A - Significado de respirar		
Indicadores de análise	Estudante	%
Trocas gasosas	1, 2, 3, 4, 8, 9	66,7
Manter equilíbrio dos gases	5	11,1
Absorver O ₂ do ar	6	11,1
expelir CO ₂	7	11,1
B - Relação da taxa de CO₂ com o ritmo respiratório		
Aumento do ritmo respiratório relacionado com a quantidade de O ₂ que entra e CO ₂ que sai	1	11,1
Aumento do ritmo respiratório relacionado com a saída de CO ₂ por causa da quantidade elevada (necessidade de eliminar este gás)	2, 4, 5, 6, 7	55,6
Aumento do consumo de O ₂	3	11,1
Usa o vocabulário da área, mas não consegue explicar.	9	11,1
Não respondeu	8	11,1
C - Representação do caminho do O₂ do ar até as células		
O ₂ - vias respiratórias – pulmões – células	1	11,1
O ₂ - vias respiratórias – pulmões – corrente sanguínea - células – mitocôndrias Obs: O Estudante 6 não citou mitocôndria	4, 6, 7	33,3
O ₂ – síntese de ATP - uso do O ₂ – células saudáveis	9	11,1
Não respondeu	2, 3, 5, 8	44,4
D - Explicação do processo de síntese de ATP por humanos		
Respiração celular	1	11,1
Absorção de O ₂ - metabolismo bioquímico nos alvéolos – liberação de CO ₂	2	11,1
A partir dos alimentos que a partir da digestão servem de fonte de energia	4, 5, 6, 7, 9	55,6
Estequiometria; Glicose + O ₂ → CO ₂ + H ₂ O + energia.	3	11,1
Não respondeu	8	11,1
E - Papel do NAD e do FAD		
Carregadores de elétrons e responsáveis pela retirada de hidrogênio na cadeia transportadora de elétrons	1, 2	22,2
Redução	4	11,1
Doador, receptor e aceptor de elétrons participando do <u>metabolismo energético.</u>	5	11,1
Aceptor de elétrons	7	11,1
NAD – obtenção e gasto de energia FAD – recebimento e ganho de ATP	9	11,1
Não fez	3, 6, 8	33,3

F – Como a energia é liberada em quantidade discreta na cadeia transportadora de elétrons		
Na forma de ATP	1	11,1
Na forma de NADH ⁺ e FADH ⁺ (AMP, ADP, e ATP não atuam na cadeia transportadora de elétrons).	2, 4	22,2
Resposta aleatória	7	11,1
Pelo NAD e pela ribose 3- Fosfato	9	11,1
Não fez	3, 5, 6,8	44,4
G – O que acontece na ausência de O₂ no fim da cadeia respiratória		
Não haveria trocas gasosas e respiração celular	1	11,1
A célula morre e o metabolismo energético fica ineficiente	2	11,1
Morte celular	6	11,1
Não haveria respiração celular	4	11,1
Baixa produção energética	7	11,1
Não fez	3, 5, 8	33,3

Na Tabela 17 apresentamos a síntese das concepções relacionadas à aplicação do conhecimento em Bioquímica na elucidação de situações do cotidiano, e observamos a dificuldade em empregar os conceitos aprendidos na interpretação do dia a dia.

Tabela nº 17 – relação entre conceitos de respiração e metabolismo energético com outros processos biológicos do Grupo IV Licenciandos em Biologia – III Etapa

Relação da altitude com o processo respiratório		
Indicadores	Estudante	%
Diminuição da quantidade de O ₂ eleva a frequência cardíaca	1	11,1
Há pouco oxigênio	2, 5	22,2
Aumento da frequência respiratória para captação de O ₂	4, 6	22,2
Frequência respiratória deficiente	8	11,1
Cansaço, desmaio, etc. pela diminuição de O ₂ .	3, 7, 9	33,3
Conseqüência, para o organismo que sofreu um colapso no sistema circulatório, com o metabolismo energético		
O metabolismo energético pára	1, 7, 9	33,3
O metabolismo diminui	2	11,1
A pessoa morre (falta de O ₂)	3	11,1
Usa o vocabulário da área, mas não consegue explicar.	4	11,1
Não respondeu	5, 6, 8	33,3

5. Concepções dos Estudantes do Mestrado em Bioquímica

Nos levantamentos feitos com estudantes do Mestrado em Bioquímica, observamos uma tendência dos mesmos em particularizar as observações em torno do objeto de estudo. O estudante, ao analisar as questões propostas, verticaliza sua análise restringindo-se ao universo microscópico (molecular) onde o fenômeno ocorre e esquecendo da conexão com o todo e das possibilidades da ocorrência de outras vias em função do que ocorre no universo como um todo. Observamos, porém, que existe uma maior facilidade em descrever o fenômeno no campo do concreto.

A Tabela 18 nos mostra que 75% dos estudantes investigados ao representarem seus esquemas conceituais sobre respiração, identificam o processo como trocas gasosas não descrevendo as relações anátomo-fisiológicas com os outros sistemas. Somente um estudante (25% da amostra), relaciona a respiração com a circulação. Todos os estudantes identificam a corrente sanguínea como via de transporte de gases, porém, ao representarem o processo no ambiente microscópico se limitam a generalizações não apresentando um esquema compreensível envolvendo processo respiratório (Figura 24).

Tabela nº 18 - Síntese da representação de respiração expressa em mapa conceitual, considerando os processos macro e microscópicos numa visão sistêmica do Grupo V Mestrado em Bioquímica – I Etapa.

Processo macroscópico			Transporte			Processo microscópico		
Indicador	Estudante	%	indicador	Estudante	%	indicador	Estudante	%
Trocas gasosas pulmonares.	1, 2, 4	75	Transporte feito pelo sangue	1, 3, 4	75	Integra o O ₂ a via glicolítica e a identifica como metabolismo necessário a síntese de ATP	1	25
Relaciona trocas gasosas com outro(s) processo(s) fisiológico(s).	3	25	circulação	2	25	Cita as etapas do metabolismo da glicose sem explicar	3	25
.						Não apresenta clareza na explicação	2	25
						Indica os processos de homeostase e equilíbrio iônico	4	25

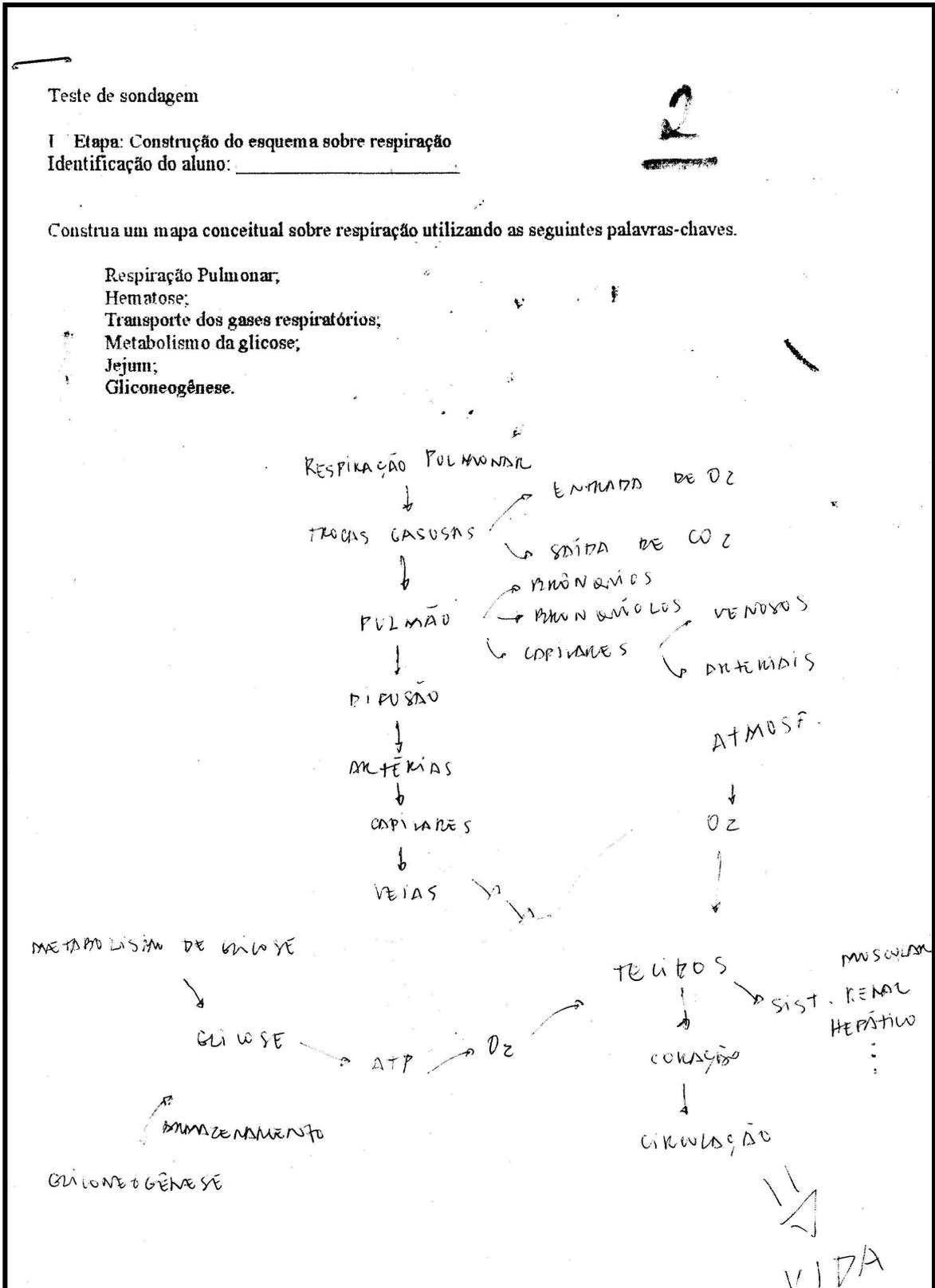


Figura nº 24 - Representação do conceito de respiração de um estudante do curso de Mestrado em Bioquímica

Quanto à aplicação do conhecimento em bioquímica na elucidação de situações-problema, observamos que os estudantes formulam hipóteses utilizando-se de um conhecimento geral, porém de pouca clareza e precisão como podemos observar nas seguintes construções referentes à elucidação da situação-problema A (ver apêndice E):

*Hiperventilação \neq $\uparrow O_2 = \downarrow$ trocas gasosas $\rightarrow \downarrow O_2$ em nível de cérebro \rightarrow desmaio
Devido ao mergulho prolongado, ocorreu baixa entrada de oxigênio no organismo, o que levou a utilização, pelas células, do oxigênio produzido através de processos metabólicos, ocasionando a hiperventilação e altas produções de CO_2 (dióxido de carbono), que precisam ser eliminados pelo processo de expiração. Devido o tempo prolongado de mergulho, houve acúmulo de CO_2 e feedback negativo pelo sistema nervoso para menor produção de gás, levando o mergulhador ao desmaio*

E em relação à situação-problema B (ver apêndice E):

Jejum $\rightarrow \downarrow$ taxa de glicose plasmática $\rightarrow \uparrow$ metabolismo energético \rightarrow maior consumo de glicose em reserva $\rightarrow \downarrow$ PAS (pressão arterial sistêmica) \rightarrow vertigens, tonturas, desmaios.

Podemos observar ainda, uma explicação restrita ao universo microscópico relacionada com a mesma situação:

Jejum prolongado gera redução nos níveis de glicose sanguínea (glicemia). A indisponibilidade de glicose no plasma inviabiliza as atividades energéticas, pois é a partir da degradação da glicose que irão ser gerados os ATPs necessários para realizar funções vitais. Do ponto de vista metabólico, a glicose armazenada na forma de glicogênio hepático começa a ser utilizado após um jejum prolongado (glicogenólise) e a persistência do jejum leva a degradação de outras fontes de energia como lipídeos e proteínas.

Nas Tabelas 19 e 20 estão sintetizadas as concepções dos estudantes na elucidação das situações-problema descritas no item 4 envolvendo a hiperventilação de um nadador e o controle da glicemia. Foi possível observar não só nessa etapa de resoluções de questões como também nas demais, a dificuldade da aplicação de um conceito quando apreendido e formulado num nível abstrato e aplicado às situações concretas que devem ser vistas num plano abstrato. Esse fato vem corroborar a seguinte afirmação de Vygotsky: “a transição do abstrato para o concreto mostra-se tão árdua para o jovem como a transição primitiva do concreto para o abstrato” (1999, p. 100).

Tabela nº 19 - Síntese das respostas da situação – problema A do Grupo V Mestrado em Bioquímica – II Etapa.

Indicadores	Estudante	%
Desmaio por causa da diminuição de O_2 .	2	25
Usa vocabulário da área, porém sem sentido.	3, 4	50
Grande quantidade de O_2	1	25

Tabela nº 20 - Síntese das respostas da situação – problema B do Grupo V Mestrado em Bioquímica – II Etapa.

Indicadores	Estudantes	%
Hipoglicemia /gliconeogênese/	1	25
Hipoglicemia/ glicogenólise/ gliconeogênese	3, 4	50
Hipoglicemia relacionando com baixa pressão arterial sistêmica	2	25

Observamos na seqüência apresentada na Tabela 21 que os estudantes também apresentam dificuldade em reconhecer a respiração como um fenômeno participante do metabolismo energético, restringindo seu significado às trocas gasosas. Embora conheçam os termos específicos da área apresentam lacunas conceituais que os impedem de explicar os fenômenos que ocorrem no processo respiratório com mais clareza, a exemplo do papel do gás carbônico no ritmo respiratório.

Identificam o O_2 como elemento importante do metabolismo energético, porém não especificam a função desse gás dentro do processo, chegando a responder que na ausência do referido gás a célula morre e o metabolismo energético fica deficiente (50%). Essa resposta confere o uso de concepções alternativas sobre a importância tida como vital, do gás oxigênio. Estabelecem ainda uma relação geral da respiração com os nutrientes, sem aprofundamento de aspectos moleculares.

Quanto a identificação do papel das coenzimas NAD^{\pm} e FAD^{\pm} e os fenômenos relacionados ao sistema transportador de elétrons, observa-se a existência de lacunas conceituais, visto que as respostas são poucas esclarecedoras.

Tabela nº 21 – Síntese das respostas dos estudantes sobre o fenômeno respiratório pulmonar e o metabolismo energético a partir dos processos macroscópicos e microscópicos envolvidos nos eventos do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa.

