

A COMPREENSÃO DO PROCESSO RESPIRATÓRIO, POR LICENCIANDOS EM BIOLOGIA: IMPLICAÇÕES PARA SUA FORMAÇÃO

Risonilta Germano Bezerra de Sá, doutoranda PPGEC/UFRPE
risogermano@gmail.com

Aline Furtuozo de Souza, mestranda PPGEC/UFRPE
alinefurtuozo@yahoo.com.br

Zélia Maria Soares Jófili, PPGEC/UFRPE
jofili@gmail.com

Este trabalho discute a compreensão e articulação dos conceitos sistêmicos/complexos envolvidos na respiração pulmonar e celular. Uma situação-problema, envolvendo os aspectos micro e macroscópicos do processo de respiração, foi apresentada a oito licenciandos em Ciências Biológicas (5º período) de uma Universidade Pública. Os estudantes deveriam explicar os fenômenos biológicos e os níveis de organização envolvidos para elucidar o problema de forma articulada e argumentativa. Nosso objetivo foi analisar a construção argumentativa elaborada a partir das concepções desses estudantes, utilizando como suporte metodológico de análise de discurso, a Teoria Semiolinguística (TS), proposta por Charaudeau (2008). A dificuldade em elaborar um texto articulado e adequadamente fundamentado aponta para a necessidade de repensar a formação inicial dos professores de Biologia, considerando as dimensões teóricas e práticas necessárias para a construção de conceitos complexos.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Superior; Conceitos Complexos; Formação Inicial; Teoria Semiolinguística.

INTRODUÇÃO

Nos estudos que realizamos com conceitos abstratos e complexos no ensino de Ciências e Biologia, percebemos que as teorias da aprendizagem, isoladamente, não apontam modelos que superem os impasses estabelecidos na aprendizagem desses conceitos.

Pesquisadores como Laurence Viennot, na França, Jack Easley, nos EUA, Rosalind Driver, Roger Osborne e John Gilbert, na Inglaterra e outros, apontam para a distância existente entre alguns conceitos científicos e as ideias que os estudantes apresentam sobre os temas científicos em sala de aula (BIZZO, 2009).

Os estudos de Jofili *et al.* (2010), envolvendo o conceito de glicólise, trabalhado numa intervenção pedagógica junto a uma turma de licenciandos em Ciências Biológicas, apresentam alguns resultados, que entre outros, destacam a existência de lacunas conceituais envolvendo os conteúdos necessários à compreensão do conceito trabalhado, como por exemplo, funções orgânicas, reações químicas, ligações químicas e o próprio metabolismo celular que envolve as transformações energéticas.

As autoras observaram, ainda, a dificuldade que os estudantes apresentaram, nas questões que envolvem abstrações, não conseguindo estabelecer relações entre o universo microscópico e as funções orgânicas macroscópicas. Sugerem em seus estudos, uma maior atenção, nos cursos de Licenciaturas em Ciências Biológicas, com os conceitos considerados abstratos e complexos, bem como a interação de áreas de conhecimentos afins, como a Química e a Física.

Uma análise para se compreender melhor esse processo e avançar na prática pedagógica do docente em Ciências e Biologia, se apresenta nos estudos de Sá *et al.* (2008). As pesquisadoras avaliam que nos espaços de formação continuada para professores de Ciências e Biologia, bem como no espaço escolar, é comum o relato de desabafos de professores diante das grandes dificuldades e o insuficiente sucesso no esforço de fazerem os estudantes aprenderem. Pozo e Crespo (2009) levantam a possibilidade de que, aparentemente, os estudantes aprendem menos e também possuem pouco interesse pelo que aprendem. As autoras afirmam que esta descrição de fatos é possível de ser apreciada não só nas salas de aula, mas também nos resultados de pesquisas na área de Ensino de Ciências e Biologia.

Diante desse panorama, o presente trabalho foi realizado na busca pela compreensão de como os estudantes organizam suas ideias para discorrer sobre uma situação-problema utilizando como base os conhecimentos sobre os processos respiratórios.