A – Significado de respirar		
Indicadores de análise	Estudante	%
Levar O_2 até a célula onde é oceptor final de elétrons	1	25
Trocas gasosas	2, 3, 4	75
B - Relação da taxa de CO_2 com o ritmo respiratório		
Aumento do ritmo respiratório relacionado com a quantidade de CO_2 no organismo para que se eleve a captação de O_2	1, 3	50
Aumento do ritmo respiratório eleva a taxa de CO_2	4	25
↑ Ritmo respiratório → ↓ eliminação do CO_2 → ↑ CO_2 armazenado no organismo.	2	25
C - representação do caminho do O_2 do ar até as células		
O_2 - vias respiratórias – pulmões – corrente sanguínea - células Obs: o estudante 2 não cita células	1, 2, 3, 4	100

D - Explicação do processo de síntese de ATP por humanos		
Vias metabólicas na degradação de alimentos promovendo a obtenção de energia. Obs: o estudante 3 identifica trocas gasosas fazendo parte do processo	1, 3	50
Respiração + nutrientes → energia	2	25
Fatores externos + reações químicas orgânicas	4	25
E - Papel do NAD e do FAD		
Carregadores de elétrons Al 01 -para o O ₂ do ciclo de Krebs até fosforilação oxidativa para ser reoxidado.	1, 4	50
Equivalentes na glicólise e outras vias metabólicas que são reduzidos a NADH e FADH ₂ entrando no CTE e FO para se converter em energia	3	25
Transportadores de energia (O ₂)	2	25
F – Como a energia é liberada em quantidade discreta na cadeia transportadora de elétrons		
Através do fluxo de elétrons através desta cadeia, que também promove uma bomba próton-motriz que vai permitir a fosforilação do ADP em ATP (energia).	1	25
Quando a mudança nos níveis energéticos, na forma de ATPs.	2	25
Pela quantidade (entrada) controlada de equivalentes redutores, que na verdade, na CTE haverá transporte de elétrons para posterior produção de energia.	3	25
Através da oxidação dos elétrons	4	25
G – O que acontece na ausência de O₂ no fim da cadeia respiratória		
A célula morre e o metabolismo energético fica ineficiente	2, 3	50
Não haveria fluxo de elétrons o que ocasionaria a não existência da CTE	1	25
Não haveria a oxidação dos elétrons ocasionando o fim da geração de energia	4	25

Na Tabela 22 apresentamos a síntese das concepções relacionadas a aplicação do conhecimento em Bioquímica na elucidação de situações do cotidiano. Embora o estudante apresente conhecimentos na área, existe dificuldade de aplicá-los de forma coerente na interpretação de fenômenos do dia a dia.

Tabela nº 22 – Relação entre conceitos de respiração e metabolismo energético com outros processos biológicos do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa.

Relação da altitude com o processo respiratório		
Indicadores	Estudante	%
Altitudes elevadas o ar é rarefeito e há uma menor concentração de oxigênio disponível, o que leva a um cansaço proveniente da indisponibilidade do O ₂ necessário; há um aumento no número de eritrócitos na tentativa de suprir o déficit.	1, 4	50
↑ altitudes → ↓ oferta de O ₂ → ↓ metabolismo.	2	25
Em lugares de altitude elevadas, as pressões parciais de O ₂ e CO ₂ aumentam diminuindo o metabolismo respiratório, deixando os indivíduos mais sonolentos.	3	25
Consequência para o organismo que sofreu um colapso no sistema circulatório com o metabolismo energético		
O metabolismo energético fica comprometido devido à parada circulatória e a diminuição da oferta de O ₂	1, 2,	50
No enfarto, há uma área necrosada que perdeu a capacidade de troca de gases de tecidos com o sangue, isso requer uma maior atividade para compensar a área necrosada.	3, 4	50

6. Perfil Evolutivo de Respiração

O Quadro 6 foi construído a partir de algumas categorias observadas no decorrer da construção da idéia de respiração ao longo da história, bem como, de algumas concepções alternativas dos estudantes sobre respiração apresentadas no estudo de Alzate (2001).

Zonas do perfil de respiração	Características
Vitalista	Tem sua origem nos Séculos XVIII e XIX. Defende a idéia de que os seres vivos são controlados por um impulso vital de natureza imaterial. Doutrina da escola de Montpellier segundo a qual há, em todo indivíduo um princípio, vital que governa os fenômenos da vida*.
Mecanicista	Na Biologia Moderna, considera os seres vivos explicáveis por meio de uma série de causas e efeitos de origem estritamente físico-química, dando continuidade à hipótese cartesiana de animal-máquina.*
Ultra - estrutural	Aprofundamento nos conhecimentos específicos na área de Biologia celular e bioquímica, ultrapassando os aspectos possíveis de serem compreendidos através da microscopia ótica.
Sistêmica	Visão conspectiva, estrutural de um sistema; observando um sistema em seu conjunto, disposto de modo ordenado, metódico e coerente (*).

(*) Significado retirado do dicionário Houaiss

Quadro nº 6 - Categorias de análise do perfil conceitual de respiração

As alterações no perfil conceitual se justificam a partir das incorporações de novas idéias às pré-existentes. Observamos, em nosso estudo, que as concepções dos estudantes sobre respiração evoluem em dois sentidos no perfil conceitual: i, horizontal, que ocorre entre as zonas do perfil conceitual, e ii, vertical, numa mesma zona, onde as alterações ocorrem a partir da manutenção da idéia principal do tipo da zona conceitual (Figura 25), ampliada com novas idéias que se aproximam das que caracterizam as demais zonas.

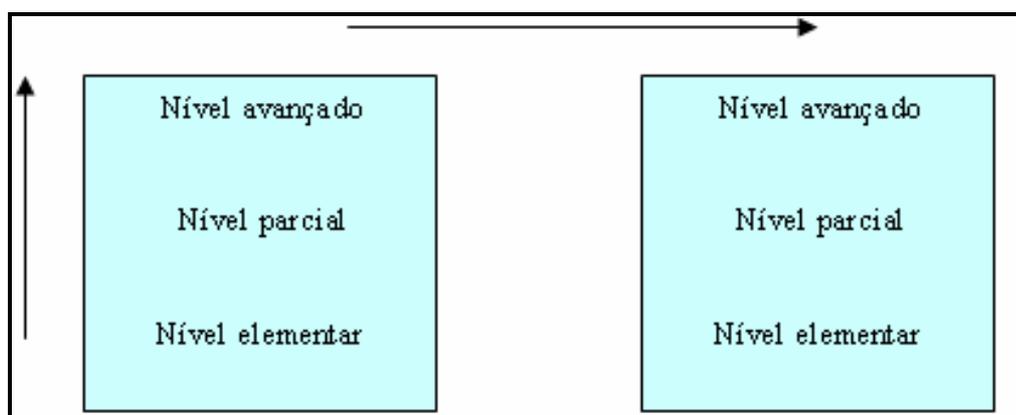


Figura nº 25 - Esquema de evolução conceitual entre zonas do perfil conceitual e dentro da mesma zona conceitual

Essas alterações das concepções dentro e entre as zonas conceituais, necessariamente não seguem uma ordem pré-estabelecida, ou seja, do nível elementar ao avançado, mas sim pela capacidade que o estudante possui de interligar informações, de tal forma, que seja possível ampliar suas concepções. Podemos encontrar no sistema piagetiano, a partir do processo de adaptação (assimilação/acomodação), explicações que podem ajudar a compreender como o indivíduo, efetivamente, constrói seu conhecimento, melhora suas noções, aprimora sua argumentação e se aproxima do conhecimento aceito cientificamente.

Para elaborar o perfil evolutivo de respiração com estudantes em diferentes níveis de formação, destacamos entre as concepções alternativas levantadas em nosso estudo, aquelas que se destacam em sua representatividade no pensamento dos estudantes, envolvendo a concepção de respiração e que se repetem nas diferentes modalidades de ensino, que neste estudo, foram estudadas, como podemos observar nas Tabelas 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29.

Tabela nº 23 (A, B) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Ensino Fundamental I

A - Como explicam a respiração		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Relaciona a respiração à preservação da vida ou perda de fôlego.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10	90
Identifica como trocas gasosas.	4	10
Total	10	100
B- Como identificam a liberação de energia para executar diferentes atividades		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Associa a produção de energia exclusivamente aos alimentos	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
Total	10	100

Tabela nº 24 (A,B) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Ensino Fundamental II

A - Como explicam respiração		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Relação com a sobrevivência	2, 4, 5, 6, 7, 9, 10	70
Relação com as trocas gasosas	3, 8	20
Relação com o funcionamento do coração e pulmão	1	10
B - Como identificam a liberação de energia para executar diferentes atividades		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Através da digestão	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	90
Através da mente	10	10

Tabela nº 25 (A, B,) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Ensino Médio

A - Como explicam a hematose		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Troca gasosa e ocorre nos pulmões	3, 4, 5, 6, 10	50
Troca gasosa e ocorre nos alvéolos	8	10
São pigmentos no sangue	1, 9	20
É uma doença	2, 7	20
B – Sobre respiração celular/importância do oxigênio da respiração		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Importante para o ato de respirar	3, 4, 10	30
Importante para a sobrevivência	5, 6, 8, 9	40
Importante para a troca gasosa nos pulmões	2	10
Importante para a sobrevivência e alimentação do corpo	1	10
Não respondeu	7	10

Tabela nº 26 – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Curso de Licenciatura em Biologia

Processo macroscópico			Transporte			Processo microscópico		
Indicador	Estudante	%	Indicador	Estudante	%	Indicador	Estudante	%
Trocas gasosas.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.	88,9	Não faz referência.	1, 2, 4,	33,3	Não faz referências.	4, 8, 9	33,3
Relaciona trocas gasosas com outro(s) processos fisiológicos.	4, 7,6	33,3	Identifica a corrente sanguínea.	3, 5, 6, 7, 8	55,6	Identifica o metabolismo da glicose como processo de síntese de ATP, porém não demonstra compreender o processo.	1, 2, 3, 5,	44,5
Descreve respiração utilizando vocabulário próprio, porém sem conhecer o fenômeno.	9	11,1	Identifica a via pulmonar.	9	11,1	Faz referências ao controle da glicose na corrente sanguínea.	6, 7	22,2

Tabela nº 27 (A, B) – Levantamento de concepções alternativas com estudantes do Curso de Licenciatura em Biologia

A - Significado de respirar		
Indicadores de análise	Estudante	%
Trocias gasosas	1, 2, 3, 4, 8, 9	66,7
Manter equilíbrio os gases	5	11,1
Absorver O ₂ do ar	6	11,1
expelir CO ₂	7	11,1
B - Explicação do processo de obtenção de energia por humanos		
Respiração celular	1	11,1
Absorção de O ₂ - metabolismo bioquímico nos alvéolos – liberação de CO ₂	2	11,1
A partir dos alimentos que a partir da digestão servem de fonte de energia	4, 5, 6, 7, 9	55,6
Estequiometria; Glicose + O ₂ → CO ₂ + H ₂ O + energia.	3	11,1
Não respondeu	8	11,1

Tabela nº 28 – Levantamento de concepções alternativas com Mestrands em Bioquímica

Processo macroscópico			Transporte			Processo microscópico		
Indicador	Estudante	%	indicador	Estudante	%	indicador	Estudante	%
Trocias gasosas pulmonares.	1, 2, 4	75	Transporte feito pelo sangue	1, 3, 4	75	Integra o O ₂ a via glicolítica como metabolismo necessário à síntese de ATP	1	25
Relaciona trocias gasosas com outro(s) processo(s) fisiológicos.	3	25	circulação	2	25	Cita as etapas do metabolismo da glicose sem explicar	3	25
						Não apresenta clareza na explicação	2	25
						Indica os processos de homeostase e equilíbrio iônico	4	25

Tabela nº 29 (A) – Levantamento de concepções alternativas com Mestrandos em Bioquímica

A- Explicação do processo de obtenção de energia por humanos		
Vias metabólicas na degradação de alimentos promovendo a obtenção de energia. Obs: o estudante 3 identifica trocas gasosas fazendo parte do processo	1, 3	50
Respiração + nutrientes → energia	2	25
Fatores externos + reações químicas orgânicas	4	25

O perfil evolutivo do conceito de respiração foi elaborado, a partir dos indicadores de maior representatividade no pensamento do estudante nas diferentes etapas da formação acadêmica, e expressivos nas categorias internas das zonas do perfil conceitual de respiração, levantadas em nosso estudo conforme apresentamos na Figura 26. Não encontramos indicadores expressivos, em nosso estudo, para a categoria interna *trocas gasosas tissular* da zona mecanicista e para zona sistêmica.

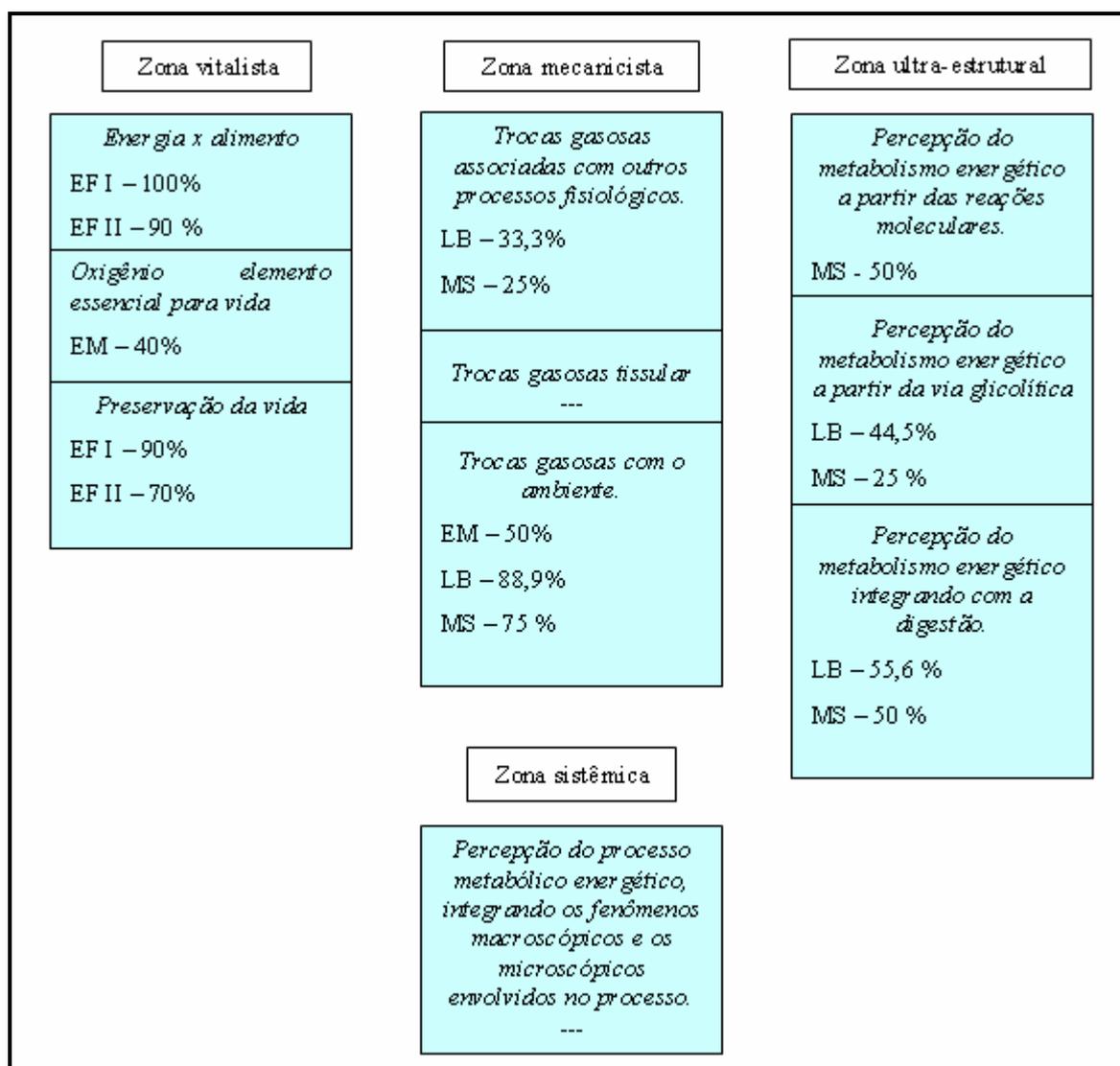


Figura nº 26 – Categorias internas das zonas do perfil conceitual de respiração

7. Dificuldades de Aprendizagem

A partir das atividades, cujo objetivo foi o de possibilitar o levantamento das concepções alternativas dos estudantes, sobre o conceito de respiração em diferentes etapas de escolarização, observamos algumas dificuldades percebidas no processo de aprendizagem e que julgamos específicas na formação do conceito. Ou seja, essas dificuldades colaboram para que o estudante muitas vezes permaneça num plano de esquemas, procedimento e ritual não passando para um nível superior dos princípios e das explicações que permitam a superação da idéia inicial (MORTIMER e CARVALHO, 1996).

Observamos em Vygotsky (1999) que o desenvolvimento cognitivo de um indivíduo pode ser observado, a partir da capacidade que o indivíduo tem de regular seus processos mentais, através de meios auxiliares como as palavras e o signo. Vygotsky explica que na formação de conceitos se estabelece uma relação abstrata e unitária entre os objetos. Nesse processo, a palavra se destaca como tendo uma função diretiva para a formação dos conceitos verdadeiros, pois permite centrar de forma ativa a atenção, abstrair traços, sintetizá-los e simbolizá-los através de um signo.

A partir desses pressupostos, observamos nas respostas dos estudantes às atividades propostas, alguns obstáculos que podem dificultar a mediação do pensamento necessário na aprendizagem de conceitos abstratos.

Encontramos em todas as modalidades de ensino as dificuldades relacionadas em nosso estudo, porém apontamos alguns exemplos extraídos das respostas dos estudantes do Ensino Médio, Licenciatura em Biologia e Mestrado em Bioquímica.

Efeito da distorção:

- Explicação do papel da hemoglobina:

Faz a transformação de oxigênio para o gás carbônico (Estudantes 2, 3 e 4 do Ensino Médio)

Agregação desorganizada:

- Situação - problema A: Relação das concentrações dos gases respiratórios na corrente sanguínea com o centro respiratório:

Provavelmente o nível de O₂ no sangue superou o ideal, provocando a perda dos sentidos. (Estudante 1 do Mestrado em Bioquímica).

Complexidade do conteúdo:

- Como explica o processo de obtenção de energia realizado pelo ser humano:

O processo de obtenção de energia realizado pelo organismo do ser humano é o mais complexo existente, que se inicia com a absorção de O₂ do meio externo, transporte deste gás até os alvéolos pulmonares, onde sofrerá uma série de reações químicas, biológicas e bioquímicas para posterior liberação de CO₂ do organismo. (Estudante 2 do curso de Licenciatura em Biologia).

Lacunas conceituais:

- Situação - problema A: Relação das concentrações dos gases respiratórios na corrente sanguínea com o centro respiratório:

A falta de O₂ no seu organismo, provavelmente pode ter sido por ter realizado um mergulho muito rápido e uma subida, na tentativa de chegar à lâmina de água também muito rápido, não tendo dado tempo para seu organismo repor a quantidade de O₂ necessária, havendo a diminuição em seu metabolismo energético celular (Estudante 2 do curso de Licenciatura em Biologia).

Visão fragmentada:

- Conseqüência para um organismo que sofreu colapso no sistema circulatório em relação ao metabolismo energético:

Pode ter um AVC ou até levar a morte em conseqüência da falta de oxigênio no cérebro. (Estudante 3 do curso de Licenciatura em Biologia).

Transição entre níveis de realidade:

- Situação-problema B: Relação da glicemia com o metabolismo energético:

Jejum prolongado gera redução nos níveis de glicose sanguínea (glicemia). A indisponibilidade de glicose no plasma inviabiliza as atividades energéticas, pois é a partir da degradação da glicose que irão ser gerados os ATPs necessários para realizar funções vitais. Do ponto de vista metabólico, a glicose armazenada na forma de glicogênio hepático começa a ser utilizada após um jejum prolongado (glicogenólise) e a persistência do jejum leva a degradação de outras fontes de energia como lipídeos e proteínas. (Estudante 4 do Mestrado em Bioquímica).

Apartheid cognitivo:

- Como explica o processo de obtenção de energia realizado pelo ser humano:

O processo é baseado em relações existentes entre metabolismo (rotas metabólicas), degradações, sínteses de moléculas capazes de obter ATP (energia) e co-fatores relacionados, principalmente a troca de gases pelo organismo. (Estudante 3 do Mestrado em Bioquímica).

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como ponto de partida a idéia de que a formação do conceito evolui respeitando o desenvolvimento biológico e social do indivíduo, podendo ser facilitado pela experiência escolar. A partir dessa compreensão, elaboramos um estudo que teve como objetivo principal traçar um perfil da evolução do conceito de respiração entre estudantes de diferentes modalidades de ensino, a partir da identificação das representações conceituais e das dificuldades de aprendizagem envolvendo o conceito de respiração.

Podemos observar, ao longo do estudo, que o mesmo não aprofundou as questões que surgiram no decorrer da análise dos dados, mas sinalizou para a necessidade de estudos complementares em busca das elucidações de possíveis questionamentos levantados pelo mesmo.

O conceito de respiração apresenta uma formação complexa, pois permite analisarmos a sua construção a partir de diferentes referenciais. Faz interface com vários conceitos objeto de estudo de diferentes áreas, a exemplo da Física, da Química, da Biologia Molecular, da Biologia Celular, da Fisiologia, da Histologia, e da Ecologia quando consideramos o homem integrado ao meio físico. É um conceito que exige ser compreendido numa dimensão macro e microscópica, o que possibilita analisar a construção de conceitos formulados num plano abstrato.

1. Concepções Alternativas

Podemos observar a partir da análise dos dados que há uma tendência por parte dos estudantes de considerar o fenômeno respiração numa dimensão macroscópica, ou seja, as concepções mais fortes são as construídas num plano concreto.

Talvez marcada pela observação empírica, é forte entre os estudantes de todos os níveis de escolaridade que participaram do estudo, a concepção de respiração como trocas gasosas envolvendo as vias aéreas superiores e os pulmões. Em alguns casos estabeleceram relações do fenômeno respiratório com o circulatório e o digestório, porém explorando particularidades como o batimento cardíaco no circulatório, e o alimento no digestório.

Essas relações entre os sistemas são observadas com mais clareza entre os estudantes do Ensino Fundamental. A partir da elevação da escolaridade, observa-se uma individualização do fenômeno e, cada vez que se faz necessário interiorizar a observação do fenômeno as dificuldades em dar respostas aumentam. Talvez isso ocorra pela necessidade em elaborar o processo mentalmente num nível abstrato e isso necessite segundo Vygotsky, da mediação de signos.

O estudo aponta para uma etapa na escolaridade, o Ensino Médio, onde as dificuldades em levantarmos as concepções aumentaram significativamente. No Ensino Fundamental, observamos que os estudantes exploraram com mais naturalidade suas concepções alternativas, apresentando respostas pautadas numa linguagem própria de seu cotidiano, não apresentando elaborações num plano abstrato para o conceito de respiração. Já no Ensino Médio, os estudantes não fizeram o mesmo, preocupando-se em dar respostas prontas, mostrando fragilidade na construção do conceito.

Outro aspecto importante que podemos destacar no Ensino Médio é a grande dificuldade em trabalhar com o processo de metabolismo energético, A existência de lacunas conceituais pode ter favorecido a ausência de respostas direcionadas para a compreensão do metabolismo energético tratado nos livros didáticos deste nível de ensino, como respiração celular.

Já na graduação e pós-graduação observamos que os estudantes possuem um vocabulário mais elaborado, porém com pouco poder explicativo. Apresentaram algumas elaborações no nível abstrato, porém com fragilidades típicas da fragmentação do ensino e das lacunas conceituais, entre outras apontadas no estudo.

Os estudantes destas modalidades de ensino que participaram do estudo, ao tratarem dos conceitos de respiração e metabolismo energético, dificilmente estabeleceram relações entre eles, apresentando dificuldades no que denominamos de “transição de realidade”. Os conceitos foram tratados de forma individualizada e por muitas vezes as concepções das zonas vitalista e mecanicista apareceram, como por exemplo, a respiração sendo tratada como trocas gasosas pulmonares e o oxigênio como um elemento vital para o ser humano.

Observamos ainda ser possível estabelecer analogias entre a construção do conceito por parte dos estudantes e os obstáculos a esta construção. A primeira construção apresentada pelos

estudantes está vinculada às trocas gasosas onde os pulmões adquirem o papel central do evento. Essa concepção foi apresentada pelos estudantes investigados em todas as modalidades e etapas de ensino, o que sugere um estudo sobre a possível existência de um obstáculo caracterizado como epistemológico, na compreensão do fenômeno respiratório como participante do metabolismo energético.

Apresentamos as principais concepções levantadas entre os estudantes que participaram do estudo a partir das análises das respostas nas atividades:

Ensino Fundamental I:

- A respiração é apontada como sendo um processo importante para manutenção da vida e o coração é o órgão responsável pelo seu controle.
- A aceleração da respiração se deve à necessidade orgânica que surge a partir do ato de correr, como por exemplo, necessidades de energia, alimento, ar ou o fato de ficar cansado.
- A respiração é um fenômeno de movimentação do ar entre o ambiente e o homem.
- O ar circula através de “canos” que se localizam na garganta e em outras partes do corpo.
- As diferentes composições dos gases, no ato de inspiração e expiração estão ligadas à concepção de que o ar quando entra no organismo é puxado para dentro com mais “força”.
- O gás oxigênio é considerado importante para a manutenção da vida.
- O ar chega até aos pulmões e retorna. (há uma compreensão de que algum processo ocorre nos pulmões e que pode dar conta tanto da composição dos gases como da função do oxigênio no processo respiratório).
- A obtenção de energia passa pelo ato de se alimentar; não associam a função respiratória ao processo de obtenção de energia.

Ensino Fundamental II:

- Respiração é tida como fenômeno necessário à sobrevivência.

- Não apresentam relação do metabolismo energético com o fenômeno respiratório, mas sim com o processo digestivo.
- Ao relacionarem o fenômeno respiratório com outros sistemas o fazem identificando com o esforço muscular seguido da função cardíaca.
- Apresentam a compreensão de que o ar entra no organismo através das vias respiratórias, chega aos pulmões e depois sai.
- Representam os órgãos internos de forma amontoada no espaço da caixa torácica e abdominal como se fosse um único espaço onde estariam os órgãos de diferentes sistemas (através do desenho).
- Identificam o oxigênio como sendo indispensável para a sobrevivência.
- Os estudantes não estabelecem diferença entre a ventilação pulmonar e o transporte de gases só identificando as trocas gasosas entre o organismo e o meio ambiente ressaltando a importância vital do gás oxigênio em relação ao ser humano.

Ensino Médio:

- Respiração caracterizada como trocas gasosas ocorrendo entre o homem e o ambiente.
- O ar vai até os pulmões e retornam.
- O oxigênio determina o ritmo respiratório e é necessário à sobrevivência.
- A respiração celular é comparada à respiração pulmonar e identificada como importante para a sobrevivência;

Licenciatura em Ciências Biológicas:

- Caracterizam a respiração como sendo um processo macroscópico onde ocorrem de trocas gasosas do homem com o meio ambiente.
- Identificam o metabolismo da glicose como processo de síntese de ATP.

- Relacionam o aumento do ritmo respiratório com a quantidade de CO₂ que deve ser eliminada pelo organismo.
- Relacionam o alimento como fonte de energia.
- Ausência do O₂ relacionada com a morte celular.

Mestrado em Bioquímica:

- Caracterizam a respiração como sendo um processo de trocas gasosas e ocorre independente do metabolismo energético.
- Reconhece o metabolismo da glicose como responsável pela síntese energética.
- Identificam o O₂ como elemento importante do metabolismo energético, porém não especificam a função desse gás dentro do processo.
- Estabelecem uma relação geral da respiração com os nutrientes, sem aprofundamentos de aspectos moleculares.

2. Perfil Evolutivo Conceitual

Mortimer (2000) ao usar a noção de perfil conceitual, tinha como intenção descrever a evolução das idéias ou concepções tanto individualmente quanto no espaço da sala de aula, como sendo consequência do processo de ensino, diferenciando-se dessa forma da visão filosófica de Bachelard de perfil epistemológico.

Tendo em vista que a noção de perfil conceitual tende a descrever o processo de formação de conceito na sala de aula, adotamos essa perspectiva para acompanharmos a evolução do conceito de respiração em etapas diferentes de formação acadêmica. Esclarecemos que este estudo, pela sua intenção, é preliminar, necessitando ser aprofundado nas caracterizações das zonas do perfil. Porém, sinaliza para questões importantes no ensino de conceitos abstratos e complexos, como é o caso do conceito de respiração.

Ao elaborarmos as categorias das zonas de perfil, percebemos o quanto é complexo acompanharmos a evolução de um conceito e definir em que categoria se enquadra determinada idéia. Acreditamos que essa dificuldade, se deve ao fato da construção do

conceito ser um processo permeado por diferentes formas de interações e dependente da realidade e desenvolvimento social e biológico do indivíduo.

Elaboramos as zonas do perfil evolutivo do conceito de respiração, considerando algumas idéias encontradas na história evolutiva do conceito de respiração e que foram diagnosticadas nas concepções dos estudantes investigados. Observamos, nesse levantamento, que conforme Mortimer (2000), El-Hani e Bizzo (1999) e Amaral e Mortimer, não podemos afirmar a existência de uma única forma de conceber uma idéia e que a evolução conceitual não necessariamente exige o descarte das concepções alternativas existentes no campo conceitual do indivíduo. Ele convive com essas diferentes formas de pensar a realidade, a experiência escolar representa um espaço de interação que possibilita a evolução a partir da interação com novas formas de pensar a realidade.

Identificamos em nosso estudo a possibilidade de existirem quatro zonas no perfil conceitual de respiração e que, em cada zona, existem níveis internos de evolução, caracterizando-a num sentido vertical, dentro da própria zona e horizontal, ocorrendo entre as zonas. Os estudantes que participaram do estudo, independente do nível de formação em que se encontram, apresentaram idéias dominantes de três zonas do perfil (vitalista, mecanicista e ultra-estrutural). Não encontramos entre os estudantes concepções que se enquadrassem na quarta zona à *sistêmica*.

O traçado do perfil evolutivo conceitual de respiração no nosso estudo, busca o perfil evolutivo do conceito de respiração e permite ver, a convivência das concepções alternativas entre estudantes que vivenciaram um processo de ensino que trabalha essencialmente com concepções tidas como científicas. Mostra, ainda, o movimento evolutivo a partir da agregação das concepções trabalhadas na escola com as já existentes no pensamento do indivíduo. Esse retrato pode ser um elemento facilitador na avaliação da prática docente, do currículo proposto para as diferentes modalidades de ensino e também um instrumento de acompanhamento da aprendizagem do indivíduo.

3. Dificuldades de Aprendizagem

Quando pensamos em identificar as dificuldades de aprendizagem, a primeira idéia foi a de trabalharmos com os obstáculos epistemológicos e didáticos encontrados nos estudos de

Bachelard. Com o desenvolvimento do estudo percebemos que esta intenção não daria conta do que essencialmente queríamos diagnosticar, ou seja, quais seriam as verdadeiras dificuldades na aprendizagem do conceito de respiração.

Os estudos de Bachelard estão voltados para a construção do pensamento científico numa perspectiva de rupturas e nessa perspectiva identifica os obstáculos à essa construção. Esses estudos são de grande importância e pertinência na compreensão da evolução das idéias científicas ao longo da história da humanidade. Só podemos elaborar alguma proposta voltada para compreensão do que acontece no espaço escolar, quando temos a noção de como esse movimento ocorre na construção do próprio conhecimento. Dessa forma, Bachelard e outros autores que estudaram a construção do conhecimento dão uma contribuição importante na compreensão do processo de ensino e aprendizagem.

Em relação à identificação das dificuldades de aprendizagem do conceito de respiração, traçamos algumas categorias a partir da análise das concepções alternativas diagnosticadas nas respostas dos estudantes as atividades.