CONCEITOS EM BIOLOGIA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Observamos, como professores das áreas de Ciências e Biologia, a grande dificuldade que os estudantes apresentam na aprendizagem dos conceitos trabalhados nessas disciplinas. Observamos também que os conteúdos, embora façam parte do cotidiano dos estudantes, não são contextualizados e, por conseguinte poucos têm sido utilizados por eles, tornando-se, na maioria das vezes, um conhecimento restrito ao ambiente escolar.

Em estudos atuais, Carneiro-Leão *et al.* (2010) confirmam estas dificuldades bem como dialogam buscando interagir a natureza dos conceitos com os conteúdos, observando o grau de especificidade bem como os diferentes níveis de detalhamentos. Na análise das pesquisadoras, esta realidade acaba proporcionando um conhecimento enciclopédico.

Avaliam ainda, que a estrutura curricular observada no Ensino de Biologia, tenta suprir este universo de novas informações. No entanto, a fragmentação e o pensamento cartesiano, ainda muito presentes nesta área de ensino, desfavorecem a articulação entre tantas descobertas na Biologia e áreas afins, bem como os processos de sistematização e contextualização dos conceitos estudados.

Na mesma perspectiva de estudo, Sá *et al.* (2008) levantam a possibilidade de que aparentemente os estudantes aprendem menos e também possuem pouco interesse pelo que aprendem. As autoras afirmam que esta descrição de fatos é possível de ser apreciada em vários estudos, não só nas salas de aula, mas também em resultados de pesquisas na área de Ensino de Ciências e Biologia.

Sabemos que essa avaliação sobre o Ensino de Ciências e/ou Biologia não é algo recente. A crise na educação científica sempre foi alvo de vários estudos, enfocando metodologias de ensino, temas conflitantes como vida e evolução das espécies, ensino de conceitos abstratos, desenvolvimento de habilidades e competências, etc. É preciso, portanto, no estudo das teorias, compreendê-las dentro de uma dimensão mais particular como o tema exige.

Na avaliação de El-Hani (2002), o ensino na área de Ciências e Biologia fracassa por estar focado numa educação enciclopédica, que estimula a memorização de fatos em detrimento da formação do pensamento científico do estudante. Devido a sua fragmentação, o ensino não favorece a construção do significado do conhecimento biológico pelo estudante, contribuindo para a pouca compreensão dos conceitos. Sendo assim, a expectativa ao se ensinar Biologia deveria ser a de que os estudantes construíssem um conceito integrado e ordenado dessa Ciência o que, infelizmente, não acontece.

É necessário perceber a prática docente atrelada a uma visão de mundo que a retroalimenta. Observamos que no exercício dessa profissão algumas visões de mundo se tornam transparentes na forma de agir, pensar e planejar sobre os aspectos educacionais. A estrutura educacional e a própria percepção de educação ainda são fortemente marcadas pelo paradigma Cartesiano-newtoniano.

Desta forma, se privilegia a fragmentação do todo, enfatizando o conhecimento verticalizado das partes, a linearidade e a causalidade simples.

A influência positivista, advinda dessa compreensão, nos leva a estabelecer relações em termos duais – certo ou errado, ácido ou básico, vivo ou morto. Os opostos não podem, em hipótese alguma, dialogar. Portanto, o *Paradigma Cartesiano*, enquanto perspectiva de mundo, de conhecimento e de Ciência, representa o amálgama de todos esses aspectos.

De acordo com Behrens (2009), a atividade docente baseada no Paradigma Cartesiano está associada a paradigmas e ações de prática pedagógica como: a tradicional, a escolanovista e a tecnicista.

Entretanto, uma nova percepção paradigmática começa a ser construída e representa uma nova perspectiva de compreensão, que põe em questão a visão de mundo veiculada pelo *Paradigma Cartesiano*. (CAPRA, 1982, 2005, 2006; MARIOTTI, 2000; MORIN, 2003; BEHRENS, 2009).

Essa nova compreensão paradigmática, discutida pelos autores, se refere ao *Paradigma Sistêmico-Complexo*. Essa ótica propõe uma visão de mundo que valoriza a articulação das partes para a compreensão do todo. Assim, o olhar do professor em relação à sua perspectiva de mundo e prática docente em sala de aula, requerendo uma ação diferenciada.

Os trabalhos desenvolvidos por Behrens (2007, 2009) apresentam reflexões envolvendo as relações com o saber em espaços de aprendizagem. Para a autora o paradigma que envolve a complexidade investe na superação da lógica linear e atende a uma nova concepção que traz em seu eixo articulador a totalidade e a interconexão. O paradigma da complexidade, explica a autora, começa a semear uma nova visão de homem, de sociedade e de mundo.

Associando o paradigma Sistêmico-Complexo à formação de conceitos, encontramos nos estudos de Sá (2007) e Carneiro-Leão *et al.* (2009) que no Ensino de Biologia é notória a desarticulação conceitual entre os universos macro e microscópicos que compõem o indivíduo. A tentativa de articular os sistemas biológicos, de forma antropocêntrica e em ordem decrescente de dimensão (sistemas, órgãos, tecidos, células, organelas, macromoléculas, monômeros constituintes e, por fim, os átomos), reforça uma visão de linearidade, além de facilitar ainda mais a fragmentação curricular.

Por outro lado, a desarticulação entre esses níveis hierárquicos estruturais provoca uma alienação na forma de conceber o indivíduo como um todo articulado *per si* e parte integrante das populações, comunidades, ecossistemas e do próprio planeta (biosfera). Parece, então, importante analisar metodologias utilizadas no Ensino da Biologia que permitam articular estrutura e função, identificando os princípios básicos que permeiam os fenômenos. Deste modo, seria possível facilitar a compreensão da existência e da interconexão dos dois universos (micro e macro) em um todo. Isto se reflete, por exemplo, na observação de que os conhecimentos trabalhados na escola não possuem relação com as experiências do cotidiano, como por exemplo, o ato de comer e respirar.

As autoras apresentam - enquanto perspectivas nos seus estudos - a compreensão de que os conceitos em Biologia podem ser compreendidos a partir da construção de representações vinculadas em três níveis de percepção da realidade, formando um “triângulo”: os níveis macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos. Fenômenos como a respiração, permeiam esses diferentes níveis observando-se que os aspectos macroscópicos são mais facilmente compreendidos.

Nos estudos de Bastos (1992) encontramos que foi a partir do século XIX que os naturalistas atentaram para “o fato de que as propriedades macroscópicas dos organismos estavam relacionadas a uma realidade microscópica que necessitava ser estudada” (p.64). Pelo fato da célula não possuir “atributos diretamente perceptíveis” a aprendizagem desse conceito, no meio escolar, apresenta “dificuldades típicas do ensino de conceitos abstratos” (p.65).

Os estudos envolvendo a aprendizagem de conceitos complexos - aqui representados pelos conceitos que se manifestam em níveis de realidades diferentes, mas apresentam articulações entre si, se fazem parte dos conceitos estudados pela Biologia e Ciências, requer uma avaliação não só da prática pedagógica envolvendo o ensino de Ciências e Biologia, mas também dos currículos e do planejamento de intervenções planejadas para o trabalho com tais conceitos, numa visão sistêmica.

Temos, portanto um espaço de estudo que envolve a participação de professores tanto do nível Superior quanto da Educação Básica, pesquisadores e estudantes, na perspectiva de compreender não só o processo de aprendizagem de determinados conceitos, mas também, a aprendizagem desses conceitos numa perspectiva que explore as dimensões onde os mesmos podem ser compreendidos.

PARA COMPREENDERMOS O CONCEITO DE RESPIRAÇÃO PULMONAR.

Para compreendermos como acontece a aprendizagem do conceito de respiração, tomamos como referência as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) para a escolarização básica. Neles, o estudo sobre o fenômeno que envolve a obtenção de energia a partir do metabolismo de nutrientes que costumam ser abordadas nos livros didáticos como “respiração pulmonar” e “respiração celular”, obedecem a níveis de aprofundamento e complexidade de acordo com os níveis de desenvolvimento biológico e social do indivíduo.