A maioria das dificuldades envolve a construção de conceito que necessita ser formulado num plano abstrato e depois ser traduzido através da linguagem e contextualizado em situações do cotidiano. Encontramos nesse processo situações interessantes e que merecem um estudo a parte:

- Efeito da distorção: interpretação distorcida diante de conteúdos científicos abstratos;
- Agregação desorganizada: respostas gerais e vagas a qualquer questionamento, através de falsas explicações, utilizando uma única palavra explicativa, funcionando como uma imagem;
- Complexidade do conteúdo: são conceitos abstratos, formulados, com necessidade de compreensão, sendo também necessário na sua formação, abstrair e isolar elementos, examinando-os separadamente da totalidade da experiência concreta de que fazem parte;
- Lacunas conceituais: falta de informações adequadas para interpretar os fenômenos ocorridos ao nível abstrato da formação conceitual;

- Visão fragmentada: dificuldade em estabelecer relação entre o conteúdo apreendido e os fenômenos do cotidiano;
- Transição entre níveis de realidade: dificuldade em transitar do conceito apreendido e formulado num nível abstrato, a novas situações concretas e vice-versa;
- Apartheid cognitivo: criam um compartimento para o conhecimento científico, mobilizando-o apenas em ocasiões especiais, como nas avaliações, sem chegar a utilizá-lo efetivamente em sua vida cotidiana. Quando a pressão é aliviada, as paredes do *compartimento cognitivo* se “rompem” e estes conceitos são eliminados ou reinterpretados de maneira a tornarem-se consistentes com a visão de mundo do aluno (El-Hani & Bizzo 1999, 2002).

Consideramos a evolução do conceito como sendo um processo complexo, necessitando ser melhor compreendido pelos professores e outros atores envolvidos com o processo ensino-aprendizagem. Este estudo traz situações pertinentes à realidade apresentada nas avaliações de rede e institucionais, onde muitas vezes o que se observa é o critério quantitativo baseado em respostas prontas e acabadas.

A aprendizagem de conceitos complexos como o abordado neste trabalho requer a avaliação não só da prática docente como dos currículos e planejamentos de intervenções voltados para a construção de conceitos onde seja possível desenvolver uma visão sistêmica. O Ensino Médio pode representar um espaço importante de investigação, uma vez que representou em nosso estudo um período onde os estudantes tiveram dificuldades em expressar suas concepções tanto no contexto macroscópico como no microscópico.

Na graduação e pós-graduação é interessante compreender os motivos que podem levar um estudante a apresentar dificuldades como transitar do conceito apreendido e formulado em um nível abstrato, às novas situações concretas e vice-versa.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR JR, O. Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. *ENSAIO – Pesquisa em educação em ciências*, v. 3, n. 1, jun. 2001. Disponível em: http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v3_n1/orlandoaguiar.PDF. Acesso em: 20 out. 2006.
- ALZATE, O. E. T. Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración. 2001. 328 f. Tesis (Doctoral Didáctica de la Matemática y de las Ciencias experimentales) - Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, 2001.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista ABRAPEC*. São Paulo, v. 1, n. 3, p. 5-14, set./dez. 2001.
- ASTOLFI, J.P. ; DEVELAY, M. **A Didática das Ciências**, 9 ed. Campinas, SP: Papirus (Traduzido de La Didactique des Sciences por Magda S. S. Fonseca), 2005.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BASTOS, F. et al. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em Ciências: revisando os debates sobre Construtivismo. In: **Pesquisas em Ensino de Ciências - Contribuições para a formação de professores**. São Paulo: Escrituras. 2004, p. 9-55.
- BATISTELLA, A. F. F., SILVA, E. P. D., GOMES, L. R. A noção de vida em crianças brasileiras em 2004 em comparação com as de Genebra em 1926. ano 2, v. 4, mar. 2005. Disponível em; <http://www.cienciasecognicao.org/>.
- BIZZO, N. M.V. **História da Ciência e Ensino: Onde terminam os paralelos possíveis**. Em Aberto, Brasília, 55: 29-35 jul./set. 1992.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Secretaria de Ensino Fundamental: terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais/Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BRASIL, **Secretaria de Educação Fundamental**. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais: Ensino de primeira a quarta séries/ Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL, **Secretaria de Educação Fundamental**. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais: Ensino de quinta a oitava séries/ Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BRASIL, **Secretaria de Educação Média e Tecnológica**. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC, 1999.
- CAPRA, F. **As Conexões ocultas**. Ciencia para uma vida sustentável. São Paulo: Cutrix, 2002.

CARRETERO, M.. **Construtivismo e educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

CARVALHO, A. M. P. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em Aberto**, Brasília, 55: 9-16 jul./Set. 1992.

CARVALHO, A.M. P. et al. Pressupostos epistemológicos para pesquisa em ensino de ciências. **Cad. Pesquisa**, São Paulo, n. 82, p 85-89, ago. 1992.

CASTORINA, J. A. et al. **Piaget – Vygotsky - Novas contribuições para o debate**. São Paulo: Editora Ática, 1996.

CAVALCANTI, L. de S. Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino da geografia. **Cad. Cedes**, Campinas, v. 25, n. 66, p.185–207, maio/ago. 2005.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica Ilustrada**. Porto Alegre: Artmed editora, 2002.

COBERN, W. W. Worldview theory and conceptual change in science education. **Science Education**, v. 80, n. 5, p. 579–610, 1996.

COLL, C. (org). **O Construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Editora Ática (traduzido de El Constructivismo em el aula por Claudia Schilling), 2001.

DELVAL, J. **El desarrollo humano**. Madrid: Siglo Veintiuno de Espana,1994.

DELVAL, J. **Introdução à prática do método clínico**: descobrindo o pensamento das crianças, Porto Alegre: ARTMED, 2002.

DRIVER, R.; OLDHAN, V. A. A construtivist approach to curriculum development in science. **Studies in Science Education**, n. 13, p. 105–122, 1986.

EL – HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3., 1999, Valinhos – SP. **Anais...** São Paulo: ABRAPEC, 1999, p. 1–25. Disponível em: http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v4_n1/4113.pdf. Acesso em: 28 set. 2006.

_____. Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 4, n. 1. 2002.

ESCH ATP MOLECULE IS MADE UP OF AN. Altura 378 x 413 pixels - 74k. Formato jpg. Disponível http://www.hksports.net/hkpe/human_body/atp.htm Acesso em: 08 jan. 2006.

EXEMPLOS DA RESPIRAÇÃO AERÓBICA. Altura 901 x 1303 pixels - 78k. Formato jpg. Disponível em: <http://www.unb.br/ib/cel/microbiologia/metabolismo/metabolismo.html>. Acesso em 08 jan. 2006.

FLAVELL, J. H.; MILLER, P. H.; MILLER, S. A. **Desenvolvimento Cognitivo**, 3 ed.Porto Alegre: Artmed, 1999,

- FONSECA, V. Introdução às dificuldades de aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 1995.
- GARCIA, A. Cognição e evolução: a contribuição de Konrad Lorenz. **Ciência & Cognição**, Ano 0, Vol. 04, mar/2005. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/>. Acesso em: 08 jan. 2006.
- GIL, D. et al. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: Horsori, 1991.
- GILBERT, J. K. SWIFT, D. J. Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. **Science Education**, v. 69, n. 5, p.681–696, 1985.
- GIORDAN, A.. **La enseñanza de la Ciencia**. Madrid, 1978. p. 149-181.
- GIORDAN, A. et al. **Conceptos de Biología**. Labor: Barcelona, 1988.
- GIORDAN, A.; DE VECCHI, G. **Los orígenes del saber**: de las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla: Diada editores, 1995.
- GOES, M. C. R. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da contribuição da subjetividade. *Caderno Cedes*, n. 50, p. 9–25, abr. 2000.
- HAMMILL, D. On defining learning disabilities: an emerging consensus, In: **J. of Ld**, n. 2, 1990.
- HASHWEH, M. Z. Toward an explanation of conceptual change. **European Journal of Science Education**, v. 8, n. 13, p. 229–249, 1986.
- JAPIASSU, H. **Introdução ao pensamento epistemológico**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992.
- JUNQUEIRA, L. C. e CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.
- KRASILCHIK, M. **O Professor e o currículo das Ciências**. São Paulo: EPU, 1987. p. 52-54.
- KUHN, T. S. La estructura de las revoluciones científicas. México: F. C. E, 1971.
- LABURÚ. C. E. Construção de conhecimentos: tendências para o ensino de ciências. **Em aberto**, Brasília, n. 55, p.23–27, jul./set. 1992.
- LERNER, D. O ensino e o aprendizado escolar; argumentos contra uma falsa oposição. In: CASTORINA, José A. et al. **Piaget – Vygotsky - Novas contribuições para o debate**. São Paulo: Editora Ática, 1996, p. 85-146.
- LEWONTIN, R. **A tripla hélice**. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2002.
- LUDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MILLAR, R. Constructive criticisms. **International Journal Science Education**, n. 11, p. 587–596, 1989.

MITOCÔNDRIA. Altura 502 x 365 pixels - 13k. Formato jpg. Disponível em: http://www.biologia.edu.ar/animaciones/generacion_de_energia.htm. Acesso em: 08 jan. 2006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MORETTO, V. P. **Construtivismo**: a produção do conhecimento em aula. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 2000.

MORTIMER, E. Conceptual change or conceptual profile? **Science & Education**, v.4, p. 267–285, 1995.

MORTIMER, E. F.; CARVALHO, A. M. P. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciências. **Cad. Pesq.**, São Paulo, n. 96, p. 5-14, fev. 1996.

MORTIMER, E. Multiivoceness and univocality in classroom discourse: an example from the theory of matter. **International Journal of Science education**, v. 20, n. 1, p. 67–82, 1998.

MORTIMER, E. Microgenetic analysis and the dynamic of explanations in science classroom. Paper presented at the II Conference of the European Science Education Research Association, Kiel. (In press), 1999.

MORTIMER, E. F.. Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

NERSESSIAN, N. How do scientist think? Capturing the dynamics of conceptual change science, In: GIERE, R. (Ed) **Cognitive models in science**. University of Minnesota Press: Minneapolis, 1992, p.3–44.

NOS ALVÉOLOS PULMONARES O GAS... Altura 1067 x 739 pixels - 157k. Formato jpg. Disponível em: <http://www.afh.bio.br/resp/resp2.asp>. Acesso em: 08 jan. 2006.

NUSSBAUN, J. **Classroom conceptual change**: philosophical perspective. Taylor and Francis ltd, 1989.

OLIVEIRA, M. K. Pensar a educação: contribuições de Vygotsky. In: CASTORINA, José A. et al. **Piaget – Vygotsky - Novas contribuições para o debate**. São Paulo: Editora Ática, 1996, p. 85-146.

OLIVEIRA, R. J. **A escola e o ensino de ciências**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2001.

OLIVEIRA, S. S. Concepções Alternativas e ensino de biologia: Como Utilizar estratégias diferenciadas na formação inicial de licenciandos. **Educar**, Curitiba, n. 26, p. 233–250, 2005.

OSBORNE, R.; FREYBERG, P. Learning in science the implications of childrens' science. London: Heinemann, 1985.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática**: Uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento**: equilíbrio de estruturas cognitivas. Lisboa: Don Quixote, 1977.

POSNER, G. et al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 221–227, 1982.

POZO, J. I. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: COLL, C. et al. **Os conteúdos da reforma**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

RANDALL, D.; BURGGREN, W. e FRENCH, K. **Fisiologia Animal**: mecanismo e adaptações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

REGO, T. C. **Vygotsky**: Uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Editora Vozes, 1998.

SÁ, R. G. B. de; CARNEIRO-LEÃO, A. M. dos A. e JÓFILI, Z.. Concepções prévias sobre respiração pulmonar pelos estudantes do Ensino Fundamental I. In: ... Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5, 2005, Bauru – SP **Anais ...** Bauru – SP: ABRAPEC, 2005.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula**: Um desafio epistemologicamente fundamentado. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal: adaptação e meio ambiente**. São Paulo: Santos Livraria Editora, 1999.

SCHNETZIER, R. P. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em aberto**, Brasília, 55: 17-21 jul./set., 1992.

TOGNI, A. C. et al. Pensando Interação a partir de Maturana e Piaget: Fragmentos de uma reflexão. In SEMINÁRIO CONSTRUTIVISMOS: REFLEXÕES A PARTIR DE MATURANA E PIAGET. 2004, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://ensino.univates.br/~actogni/documentos/Intera%E7%E3o%20em%20Maturana%20e%20Piaget.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2006.

TORTORA, G. J. **Corpo Humano**: Fundamentos de Anatomia e Fisiologia. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

TULMIN, S. **La racionalidad humana**: El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Alianza: Madrid, 1977.

VANDERVEER, R. e VALSINER, J. **Vygotsky - Uma síntese**, 3 ed. São Paulo: Edições Loyola, 1999.

VASCONCELLLOS, V. M. R.; VALSINER, J. **Perspectiva co-construtivista na psicologia e na educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

VIGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes (traduzido do thought and language por Jefferson Luiz Camargo), 1999.

VOET, D. VOET; J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

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

APÊNDICE A

A – Como explica a respiração	
Estudantes	Respostas
1	Se nós pararmos de respirar ficamos sem fôlego.
2	Sim. Que é hábito não pararmos de respirar, senão morremos.
3	Eu sei que não podemos prender a respiração porque ela é muito importante para o nosso corpo.
4	Já. Eu sei que respirar é soltar o ar e inspirar é puxar o ar.
5	Sim. A gente precisa da respiração se não perdemos o fôlego e morremos lentamente.
6	Se nós pararmos de respirar ficamos sem fôlego.
7	Eu sei que nós não podemos parar de respirar porque morremos. E não devemos parar de respirar.
8	Toda a vida temos que respirar porque se pararmos vamos morrer.
9	Que a gente parar de respirar pode até morrer por isso a gente tem que respirar.
10	Porque a gente precisa de respiração.

Quadro nº 7 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I -I Etapa

B – Como relacionam a respiração com outras funções orgânicas	
Estudantes	Respostas
1	Porque nós ficamos cansados e sentimos sede.
2	Porque o coração bate mais forte.
3	Porque você precisa de mais energia.
4	Porque o coração controla a respiração e quando a gente se deita o coração bate levemente e a respiração é lenta, e quando a gente corre o coração bate cada vez mais rápido e a respiração acelera.
5	Porque você precisa de mais ar quando está correndo do que quando está deitado.
6	Porque nosso coração acelera muito.
7	Porque a gente corre rápido por isso a respiração fica mais rápida.
8	Porque ali estamos correndo e mexendo todo o corpo e deitado estamos descansando.
9	Precisa de alimento
10	A minha respiração mais forte e fica acelerada

Quadro nº 8 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I -I Etapa

C – Como identificam a liberação de energia para executar diferentes atividades	
Estudantes	Respostas
1	Porque precisamos de muita água.
2	Porque comemos alimentos energéticos.
3	Se alimentando.
4	Comendo alimentos com ferro e proteína.
5	Comendo alimentos ela dá energia para nos exercitarmos.
6	Porque comemos e bebemos água.
7	Porque a gente come e por isso ficamos com muita energia.
8	Porque a gente come e bebe água.
9	Porque comemos e precisamos também de água.
10	Precisa de alimento.

Quadro nº 9 - Respostas dos estudantes - Grupo I Ensino Fundamental I -I Etapa

A – Explicação da diferença na taxa de O₂ no ar inspirado e expirado.	
Estudantes	Respostas
1	Porque na expiração entra mais do que sai.
2	Porque entra ar mais forte do que sai.
3	Porque nós puxamos mais o ar para dentro do que botamos para fora.
4	Porque puxamos o ar com mais força do que soltamos.
5	Porque entra 24% e sai 16%.
6	Porque o que entra é mais forte do que sai.
7	Porque nós puxamos o ar com mais força e sai com menos força.
8	Porque quando agente puxa ele entra com mais força
9	Porque quando o ar entra fica um pouco de oxigênio.
10	Porque quando ele entra é 21% quando ele sai é 16% expira muito rápido.