Para o Ensino Médio, Os PCN (BRASIL, 1999) defendem uma perspectiva formativa considerando que para isso é preciso trabalhar os conteúdos numa visão sistêmica. Os PCN avaliam ser importante essa perspectiva no ensino de Biologia, por considerarem que há 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.

De acordo com Giordan (1978), o processo respiratório é percebido por alguns estudantes como sendo um processo visível, que acontece nos pulmões, envolvendo o ar atmosférico e algumas vezes chegando a ser confundido com a circulação do sangue.

Os estudos apresentados por Sá *et al.* (2011) apontam para a formação complexa do conceito de respiração, pois implica a análise da sua construção a partir de diferentes referenciais. Faz interface com vários conceitos, objetos de estudo de diferentes áreas como a Física, a Química, a Biologia Molecular, a Biologia Celular, a Fisiologia, a Histologia e a 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.

A pesquisadora Risonilta de Sá, em seu trabalho dissertativo em 2007 traça o perfil evolutivo do conceito de respiração pulmonar humana, entre estudantes de diferentes séries e níveis de organização escolar. Em suas considerações, relata que no traçado do perfil evolutivo do conceito de respiração foi possível observar a convivência das concepções alternativas entre estudantes que vivenciaram um processo de ensino que trabalha essencialmente com concepções tidas como científicas. Mostra também o movimento evolutivo a partir da agregação das concepções trabalhadas na escola com as já existentes no pensamento do indivíduo.

Entre estudantes das séries iniciais do ensino fundamental há uma predominância na compreensão de que a obtenção de energia passa pelos alimentos, porém não se associa a função respiratória a esse processo. A respiração é apontada como sendo um processo importante para manutenção da vida e que é o coração responsável pelo controle da respiração.

Observamos ser muito forte a compreensão entre os alunos desse nível de escolarização 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 (SÁ, 2007; Sá *et al.*, 2005).

Nos estudos de Sá (2007) nota-se que há entre os estudantes do Ensino Fundamental a compreensão de que o ar se desloca para os pulmões, porém não conseguem explicar o que acontece nesse local e aí muitas hipóteses são levantadas. Essas hipóteses tentam explicar tanto as diferentes composições de gases como a ideia de retorno dos gases para fora. Na realidade eles 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 podem dar conta tanto da composição dos gases como da função do Oxigênio no processo respiratório.

Entre esses estudantes foi possível descrever o modelo conceitual de respiração dominante. Este modelo se apoia na fisiologia das trocas gasosas, embora eles não apresentassem explicações plausíveis sobre os movimentos respiratórios. O modelo está caracterizado no processo possível de ser observado, esse processo pode ser descrito como sendo um processo visível, orgânico, ocorrendo através da movimentação do ar dentro das vias respiratórias e pulmões, possuindo uma estreita relação com o sistema circulatório, principalmente com a frequência cardíaca(SÁ, 2007).

METODOLOGIA

Para obtenção do *corpus* de análise para o presente estudo, uma situação-problema envolvendo os processos de respiração foi aplicada a oito estudantes do quinto período do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma Universidade Pública. O questionamento envolvia aspectos do macro e micro universos envolvidos na compreensão do tema.

A resolução da situação-problema proposta requeria, portanto, a construção de uma argumentação que explicitasse os mecanismos vivenciados, biologicamente, pelo mergulhador. As bases propostas no modo argumentativo da Teoria Semiociológica (CHARAUDEAU, 2008) foram utilizadas como aporte metodológico para a compreensão dos discursos produzidos pelos estudantes.

Nessa perspectiva de abordagem, o discurso é concebido na dialogicidade entre o que é **explícito** na sentença de fala ou escrita e o que permanece **implícito** nesse discurso, mas que, normalmente, representa o sentido de dada situação de comunicação (CHARAUDEAU, 2008).

Discutir sobre as respostas dos estudantes nessa ótica, será útil para traçarmos uma correlação entre o que efetivamente escreveram e o que ficou subjacente ao discurso produzido, compondo-o e significando-o. Ao considerarmos o pressuposto¹ e o subentendido por trás de suas construções, poderemos evidenciar alguns pontos importantes, a exemplo das concepções paradigmáticas desses estudantes a respeito do processo respiratório.

O explícito e o implícito que compõem o discurso, não podem ter sua compreensão dissociada de suas condições de produção. A emergência do discurso está atrelada a um **contrato comunicativo** que se estabelece implicitamente entre os parceiros da troca linguageira.

O contrato comunicativo é que, em última análise, determina como se dará os processos discursivos. Ele direciona **o que se fala, como se fala**, além de estabelecer qual será a **legitimidade**² dos parceiros em relação ao discurso que será produzido.

É, portanto, ponto central na semiociologia, uma vez que permite que o ato de linguagem seja válido e possua sentido. Possibilita que os sujeitos se reconheçam em relação aos papéis identitários assumidos durante a troca linguageira (CHARAUDEAU e MAINGUENEAU, 2012).

As análises do presente trabalho serão traçadas na perspectiva de como os estudantes mobilizam seus conhecimentos científicos para argumentar e quais elementos utilizam nesse momento. Consideramos, portanto que a relação professor-aluno, expressa nessas construções (onde o aluno responde a uma provocação do docente/pesquisador), apresenta como

¹ Pressupostos correspondem a realidades (evidências, fatos) supostamente conhecidas pelo destinatário que não são passíveis de interrogação ou dúvida e não podem, em princípio, sofrer anulação (CHARAUDEAU e MAINGUENEAU, 2012).

² A legitimação pode significar que o sujeito que fala reconheça que tenha direito de fala e legitimidade para dizer o que diz (CHARAUDEAU e MAINGUENEAU, 2012).

característica central a necessidade de utilizar o conhecimento científico como linguagem que explique o mundo. Assim, as explicações dos alunos ao desequilíbrio proposto, pressupõe a utilização de elementos de caráter científico. Esse será nosso objeto de estudo.

Charaudeau (2008) descreve o ato de linguagem circunscrito na relação representada na **Figura 1**:

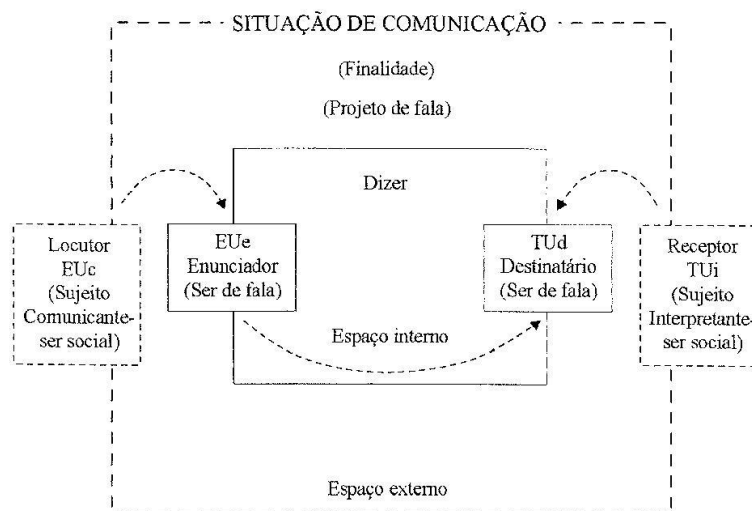


Figura 1 – Os quatro sujeitos do ato de linguagem

Fonte: Charaudeau (2008)

O autor afirma que o ato de linguagem se realiza dentro de uma *mise en scène*³. Quatro sujeitos participam dessa encenação em duas esferas distintas: uma externa e outra interna ao próprio ato de linguagem.