Quadro nº 10 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I – II Etapa

B – Explicação da diferença na taxa de CO₂ no ar inspirado e expirado.	
Estudantes	Respostas
1	O que sai é mais forte
2	Por causa do pulmão.
3	Porque a quantidade do gás carbônico tem mais força na expiração.
4	Porque a quantidade do gás carbônico tem mais força na expiração.
5	Porque quando a gente expira fica uma quantidade de gás no pulmão.
6	Não fez.
7	Porque a gente puxa menos ar e sai mais.
8	Porque a inspiração vai com mais força que a expiração.
9	Porque o gás carbônico entra no pulmão.
10	Entra pouco e sai muito.

Quadro nº 11 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I – II Etapa

C – O que acontece com o ar nos pulmões.	
Estudantes	Respostas
1	Não Fez.
2	Respirar.
3	Quando chega aos pulmões ele sai do corpo.
4	O ar quando chega aos pulmões ele vai para o nariz e sai do corpo.
5	Transforma-se em oxigênio.
6	Não fez
7	O ar quando chega aos pulmões ele vai para o nariz e sai do corpo.
8	Não fica nos pulmões ele vai para todo o corpo.
9	Fica “aliviado” no pulmão
10	Porque a expiração é muito profunda.

Quadro nº 12 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I – II Etapa

D – Importância do Oxigênio	
Estudantes	Respostas
1	Para expirar.
2	Para respirar.
3	Porque sem oxigênio morremos.
4	Porque sem oxigênio morremos.
5	Porque precisamos de gás para sobreviver.
6	Não fez.
7	Para podermos respirar.
8	Porque é o oxigênio que nos mantém vivo e ajuda na respiração.
9	Para respirar.
10	Porque o oxigênio é mais forte.

Quadro nº 13 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I – II Etapa

E – Para onde é levado o Oxigênio no corpo.	
Estudantes	Respostas
1	No pulmão.
2	Para os pulmões.
3	Para os nossos pulmões.
4	Para os pulmões.
5	Para fora.
6	Não fez.
7	Para os pulmões.
8	Para os pulmões.
9	Para o pulmão.
10	Para o pulmão.

Quadro nº 14 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I – II Etapa

F – Onde é liberado energia em nosso corpo.	
Estudantes	Respostas
1	No coração.
2	Não fez.
3	Na barriga.
4	Na barriga.
5	No coração.
6	No pulmão.
7	Na barriga.
8	Eu acho que é no nosso coração porque ele bombeia o sangue e pode produzir energia.
9	No pulmão.
10	Não explica

Quadro nº 15 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I – II Etapa

G – Associação das trocas gasosas entre o ambiente e os pulmões	
Estudantes	Respostas
1	Troca de ar.
2	Não fez.
3	Porque o ar de dentro vem de fora e o de fora vem de dentro.
4	Na expiração o ar sai e na inspiração o ar entra.
5	A gente pega o ar vai para dentro depois solta.
6	Não fez.
7	Na expiração o ar entra e na inspiração o ar sai.
8	Quando puxa o ar para dentro tira do ambiente e quando solta para fora a gente devolve
9	Muita energia
10	Muita energia

Quadro nº 16 - Respostas dos estudantes do Grupo I Ensino Fundamental I – II Etapa

APÊNDICE B

A – Como explica a respiração	
Estudantes	Respostas
1	Como uma necessidade do funcionamento do coração e pulmão.
2	Importante para a sobrevivência.
3	Trocas gasosas.
4	Importante para a sobrevivência.
5	Importante para a sobrevivência.
6	Importante para a sobrevivência.
7	Importante para a sobrevivência.
8	Troca de gases.
9	Importante para a sobrevivência.
10	Importante para a sobrevivência.

Quadro nº 17 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II -I Etapa

B – Como relacionam a respiração com outras funções orgânicas	
Estudantes	Respostas
1	Relaciona com a função cardíaca
2	Gasto de energia.
3	Relaciona com a função cardíaca
4	Esforço muscular
5	Esforço muscular
6	Gasto de energia
7	Esforço muscular
8	Relaciona com a função cardíaca
9	Relaciona com a função cardíaca e gasto de energia
10	Esforço muscular

Quadro nº 18 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II -I Etapa

C – Como identificam a liberação de energia para executar diferentes atividades	
Estudantes	Respostas
1	Através da alimentação
2	Através da alimentação
3	Através da respiração
4	Através da alimentação
5	Através da alimentação
6	Através da alimentação
7	Através da alimentação
8	Através da alimentação
9	Através da alimentação
10	Pela mente

Quadro nº 19 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II -I Etapa

A – Explicação da diferença na taxa de O₂ no ar inspirado e expirado.	
Estudantes	Respostas
1	Necessidade orgânica
2	Não estabelece relação na diferença da taxa de O ₂ na troca gasosa.
3	Não estabelece relação na diferença da taxa de O ₂ na troca gasosa.
4	Fica oxigênio no corpo
5	Não estabelece relação na diferença da taxa de O ₂ na troca gasosa.
6	Fica oxigênio no pulmão
7	Fica oxigênio no corpo
8	Não estabelece relação na diferença da taxa de O ₂ na troca gasosa.
9	Necessidade orgânica
10	Necessidade orgânica

Quadro nº 20 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II – II Etapa

B – Explicação da diferença na taxa de CO₂ no ar inspirado e expirado.	
Estudantes	Respostas
1	Não estabelece relação na diferença da taxa de CO ₂ na troca gasosa.
2	Porque o organismo precisa de pouco gás carbônico
3	Não estabelece relação na diferença da taxa de CO ₂ na troca gasosa.
4	Tem haver com a “força” na respiração (respirar com mais “força” sai mais gás carbônico).
5	Não estabelece relação na diferença da taxa de CO ₂ na troca gasosa.
6	Tem haver com a “força” na respiração (“puxa” o ar forte e solta devagar).
7	Não estabelece relação na diferença da taxa de CO ₂ na troca gasosa.
8	Não estabelece relação na diferença da taxa de CO ₂ na troca gasosa.
9	Não estabelece relação na diferença da taxa de CO ₂ na troca gasosa.
10	Não estabelece relação na diferença da taxa de CO ₂ na troca gasosa.

Quadro nº 21 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II – II Etapa

C – O que acontece com o ar nos pulmões.	
Estudantes	Respostas
1	O pulmão enche e solta o ar rapidamente fazendo o coração bater
2	Fica com energia
3	O oxigênio circula e sai o gás carbônico
4	O ar sai como gás carbônico
5	O ar vai ser “tratado” e o que não serve é expirado
6	Enche o pulmão e depois “solta” para fora
7	Passa pelos pulmões, rins todo o corpo depois sai
8	Entra sujo e sai limpo
9	Da energia ao corpo
10	Sai para fora do corpo

Quadro nº 22 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II – II Etapa

D – Importância do Oxigênio	
Estudantes	Respostas
1	Sem o oxigênio a inspiração se contaminaria
2	Relacionada à sobrevivência
3	Relacionada à sobrevivência
4	Relacionada à sobrevivência
5	Relacionada à sobrevivência
6	Relacionada à sobrevivência
7	Relacionada à sobrevivência
8	Relacionada à sobrevivência
9	Relacionada à sobrevivência
10	Relacionada à sobrevivência

Quadro nº 23 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II – II Etapa

E – Para onde é levado o Oxigênio no corpo.	
Estudantes	Respostas
1	Para o coração e pulmões
2	Para os pulmões
3	Para os pulmões
4	Para o coração e pulmões
5	Para os pulmões
6	Para os pulmões
7	Para os pulmões
8	Para os pulmões, esôfago e sai
9	Para os pulmões
10	Para o coração

Quadro nº 24 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II – II Etapa

F – Onde é liberado energia em nosso corpo.	
Estudantes	Respostas
1	No coração através da alimentação
2	Coração, pulmões e músculos.
3	Coração
4	Coração ou estômago
5	Coração
6	Coração e pulmões.
7	Coração
8	Cérebro, corrente sanguínea e no organismo.
9	Relaciona com alimentação
10	Estômago

Quadro nº 25 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II – II Etapa

G – Associação das trocas gasosas entre o ambiente e os pulmões	
Estudantes	Respostas
1	Necessidade de oxigênio na inspiração e soltar gás carbônico na expiração.
2	Não estabelece relação
3	No ambiente está o oxigênio e nos pulmões gás carbônico
4	Quando inspira entra oxigênio e quando expira sai gás carbônico, e não se pode trocar o nitrogênio.
5	O ar que fica nos pulmões é o que fornece energia e o que sai não é benéfico.
6	Não estabelece relação
7	Não estabelece relação
8	A uma “troca de favores” entre os pulmões e o ambiente
9	Não estabelece relação
10	O oxigênio é inspirado e o gás carbônico é expirado.

Quadro nº 26 - Respostas dos estudantes do Grupo II Ensino Fundamental II – II Etapa

APÊNDICE C

B – Como explicam o deslocamento dos gases dentro do sistema	
Estudantes	Respostas
	NENHUM ESTUDANTE RESPONDEU ESTA QUESTÃO

Quadro nº 27 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio -I Etapa

C – Como explicam a hematose.	
Estudantes	Respostas
1	São pigmentos no sangue e ocorre nos vasos sanguíneos
2	É uma doença e ocorre nos pulmões
3	A troca de gás ocorre nos pulmões
4	A troca de gás ocorre nos pulmões
5	A troca de ar ocorre nos pulmões
6	A troca de gás ocorre nos pulmões
7	É alguma doença que ocorre no sangue
8	É a entrada de oxigênio saída de gás carbônico e ocorre nos alvéolos pulmonares
9	É um pigmento que ocorre nos vasos sanguíneos capilares
10	A troca de gás ocorre nos pulmões

Quadro nº 28 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio -I Etapa

D – Explicação do papel da hemoglobina	
Estudantes	Respostas
1	Não respondeu
2	Faz a transformação de oxigênio para o gás carbônico
3	Faz a transformação de oxigênio para o gás carbônico
4	Faz a transformação de oxigênio para o gás carbônico
5	Não respondeu
6	Não respondeu
7	Não respondeu
8	Não respondeu
9	Tem a função de transformar o oxigênio dióxido de carbono em gás carbônico
10	Faz a transformação de oxigênio para o gás carbônico

Quadro nº 29 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio -I Etapa

E – Relação entre a concentração de CO₂ e o ritmo respiratório	
Estudantes	Respostas
1	É a troca dos “ares” quando nós respiramos
2	O oxigênio determina o ritmo da nossa respiração e termos um ar puro para respirar
3	O oxigênio determina o ritmo da nossa respiração
4	O oxigênio determina o ritmo da nossa respiração
5	Não fez
6	É muito importante o oxigênio, pois a respiração tem que ter um ritmo normal para sobrevivermos
7	Quando nós estamos dormindo ocorre oxigênio quando morremos perde oxigênio
8	É captar o gás carbônico e liberar o oxigênio
9	No ritmo respiratório se respira oxigênio e se expira gás carbônico
10	O oxigênio determina o ritmo da nossa respiração

Quadro nº 30 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio -I Etapa

1G – Qual o seu objetivo	
Estudantes	Respostas
1	Alimentar as células do organismo
2	Não respondeu
3	Não respondeu
4	Não respondeu
5	Não respondeu
6	Respiração
7	Não respondeu
8	Reproduzir
9	Alimentar as células
10	Não respondeu

Quadro nº 31 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio -I Etapa
Indicador G: Sobre respiração celular

2G – Como e onde ocorre	
Estudantes	Respostas
1	Na célula
2	Não respondeu
3	Na célula
4	Não respondeu
5	Como na entrada e saída de oxigênio e ocorre nos pulmões
6	Nas células
7	Não respondeu
8	Elas se reproduzem e ocorrem nas células
9	Nos vasos sanguíneos
10	Não respondeu

Quadro nº 32 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio -I Etapa
Indicador G: Sobre respiração celular

3G – Relação com outros fenômenos	
Estudantes	Respostas
1	Sim mas não sabe explicar
2	Não respondeu
3	Não respondeu
4	Não respondeu
5	Não respondeu
6	Sim mas não sabe explicar
7	Não respondeu
8	Acha que não tem relação com outros fenômenos
9	Como processo de respiração
10	Não respondeu

Quadro nº 33 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio -1ª Etapa
Indicador G: Sobre respiração celular

4G – Importância do Oxigênio na respiração	
Estudantes	Respostas
1	Relaciona com a sobrevivência e “alimentação do corpo”
2	Trocas gasosas no pulmão
3	Importante para respiração
4	Importante para respiração
5	Relacionada com a sobrevivência
6	Relacionada com a sobrevivência
7	Não respondeu
8	Relacionada com a sobrevivência
9	Relacionada com a sobrevivência dos seres vivos
10	Importante para a respiração

Quadro nº 34 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio - I Etapa

Indicador G: Sobre respiração celular

5G – Explicar a diferença na quantidade de energia liberada na fermentação e respiração aeróbica	
Estudantes	Respostas
1	Não respondeu
2	Não respondeu
3	Não respondeu
4	Não respondeu
5	Não respondeu
6	Não respondeu
7	Não respondeu
8	Não respondeu
9	Não respondeu
10	Não respondeu

Quadro nº 35 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio - I Etapa

Indicador G: Sobre respiração celular

H – Esquema identificando os processos envolvidos na respiração celular	
Estudantes	Respostas
1	Não respondeu
2	Não respondeu
3	Não respondeu
4	Não respondeu
5	Não respondeu
6	Não respondeu
7	Não respondeu
8	Não respondeu
9	Não respondeu
10	Não respondeu
I – Esquema da mitocôndria	
Estudantes	Respostas
1	Não respondeu
2	Não respondeu
3	Não respondeu
4	Não respondeu
5	Não respondeu
6	Não respondeu
7	Não respondeu
8	Não respondeu
9	Não respondeu
10	Não respondeu

Quadro nº 36 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio - I Etapa

J – Estrutura molecular do ATP e seu papel no metabolismo energético	
Estudantes	Respostas
1	Não construiu o esquema mas disse que o ATP da energia ao corpo
2	Não respondeu
3	Não respondeu
4	Não respondeu
5	Não respondeu
6	Não respondeu
7	Não respondeu
8	É uma molécula orgânica que provoca a energia dos raios ultravioletas do sol pela descarga elétrica
9	Não respondeu
10	Não respondeu

Quadro nº 37 - Respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio - I Etapa

Estudantes	Respostas
1	Não respondeu
2	Não respondeu
3	Não respondeu
4	Não respondeu
5	Não respondeu
6	Não respondeu
7	Não respondeu
8	Não respondeu
9	Não respondeu
10	Não respondeu

Quadro nº 38 - Representações a partir da leitura de um gráfico envolvendo hematose e concentração dos gases O₂ e CO₂ nos capilares dos tecidos - Grupo III Ensino Médio - I Etapa

Situação-problema A: Associar asfixia por CO a partir da ligação da hemoglobina pelo composto	
Estudantes	Respostas
1	Porque com a garagem fechada não ocorre a troca de ar, o ar necessário para nós, ele solta CO ₂ .
2	O motor do carro libera o CO ₂ e nós respiramos o oxigênio e depois libera o CO ₂ .
3	Pois o motor do carro libera CO ₂ e nosso organismo necessita de O ₂
4	Pois o motor do carro libera CO ₂ e nosso organismo necessita de O ₂
5	Porque o carro libera gás carbônico
6	Não fez
7	Por causa do gás carbônico que ele estava inalando enquanto estava dormindo
8	Não fez
9	Porque o motor ligado ele queira H ₂ O e solta CO ₂ gás carbônico com isso ele poderia ter morrido asfixiado
10	O motor do carro libera CO ₂ e o nosso organismo necessita de O ₂

Quadro nº 39 - Representações a partir de resoluções de situações-problema do Grupo III Ensino Médio – II Etapa

Situação problema B: Relacionar as dores musculares com a produção de ácido lático na glicólise anaeróbica devido a existência da demanda de O₂ na musculatura da perna do atleta	
Estudantes	Respostas
1	Poderia ser uma distensão causada pelo esforço no músculo, por estar subindo a rampa.
2	Em uma rampa o nosso corpo precisa forçar um pouco para conseguir subir então ele precisa de oxigênio por ter forçado um pouco mais.
3	A falta de O ₂ no corpo humano, mais o desgaste físico
4	A falta de oxigênio no corpo humano
5	Não respondeu
6	Falta de oxigênio no corpo humano e o comprometimento físico antes da maratona
7	Por falta de circulação do sangue causou câibras fortes na musculatura da perna.
8	Não respondeu
9	A falta de oxigênio na corrente sanguínea causou câibra
10	Por falta de oxigênio no corpo

Quadro nº 40 - Representações a partir de resoluções de situações-problema do Grupo III Ensino Médio – II Etapa

APÊNDICE D

Esquematizar a respiração considerando os processos macro e microscópicos numa visão sistêmica.			
Estudantes	Processo macroscópico	transporte	Processo microscópico
01	Trocas gasosas.	Não faz referência.	Reações químicas ao nível celular. (compara com a respiração pulmonar).
02	Trocas gasosas, faz referência a hematose.	Não faz referência.	Cita as fases do metabolismo da glicose sem fazer comentários.
03	Trocas gasosas, ocorrem nos mamíferos e alguns animais.	Identifica a corrente sanguínea como via de transporte dos gases respiratórios.	Reconhece o metabolismo da glicose como processo de “produção” de energia para manter o equilíbrio térmico e processos mecânicos.
04	Trocas gasosas, identifica como processo necessário para que outros processos ocorram.	Não faz referência.	Não faz referência
05	Trocas gasosas.	Identifica hematose como saída e entrada de gás na corrente sanguínea para ser levado a toda parte do corpo.	Cita sem fazer qualquer inferência: degradação do piruvato – glicose – produção de energia.
06	Divide a respiração pulmonar em interna que ocorre nos alvéolos, sangue e tecidos e externa envolvendo as trocas gasosas nos pulmões, brônquias e cutânea.	Identifica o transporte dos gases realizado através da corrente sanguínea.	Não relaciona o metabolismo energético no processo, faz referências ao controle da glicose no sangue.
07	Identifica as trocas gasosas envolvendo além do sistema respiratório o circulatório.	Identifica o sistema circulatório como via de transporte de gases para toda parte do corpo chegando a célula para o metabolismo energético	Reconhece a gliconeogênese como processo de repor glicose no sangue em caso de jejum e duas fases do metabolismo energético, citadas como glicólise e outra ocorrendo nas mitocôndrias onde há liberação de energia para todas as partes do corpo.
08	Trocas gasosas.	Identifica a corrente sanguínea como meio de transporte de gases.	Não faz referência
09	“Absorção e respiração de O ₂ nos pulmões e quebra de CO ₂ nas vias respiratórias com gasto de energia no sangue.”	Transportes de gases nas vias pulmonares	Não faz referência

Quadro nº 41 - Representação a partir da construção de mapa conceitual do Grupo IV Licenciandos em Biologia -I Etapa

Situação- problema A: Relação das concentrações dos gases respiratórios na corrente sanguínea com o centro respiratório	
Estudantes	Respostas
1	Essa hiperventilação provocou uma diminuição na quantidade de oxigênio no cérebro levando o nadador ao desmaio
2	A falta de O ₂ no seu organismo, provavelmente pode ter sido por ter realizado um mergulho muito rápido e uma subida, na tentativa de chegar à lâmina de água também muito rápido, não tendo dado tempo para seu organismo repor a quantidade de O ₂ necessária, havendo a diminuição em seu metabolismo energético celular.
3	Houve uma diminuição de O ₂ na corrente sanguínea necessária para manter os órgãos vitais, levando o mergulhador ao desmaio, ou seja, uma diminuição no seu metabolismo.
4	Mergulho profundo – diferença de pressão – formação de bolhas no pulmão – mergulhador perde a consciência
5	Não respondeu
6	Quando ocorre um mergulho mais prolongado, o nitrogênio do organismo faz ligação com as hemácias. Esta situação é perigosa para o mergulhador, ele corre risco de ficar com seqüelas como “paraplegia”, por exemplo. Deve ficar na câmara hiperbárica para se recuperar por um tempo.
7	Grande quantidade de O ₂ além do normal
8	Quando o ser humano fica por um certo tempo sem respirar debilita o funcionamento do organismo pois o mesmo precisa de oxigênio para funcionar, por isso ele desmaio
9	Aconteceu uma falta de oxigênio nas vias respiratórias faltando oxigênio para o tempo estimado de mergulho. Após passar alguns segundos o oxigênio ficou escasso na profundidade que o mergulhador se encontrava a pressão sanguínea não recebeu oxigênio suficiente e o mergulhador não conseguiu produzir oxigênio para os demais órgãos

Quadro nº 42 - Representações a partir de resoluções de situações-problema do Grupo III Licenciandos em Biologia – II Etapa

Situação-problema B: Relação da glicemia com o metabolismo energético	
Estudantes	Respostas
1	Hipoclicemia - diminuição da quantidade de glicose nos tecidos por causa da intensa atividade metabólica, sem ocorrer a reposição de glicose. Então o organismo busca a glicose de reservas, que muitas vezes estão associados a outros compostos.
2	Provavelmente o que aconteceu com o piloto foi o processo bioquímico gliconeogênese, característico de ocorrência quando passamos por um jejum prolongado de várias horas. Havendo falta de glicose em nosso organismo moléculas de proteínas, aminoácidos e lipídeos podem ser consumidos na tentativa de repor esta falta de glicose.
3	Não respondeu
4	Jejum prolongado – baixa concentração plasmática de glicose – tecido mal nutrido – possibilidade de desmaio (defesa) – economia de energia para os principais órgãos (cérebro, pulmão, etc.) – café com açúcar – fornecimento de glicose para respiração celular e outros processos metabólicos.
5	Não respondeu
6	Quando o corpo passa muitas horas sem se alimentar ocorre uma queda acentuada da glicose (hipoclicemia) ao nível do plasma sanguíneo. As células betas do pâncreas liberam insulina para compensar esta perda. Retira do fígado a reserva de glicogênio e reconverte em glicose (neoglicogênese) para compensar a falta de glicose no organismo
7	Um abaixamento da quantidade de ATP disponível e conseqüente oxigênio no organismo. O tecido não dispunha de energia suficiente nem tão pouco oxigênio para realizar suas funções
8	O organismo precisa de compostos inorgânicos para manter o funcionamento como o cálcio encontrado no leite, o ferro no feijão, o açúcar encontrado na maioria dos alimentos, daí ficar doze horas sem esses nutrientes prejudica o funcionamento do organismo.
9	Devido a sua ausência de alimentação a corrente sanguínea não sente falta de nutrientes, ao mudar de posição ao pisar no solo, logo a pressão sanguínea não obteve gastos de energia no sangue e quanto ao tecido energético, a xícara de café foi um estimulante à obtenção de cafeína, para estimular a pressão sanguínea e os tecidos dos órgãos, para depois passar para um hidratação por via de H ₂ O e proteínas na síntese e adquirir nutriente ao organismo.

Quadro nº 43 - Representações a partir de resoluções de situações-problema do Grupo III Licenciandos em Biologia – II Etapa

A – Significado de respirar	
Estudantes	Respostas
1	Trocas gasosas
2	Nos animais terrestres vertebrados superiores inspirar O ₂ e expirar CO ₂ para o meio externo. Processo complexo que evoluiu em conjunto com todas as classes de animais na escala filogenética zoológica
3	É o processo de trocas gasosas.
4	Inspirar O ₂ e expirar CO ₂
5	Manter em equilíbrio os gases responsáveis pelos processos metabólicos
6	Absorver o oxigênio do ar. Pode ser um processo pulmonar, branquial ou tegumentar.
7	Expelir gás na forma de CO ₂ após trocas gasosas e outros processos
8	Trocar gases que vão auxiliar no funcionamento do organismo para nos mantermos vivos.
9	É o ato de receber ou inalar O ₂ , para as vias metabólicas, e (para a atitude), absorver O ₂ e inspirar CO ₂ nas vias teciduais e no processo celular de órgãos respiratórios.

Quadro nº 44 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia – III Etapa

B – Relação da taxa de CO₂ com o ritmo respiratório	
Estudantes	Respostas
1	Quanto maior o ritmo respiratório entrará mais O ₂ e sairá mais CO ₂ do organismo
2	O ritmo respiratório é acelerado com o aumento de CO ₂ no organismo
3	Quando aumentarmos o ritmo de respiração, estamos produzindo energia e devido a isso tem que haver um aumento no consumo de O ₂
4	O CO ₂ é um gás tóxico, conseqüentemente precisa ser eliminado, pois pode combinar-se com a hemoglobina e o aumento do ritmo respiratório ocorre para promover sua eliminação quando em excesso.
5	Quanto maior o nível do CO ₂ maior o aumento dos movimentos respiratórios.
6	Quando o nível de CO ₂ está alto, a respiração aumenta o ritmo como uma compensação pela falta de oxigênio.
7	Porque se o ritmo estiver forte sinal que há uma produção maior de CO ₂ no organismo.
8	Não respondeu
9	A relação é que o CO ₂ atende ao absorção de O ₂ , não havendo um ritmo adequado a taxa entre o CO ₂ e o O ₂ não vai atender a relação.

Quadro nº 45 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia – III Etapa

C – Relação da altitude com o processo respiratório	
Estudantes	Respostas
1	Diminui a quantidade de O ₂ nas hemácias, então para compensar o coração trabalha mais acelerado para bombear mais sangue, carregando mais O ₂ .
2	Quando em altitude muito elevada o metabolismo respiratório humano sofre alterações em decorrência de altas altitudes, pois neste local, nosso organismo absorve menos O ₂ . Quando um ser humano sai de locais de altitude normal para locais onde esta é muito elevada, necessitam passar por um período de adaptação.
3	Sente tonturas e náuseas devido a pouca quantidade de O ₂ .
4	Ele aumenta para compensar a pouca disposição de O ₂ em alta altitude. Aumenta também o número de hemácias para melhor captação de O ₂ e nutrição da célula.
5	O nível de O ₂ diminui.
6	Em altitudes elevadas, o ar é mais rarefeito. Para compensar, o sistema respiratório tem que respirar com mais frequência para suprir o oxigênio.
7	Cansa mais rápido devido existir menor quantidade de O ₂ .
8	Fica deficiente por conta da pressão que é mais alta lá em cima.
9	Falta de O ₂ nos lugares altos, ocasiona mal estar como desmaio, náuseas, vômitos e câimbras. O ar é mais rarefeito do que nas altitudes baixas, a pressão respiratória é mais adequada.

Quadro nº 46 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia – III Etapa

D – Conseqüência para um organismo que sofreu colapso no sistema circulatório com o metabolismo energético	
Estudantes	Respostas
1	O metabolismo para.
2	Um indivíduo que tenha sofrido um enfarte do miocárdio, tendo em conseqüência disso colapso do sistema circulatório se não chegar a óbito terá seu metabolismo energético diminuído.
3	Pode ter um AVC ou até levar a morte em conseqüência da falta de oxigênio no cérebro.
4	O infarte agudo do miocárdio (IAM) é decorrente, normalmente, de obstruções nas artérias, normalmente as coronárias, com conseqüente falta de oxigênio para o tecido muscular cardíaco e este sofre necrose . Caso o indivíduo sobreviva deve melhorar a alimentação.
5	Não fez.
6	O músculo cardíaco quando sofre um infarto, as células daquela região morrem. O coração não vai ter a mesma eficiência. A vítima sofre com falta de ar, muitas dores, fraqueza, vômito, sudorese intensa, etc.
7	Não há produção de ATP o que pode levar o indivíduo a morte.
8	Não fez.
9	Entupimento das artérias que levam O ₂ e nutrientes do miocárdio, o metabolismo energético não acontece e o indivíduo enfarta em questões de segundos.

Quadro nº 47 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia –III Etapa

E – Como explica o processo de obtenção de energia realizado pelo ser humano.	
Estudantes	Respostas
1	Através do processo de respiração celular.
2	O processo de obtenção de energia realizado pelo organismo do ser humano é o mais complexo existente, que se inicia com a absorção de O ₂ do meio externo, transporte deste gás até os alvéolos pulmonares, onde sofrerá uma série de reações químicas, biológicas e bioquímicas para posterior liberação de CO ₂ do organismo.
3	Glicose + O ₂ → C O ₂ + H ₂ O + energia.
4	Os seres vivos necessitam ingerir substâncias, cujas não são produzidos pelo organismo, para que ocorram todas as etapas necessárias a respiração celular garantindo um bom funcionamento dos órgãos.
5	O ser humano obtém energia através dos alimentos que contém proteínas, lipídeos, carboidratos, sais minerais, vitaminas. Que quando digeridos atravessam os capilares e vão servir de fonte de energia para as partes do corpo.
6	Ele obtém energia através dos alimentos.
7	Ocorre pela transformação dos carboidratos ou derivados em glicose ou ainda a obtenção direta da glicose para assim realizar a glicólise com o intuito de obter energia (ATP, NAD, FAD, FADH ₂ , e outros) para a manutenção do ser.
8	Não respondeu.
9	Ganho de ATP e aumento do metabolismo, devido ao requerimento de proteínas e nutrientes.

Quadro nº 48 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia –III Etapa

F – representação através de esquema do caminho do oxigênio do ar até a célula	
Estudantes	Respostas
01	O O ₂ entra no organismo pelo sistema respiratório (vias aéreas) chega aos pulmões e depois sofre reações químicas para ser disponibilizado pela célula.
02	Não fez
03	Não fez
04	O ₂ atmosférico – fossas nasais – traquéia – pulmões – alvéolos – capilares – céls sanguíneas (hemácias) - cel dos tecidos – mitocôndrias.
05	Não fez
06	O ₂ - pulmões – hematose (alvéolos) – corrente sanguínea (hemácias) – tecidos e células.
07	Narinas – traquéia – alvéolos – hemácias – tecidos – células – mitocôndrias.
08	Não fez
09	Atmosfera – O ₂ – obtenção de ATP processo celular – ganho de ATP – requerimento de O ₂ – células sadias.

Quadro nº 49 -Respostas dos estudantes do Grupo IV Licenciandos em Biologia – III Etapa

G – Papel do NAD e do FAD	
Estudantes	Respostas
1	São carregadores de elétrons responsáveis pela retirada de hidrogênio na cadeia transportadora de elétrons.
2	O NAD e o FAD atuam na cadeia transportadora de elétrons (NADH ⁺ , FADH ⁺) transportadores de elétrons na cadeia respiratória.
3	Não fez.
4	Redução.
5	Doador, receptor e aceptor de elétrons, participando do ciclo de Krebs – cadeia respiratória – cadeia transportadora de elétrons.
6	Não fez.
7	Aceptores de elétrons.
8	Não fez.
9	NAD – obtenção e gasto de energia FAD – recebimento e ganho de ATP.

Quadro nº 50 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia – III Etapa

H – Como a energia é liberada em quantidades discretas na cadeia de transporte de elétrons.	
Estudantes	Respostas
1	É liberada na forma de ATP.
2	Acredito que seja através do NADH ⁺ e FADH ⁺ , pois o AMP, ADP e ATP não atuam diretamente na cadeia transportadora de elétrons.
3	Não fez.
4	Acho que na forma de NADH ⁺ e FADH ⁺ .
5	Não fez.
6	Não fez.
7	Através da necessidade que a célula possui para que possa se manter.
8	Não fez.
9	Pelo NAD e pela ribose 3-fosfato.

Quadro nº 51 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia – III Etapa

I – O que acontece na ausência de O₂ no fim da cadeia respiratória	
Estudantes	Respostas
1	Não haveria as trocas gasosas, não se concretizando a respiração celular.
2	Sem a atuação do O ₂ a célula morreria, pois podemos compará-la a um organismo que respira, que come, que excreta. Sem a presença do O ₂ o metabolismo energético celular seria ineficiente.
3	Não fez.
4	Não poderia ocorrer a respiração celular. Tendo em vista que o oxigênio participa de forma inerente para que o processo ocorra.
5	Não fez.
6	Haveria morte celular.
7	Teríamos baixa produção energética.
8	Não fez.
9	Aconteceria não adquirir as ligações entre com o enriquecimento de nutrientes para a célula e a liberação de CO ₂ na mitocôndria, no processo de respiração celular.

Quadro nº 52 - Respostas dos estudantes do Grupo III Licenciandos em Biologia – III Etapa

APÊNDICE E

Esquematizar a respiração considerando os processos macro e microscópicos numa visão sistêmica.			
Estudante	Processo macroscópico	transporte	Processo microscópico
01	Respiração pulmonar / hematose nos alvéolos	Transporte dos gases realizado através do sangue	O ₂ nos tecidos + via glicolítica → Produção de ATP
02	Respiração pulmonar / trocas gasosas /	Difusão / circulação	Não consegue representar com clareza
03	Entrada de O ₂ / sangue arterial/ troca de gases nos tecidos/ sangue venoso/ coração átrio direito/ sangue venoso para o pulmão/ respiração pulmonar/ hematose / alvéolos pulmonares/liberação do CO ₂ para o meio externo	Transporte feito pelo sangue	Degradação de glicogênio/ formação de glicose/ glicólise/ ciclo de krebs/produção de NADH , FADH e GTP/ redutores na CTE e FO/ produção de elétrons e O ₂ / transporte de O ₂ pelas células
04	Oxigênio do ar → ser humano/ - o oxigênio entra no organismo pela boca ou fossas nasais; - segue pela laringe até a traquéia, nesse caminho o ar é purificado pelos cílios, retendo partículas externas; - da traquéia o ar vai para os brônquios, bronquíolos até chegar aos alvéolos pulmonares que é onde ocorre a troca gasosa; - a troca gasosa consiste da entrada de gás oxigênio e saída de gás carbônico.	- no sangue o oxigênio é transportado pelos eritrócitos aos tecidos periféricos.	- anidrase carbônica é uma enzima fundamental no equilíbrio dos gases e na homeostase; - o íon bicarbonato é responsável por manter o pH favorável ao organismo.

Quadro nº 53 - Representação a partir da construção de mapa conceitual - Grupo V mestrado em Bioquímica -I Etapa

Situação-problema A: Relação das concentrações dos gases respiratórios na corrente sanguínea com o centro respiratório	
Estudantes	Respostas
1	Provavelmente o nível de O ₂ no sangue superou o ideal, provocando a perda dos sentidos.
2	Hiperventilação ≠ ↑ O ₂ = ↓ trocas gasosas → ↓ O ₂ a nível de cérebro → desmaio
3	Devido ao mergulho prolongado, ocorreu baixa entrada de oxigênio no organismo, o que levou a utilização pelas células do oxigênio produzido através de processos metabólicos, ocasionando a hiperventilação e altas produções de CO ₂ (dióxido de carbono), que precisa ser eliminado pelo processo de expiração, devido o tempo prolongado de mergulho, houve acúmulo de CO ₂ e feedback negativo pelo sistema nervoso para menor produção de gás, levando o mergulhador ao desmaio
4	Hiperventilação é o aumento do ritmo respiratório que leva ao aumento da entrada de CO ₂ no organismo no caso do nadador, o oxigênio não estava disponível para que houvesse o equilíbrio ácido-base do organismo, pois no fundo do mar o O ₂ está dissolvido na água, não sendo possível a utilização. Isto causou uma hipóxia tecidual, que é a redução do oxigênio disponível para tecidos periféricos, o oxigênio, na cadeia transportadora de elétrons é precursor na formação da moeda energética do organismo: ATP.

Quadro nº 54 - Representações a partir de resoluções de situações-problema - Grupo V Mestrado em Bioquímica -II Etapa

Situação-problema B: Relação da glicemia com o metabolismo energético	
Estudantes	Respostas
1	O seu nível de glicose no sangue baixou, então, provavelmente foram acionadas vias metabólicas como gliconeogênese para repor o nível de açúcar, porém, como esta não é uma via imediata (pois parte de componentes não glicídicos para formar glicose, e isto demora um tempo), o piloto sentiu mal-estar por causa da falta deste carboidrato, que é nossa principal fonte de energia.
2	Jejum → ↓ taxa de glicose plasmática → ↑ metabolismo energético → maior consumo de glicose em reserva → ↓ PAS (pressão arterial sistêmica) → vertigens, tonturas, desmaios.
3	Em jejum, os níveis plasmático de glicose, molécula essencial para obtenção de energia, estão baixos, diminuindo a frequência do metabolismo da glicose (glicólise) para obtenção de energia. O café seria um estimulante, para liberação de serotonina e adrenalina, que estimulariam outras vias metabólicas, para degradação do glicogênio em glicose (glicogenólise) e a gliconeogênese através de precursores não glicídicos.
4	Jejum prolongado gera redução nos níveis de glicose sanguínea (glicemia). A indisponibilidade de glicose no plasma inviabiliza as atividades energéticas, pois é a partir da degradação da glicose que irão ser gerados ATPs necessários para realizar funções vitais. Do ponto de vista metabólico, a glicose armazenada na forma de glicogênio hepático começa a ser utilizada após um jejum prolongado (glicogenólise) e a persistência do jejum leva a degradação de outras fontes de energia como lipídeos e proteínas.

Quadro nº 55 - Representações a partir de resoluções de situações-problema - Grupo V Mestrado em Bioquímica – II Etapa

A – Significado de respirar	
Estudantes	Respostas
1	Significa, primariamente, retirar o O ₂ do ar e transferi-lo para o sangue. A nível celular, significa a obtenção de energia, na qual o O ₂ é o receptor final de elétrons (em aerobiose)
2	Manutenção de trocas gasosas (entrada de O ₂ e saída de CO ₂) em uma intensidade e velocidade adequadas para o bom funcionamento do organismo vivo.
3	Significa troca de O ₂ (oxigênio) do meio ambiente para as células (respiração) e eliminação do CO ₂ (dióxido de carbono) das células para o meio externo (expiração).
4	Respirar é trocar gases com o meio ambiente a fim de fornecer O ₂ para o organismo realizar funções vitais.

Quadro nº 56 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – 3ª Etapa

B – Relação da taxa de CO₂ com o ritmo respiratório	
Estudantes	Respostas
1	Sim. Se a taxa de CO ₂ no organismo aumenta o ritmo respiratório também aumenta, para que o O ₂ seja captado mais rapidamente.
2	↑ Ritmo respiratório → ↓ eliminação do CO ₂ → ↑ CO ₂ armazenado no organismo.
3	Sim se a taxa de CO ₂ está alta, significa que o organismo está precisando utilizar muito O ₂ no caso de um exercício intenso, aumentando o ritmo respiratório.
4	O aumento do ritmo respiratório eleva a taxa de CO ₂ .

Quadro nº 57 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

C – Relação da altitude com o processo respiratório	
Estudantes	Respostas
1	Há uma tentativa de obter o máximo de O ₂ possível já que o ar se torna mais rarefeito nestas situações. Nos habitantes de lugares assim, pode-se encontrar uma maior concentração de hemoglobina no sangue, já para suprir esta deficiência.
2	↑ altitudes → ↓ oferta de O ₂ → ↓ metabolismo.
3	Em lugares de altitude elevadas, as pressões parciais de O ₂ e CO ₂ aumentam diminuindo o metabolismo respiratório, deixando os indivíduos mais sonolentos.
4	Altitudes elevadas o ar é rarefeito e há uma menor concentração de oxigênio disponível, o que leva a um cansaço proveniente da indisponibilidade do O ₂ necessário, há um aumento no número de eritrócitos na tentativa de suprir o déficit.

Quadro nº 58 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

D – Conseqüência para um organismo que sofreu colapso no sistema circulatório com o metabolismo energético	
Estudantes	Respostas
1	O sangue para de circular, então o suprimento do O ₂ diminui e o metabolismo fica comprometido, pois não haverá energia.
2	Enfarto do miocárdio → parada dos batimentos cardíacos → parada da circulação → não difusão de O ₂ nos tecidos.
3	No enfarto, há uma área necrosada que perdeu a capacidade de troca de gases de tecidos com o sangue, isso requer uma maior atividade para compensar a área necrosada.
4	Um infarto no miocárdio vai gerar uma área de necrose que impede a circulação do sangue eficientemente e dessa forma a chegada do O ₂ aos tecidos.

Quadro nº 59 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

E – Como explica o processo de obtenção de energia realizado pelo ser humano.	
Estudantes	Respostas
1	É um processo complexo que envolve várias vias metabólicas na degradação dos alimentos consumidos promovendo a obtenção da energia necessária a todos os sistemas do corpo.
2	Obtenção de energia → respiração (O ₂ / CO ₂); alimentação (nutrientes = energia). A obtenção de energia é necessária para a manutenção da vida, uma vez que, a sempre uma constante perda é importante a troca.
3	O processo é baseado em relações existentes entre metabolismo (rotas metabólicas), degradações, sínteses de moléculas capazes de obter ATP (energia) e co-fatores relacionados, principalmente a troca de gases pelo organismo.
4	É um processo dependente de fatores externos e de uma seqüência de reações químicas orgânicas.

Quadro nº 60 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

F – Representação através de esquema do caminho do oxigênio do ar até a célula	
Estudantes	Respostas
01	O ₂ (ar) → vias respiratórias → troca de gases nos alvéolos → circulação sanguínea → células de todos os tecidos.
02	O ₂ → ATM → traquéia → brônquios → bronquíolos → capilares → hemácias.
03	Entrada de O ₂ pelas fossas nasais → hematose nos alvéolos pulmonares → passagem de O ₂ para o sangue → entrada no átrio esquerdo do coração → distribuição pelo organismo pela artéria aorta (saída do ventrículo esquerdo) → capilares → entrada de O ₂ nas células e saída de CO ₂ / metabolismo energético celular → sangue venoso → coração.
04	O ₂ → boca/fossas nasais → faringe → traquéia → brônquios → bronquíolos → pulmão → alvéolos pulmonares → coração → artéria aorta → trocas gasosas nos capilares sanguíneos → tecidos periféricos (nos tecidos o oxigênio chega até as células).

Quadro nº 61 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

G – Papel do NAD e do FAD	
Estudantes	Respostas
1	Eles vão carrear elétrons até o oxigênio molecular partindo do ciclo de Krebs até a fosforilação oxidativa, onde são reoxidados.
2	Transportadores de energia (O ₂).
3	São equivalentes que entram na glicólise e outras vias metabólicas sendo reduzidas a NADH e FADH ₂ que entram na CTE e FO para conversão em energia (ATP).
4	São transportadores de elétrons.

Quadro nº 62 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

H – Como a energia é liberada em quantidades discretas na cadeia de transporte de elétrons.	
Estudantes	Respostas
1	Através do fluxo de elétrons através desta cadeia, que também promove uma bomba próton-motriz que vai permitir a fosforilação do ADP em ATP (energia).
2	Quando a mudança nos níveis energéticos, na forma de ATPs.
3	Pela quantidade (entrada) controlada de equivalentes redutores, que na verdade, na CTE haverá transporte de elétrons para posterior produção de energia.
4	Através da oxidação dos elétrons.

Quadro nº 63 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

I – O que acontece na ausência de O₂ no fim da cadeia respiratória	
Estudantes	Respostas
1	O fluxo de elétrons não seria possível, e o processo acima descrito não aconteceria.
2	Morte celular.
3	A célula morreria, pararia suas atividades vitais, porque o O ₂ é essencial.
4	Não haveria a oxidação dos elétrons e por fim a geração de energia

Quadro nº 64 - Respostas dos estudantes do Grupo V Mestrado em Bioquímica – III Etapa

APÊNDICE F

Teste de sondagem

Grupos: I e II

I Etapa: Questões abertas

Identificação do aluno: _____

No nosso dia a dia fazemos várias coisas como brincar, correr, conversar com os amigos, estudar, dormir, etc. Enquanto fazemos essas atividades, o nosso corpo também realiza outras atividades para que continuemos vivos, como por exemplo: o nosso coração bate, respiramos, e outras atividades que não precisamos pensar para que aconteçam. Até quando estamos dormindo algumas atividades continuam acontecendo.

Você já percebeu que nunca paramos de respirar? O que sabe sobre a respiração?

- Quando você está deitado preguiçosamente, respira devagar. Mas quando você corre, sua respiração fica rápida. Por que será?
- Como nosso corpo consegue energia para se manter vivo e executar atividades como correr, pular, brincar, estudar, crescer?
- Desenhe o nosso corpo e indique o movimento que o ar faz dentro dele.

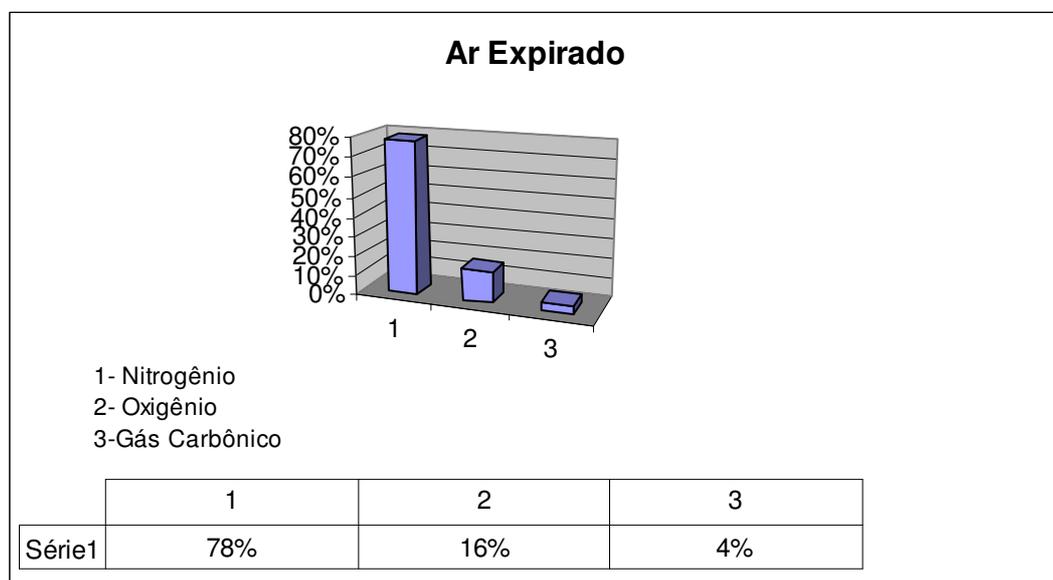
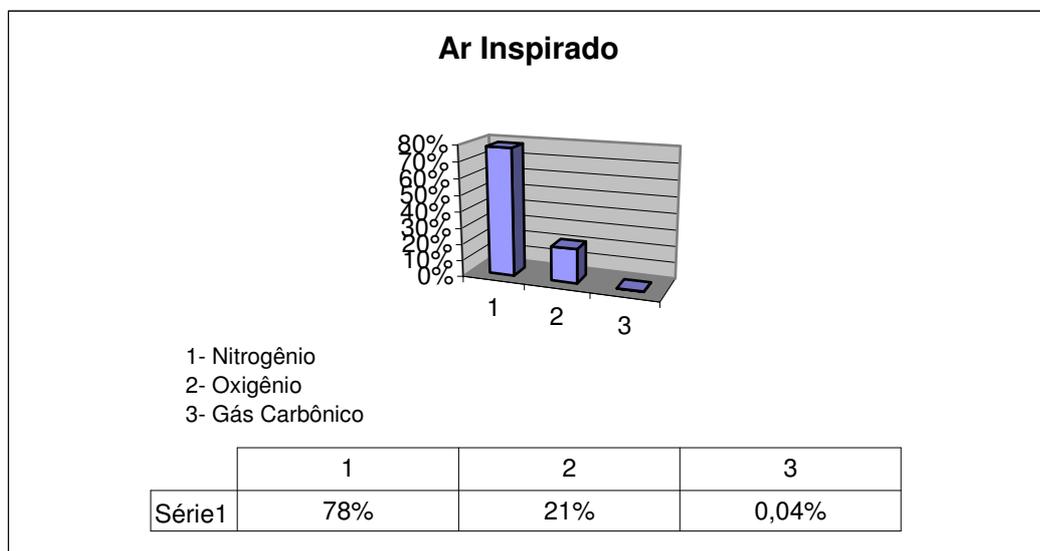
Teste de sondagem

Grupos: I e II

II Etapa: Interpretação de gráficos

Identificação do aluno: _____

- Observe os gráficos abaixo, eles representam o percentual de ar inspirado e expirado.



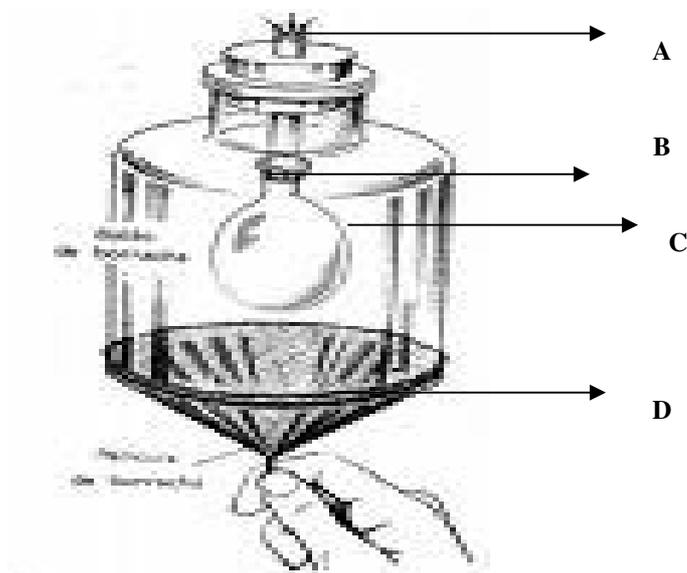
- Sobre os gráficos responda:

- a) Por que a quantidade de oxigênio expirada é menor que a quantidade inspirada?
- b) Por que a quantidade de gás carbônico é maior na expiração do que na inspiração?
- c) Por que precisamos de oxigênio?
- d) Depois que o oxigênio entra no nosso corpo, para onde ele é levado?
- e) O que acontece quando o ar chega aos nossos pulmões?
- f) Em que lugar do nosso corpo é produzido energia?

- Há, permanentemente, uma troca de ar entre os pulmões e o ambiente. Explique de que forma podemos relacionar essa troca com os movimentos de inspiração e expiração.

Teste de sondagem**Grupos: I e II****III Etapa: Interpretação de um modelo****Identificação do aluno: _____**

- Observe os esquemas abaixo e depois responda:



- Qual à parte que corresponde:

A - Aos seus pulmões?

B - Às suas narinas?

C - À traquéia e aos brônquios?

D - Ao diafragma?

E - O que acontece quando a borracha é puxada? Explique o que você percebe.

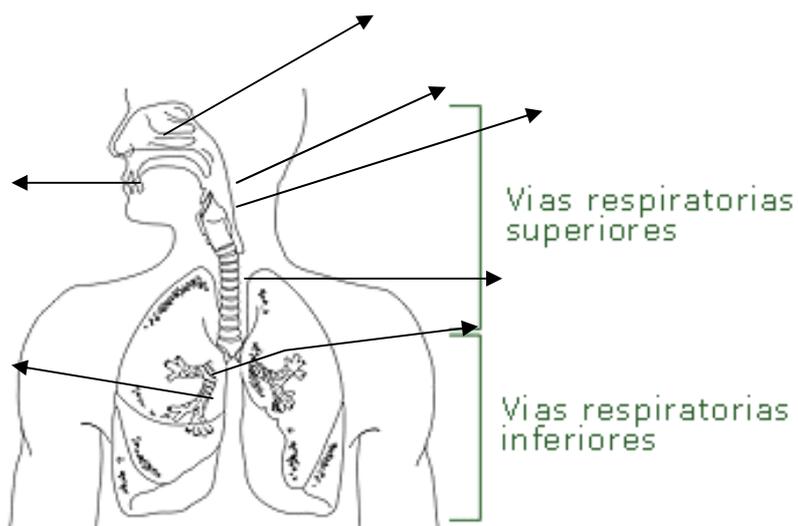
F - Quando a borracha é solta, o que é possível observar? Explique sua resposta.

Teste de sondagem**Grupo: III****I Etapa: Questões abertas****Identificação do aluno:** _____

1) No esquema do sistema respiratório representado abaixo, encontram-se indicados as principais estruturas. Diante de tal representação pede-se:

a – identificar os órgãos indicados.

b – explicar como o ar se desloca dentro do sistema.



2) O que é hematose? Onde ocorre no organismo humano?

3) Descreva o papel da hemoglobina na transferência de Oxigênio e Dióxido de Carbono.

4) Há relação entre a concentração de CO₂ e o ritmo respiratório? Explique.

5) Considere as seguintes etapas do processo respiratório do homem:

Síntese de ATP nas mitocôndrias;

Hematose nos alvéolos pulmonares;

Transporte de O₂ aos tecidos pelas hemácias;

Captação de O_2 no meio ambiente.

Coloque cada etapa na ordem de acontecimentos a partir da inspiração e explique cada uma.

6) A partir do modelo que simula o mecanismo de respiração extracelular responda:

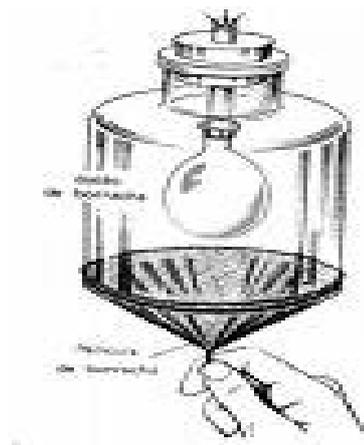


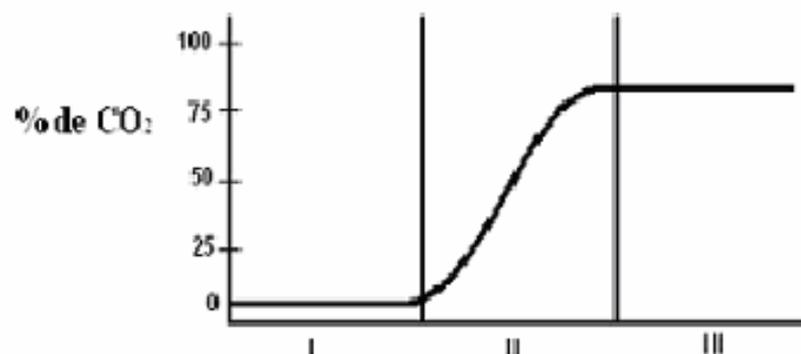
Figura B

A - Por que o balão infla-se e esvazia-se conforme o movimento da borracha localizada na Figura b.

B - O que acontece se, ao realizar os mesmos movimentos, a saída do tubo estiver vedada?

A partir do experimento, o que você pode concluir quanto à respiração humana?

7) Considere o gráfico abaixo:



Sabendo-se que, no início do período considerado, o sangue sofreu hematose, em quais capilares dos tecidos encontraremos respectivamente as concentrações de CO_2 indicados em I, II e III?

8) Sobre a respiração celular, pergunta-se:

Qual o seu objetivo?

Como e onde ocorre?

Possui relação com outros processos? Explique sua resposta.

09) Construa um esquema identificando os processos envolvidos na respiração celular dentro da célula.

10) Esquematize uma mitocôndria indicando suas partes.

11) Identifique a estrutura da molécula do ATP e o seu papel no metabolismo energético.

12) Explique a importância do oxigênio na respiração.

13) Porque a fermentação produz menor quantidade de energia do que a respiração aeróbica a

Teste de sondagem**Grupos: III****II Etapa: Situações-problema****Identificação do aluno:** _____

1) Um estudante dirigiu seu carro para casa após uma longa noite de estudo, entrou na garagem e caiu no sono dentro do carro com o motor ligado, no hospital, no dia seguinte, uma enfermeira disse que ele tinha sorte em estar vivo. Por que ele estava em perigo devido o motor ligado do carro?

2) Um atleta participando da maratona de São Silvestre, após alguns quilômetros de corrida e no meio de uma rampa, sentiu fortes dores na musculatura da perna. O que poderia estar causando as dores sentidas pelo atleta? Justifique sua resposta.

Teste de sondagem**Grupos: IV e V****I Etapa: Construção do esquema sobre respiração****Identificação do aluno: _____**

Construa um mapa conceitual sobre respiração utilizando as seguintes palavras-chaves.

Respiração Pulmonar;

Hematose;

Transporte dos gases respiratórios;

Metabolismo da glicose;

Jejum;

Gliconeogênese.

Teste de sondagem**Grupos: IV e V****II Etapa: Situações - Problema****Identificação do aluno: _____**

1) Um mergulhador não muito experiente provocou uma hiperventilação ao fazer um mergulho mais prolongado. Após alguns segundos seu colega que também mergulhava percebeu que ele havia perdido os sentidos e com a ajuda de outros mergulhadores o retiraram da água. O que poderia ter causado o desmaio. Explique o que aconteceu com o nadador.

2) Um piloto de avião permaneceu 12 h de jejum durante uma viagem. Quando desceu da nave não estava se sentindo muito bem e procurou tomar uma xícara de café. Explique o que pode ter acontecido com o piloto na ausência de alimento, tanto no que se refere ao plasma sanguíneo quanto no metabolismo energético tecidual.

Teste de sondagem**Grupos: IV e V****III Etapa: Questões abertas****Identificação do aluno: _____**

- 1) Monte um esquema demonstrando o caminho do O₂ do ar atmosférico até a célula (metabolismo energético celular).
- 2) Há relação entre a taxa de CO₂ e o ritmo respiratório? Explique.
- 3) O que demonstra um músculo em contração vigorosa comparando ao estado de repouso?
- 4) Como a energia é liberada em quantidades discretas na cadeia transportadora de elétrons?
- 5) O que acontece ao indivíduo quando está em lugares de altitudes elevadas em relação ao metabolismo respiratório?
- 6) No nascimento, as vias respiratórias cheias de líquido devem tornar-se vias respiratórias cheias de ar. Como esse processo acontece?
- 7) O que acontece com o indivíduo que sofreu um colapso do sistema circulatório oriundo de um enfarto do miocárdio em relação ao metabolismo energético?

ANEXO

Normas para publicação de artigo

Ciência & Educação

Normas para Publicação

Apresentação dos trabalhos

Ciência & Educação aceita colaborações em português, espanhol e inglês. Os originais devem ser enviados com texto digitado em Word for Windows ou softwares compatíveis, fonte Times New Roman, corpo 12, espaço duplo, com até 15 laudas e aproximadamente trinta linhas por lauda. Todos os originais submetidos à publicação devem dispor de um resumo do trabalho, com no máximo 150 palavras, bem como de até cinco palavras-chave alusivas à temática do trabalho, em português ou espanhol e inglês.

Na folha de rosto deve constar o título do trabalho (em português ou espanhol e inglês) e afiliação completa de todos os autores (nome completo, formação, cargo e/ou função, vínculo institucional (instituição, unidade, departamento, local de origem), endereço, telefone e endereço eletrônico.

Na primeira página do texto deve constar o título completo do artigo em português e/ou espanhol e inglês, resumo em português e/ou espanhol, inglês (abstract) de até 150 palavras, palavras-chave/keywords (nos dois idiomas), omitindo-se o nome do autor. Os descritores do artigo (palavras-chave e keywords) devem refletir da melhor maneira possível o conteúdo abordado no artigo, uma forma de pronta localização da temática pelos usuários.

Os originais devem ser submetidos aos cuidados do editor por correio eletrônico (revista@fc.unesp.br) e não serão devolvidos aos autores.

Ilustrações

Tabelas, figuras, gráficos e desenhos devem ser enviados em páginas separadas, em formato word, excel, ou nos formatos de figura (extensão tif ou jpeg), respeitando o tamanho da página da revista, utilizando a fonte Arial 9 (normal ou bold), com legendas e numeração (também em Arial 9). Imagens digitalizadas podem ser enviadas por meio eletrônico com as seguintes especificações: resolução de 400 dpi em tamanho natural e salvas em arquivo com

extensão tif ou jpeg. Como a revista não imprime páginas coloridas, os autores devem enviar gráficos e imagens em preto e branco ou tons de cinza.

Notas de rodapé

Devem ser numeradas, sucintas e usadas somente quando estritamente necessário.

Citações

Citações literais no texto devem subordinar-se à forma (Autor, data e página), conforme Norma ABNT (NBR 10520/2002). Os autores citados devem constar das referências listadas no final do texto, em ordem alfabética, segundo normas da ABNT (NBR 6023/2002) conforme exemplos:

- Livros

FREIRE, P. *Pedagogia da indignação: cartas pedagógicas e outros escritos*. São Paulo: Ed. Unesp, 2000.

- Artigos em revistas

VILLANI, A.; SANTANA, D. A. analisando as interações dos participantes numa disciplina de Física. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 2, p. 197-217, 2004.

- Teses

ZULIANI, S. R. Q. A. *A utilização da metodologia investigativa na aprendizagem de química experimental*. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2000.

- Eventos

VILLANI, A.; ARRUDA, S. M.; LABURU, C. E. perfil conceitual e/ou perfil subjetivo? In: *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 3., 2001, Atibaia. Anais... Atibaia, 2001. 1 CD-ROM.

- Capítulos de livros

KLEIN, J. T. Ensino interdisciplinar: didática e teoria. In: FAZENDA, I. C. A. (Org.) *Didática e interdisciplinaridade*. 6.ed. Campinas: Papyrus, 2001. p. 109-132.

- Documentos eletrônicos

WAGNER, C. D.; PERSSON, P. B. Chaos in cardiovascular system: an update. *Cardiovasc. Res.*, v.40, p. 257-64, 1998. Disponível em: <<http://www.probe.br/science.html>>. Acesso em: 20 jun. 1999.

O(s) autor(es) deve(m) verificar se os endereços eletrônicos (url) citados no texto estão ativos.