Na esfera externa, estão os seres sociais, responsáveis pela produção do ato de fala e por sua interpretação. São denominados de EU comunicante (EUc) e TU interpretante (TUi). Na esfera interna, se encontram os seres de fala, o EU enunciador (EUe) e o TU destinatário (TUD).

A Teoria Semiolinguística busca perceber o discurso quanto ao entendimento da relação de comunicação, onde o sentido implícito controla o sentido explícito, para que se construa uma significação discursiva que torne compreensíveis as razões, argumentos e articulações realizadas pelo locutor no momento que ele se expressa.

³ Encenação

Nesse intuito, Charaudeau (2008) determina o agrupamento dos discursos em modos de organização distintos, pautados na disposição do “mundo referencial” e na sua encenação. São eles: Enunciativo, Descritivo, Narrativo e Argumentativo.

No presente estudo, foi selecionado para nortear o processo de análise o modo de organização argumentativo. Portanto, se faz necessária uma breve compreensão acerca desse tipo de organização de mundo referencial.

Argumentar significa estabelecer um posicionamento contrário ou favorável a cerca de um dado do mundo, desenvolver uma explicação, uma contestação ou uma contraposição, sempre construindo a defesa de um ponto de vista (CHARAUDEAU, 2008).

Ao aplicar uma questão de natureza argumentativa, se espera que os estudantes utilizem seus conhecimentos disciplinares e sua visão de mundo para discutirem sobre o tema. Assim, a compreensão das relações que eles estabelecem ao construir suas respostas (suas argumentações) permitirá investigar quais elementos da biologia eles trazem para essas construções e como articulam os conceitos na tentativa de explicar o processo respiratório.

Para que uma relação seja considerada argumentativa, é necessário:

1 – Uma proposta sobre o mundo que provoque dúvida ou questionamento na outra pessoa;

No contexto de estudo do presente trabalho é representada por: um recorte de uma situação da realidade que envolve conhecimentos sobre o processo respiratório, apresentada em forma de situação-problema: o caso do mergulhador.

“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 tiraram da água. O que poderia ter causado o desmaio? Explique o que aconteceu com o nadador.”

2 – Um sujeito que se envolva com este raciocínio e tente estabelecer uma verdade, de caráter próprio ou universal, em relação à proposta;

Consideramos como sujeitos envolvidos nas construções argumentativas os estudantes, que precisaram discorrer sobre aspectos do processo respiratório, argumentando sobre possíveis causas para o problema ocorrido com o mergulhador.

3 – Um outro que se relacione com a proposta e que deverá ser alvo da construção da argumentação, a fim de ser persuadido a partilhar da mesma verdade.

O outro, nesse caso, é o professor/pesquisador a quem os estudantes implicitamente se dirigem. As argumentações foram construídas em um contexto onde o contrato de comunicação, relação de sala de aula e processos de conhecimento formal, requer que sejam mobilizados argumentos com legitimidade científica para “persuadir” o professor/pesquisador a comungar das ideias expostas.

A construção argumentativa apresenta, ainda, três elementos básicos, cuja compreensão é importante para o entendimento dos processos de análise realizados nas respostas dos licenciandos em Ciências Biológicas, sujeitos dessa pesquisa. A saber:

*a – Asserção de partida (A1): Configura-se em um enunciado ou dado de partida para argumentação. É uma **premissa** que indica uma fala sobre o mundo. Dela deve decorrer uma consequência.*

*b– Asserção de chegada (A2): É o que deve ser expresso em decorrência de A1. Indica uma **conclusão** e representa a legitimidade da proposta.*

*c – Asserção de passagem: Como o próprio nome diz, estabelece uma passagem de A1 para A2. Representa um universo de crenças de modo a justificar a causalidade que une A1 a A2. São as inferências ou **argumentos** utilizados na defesa da legitimidade da proposta.*

As asserções de passagem frequentemente ficam implícitas na argumentação. Elucidá-las auxilia na percepção de quais elementos foram articulados no estabelecimento de uma defesa de ponto de vista, objetivo do sujeito argumentante.

Como processo norteador na construção das categorias de análise, selecionamos três principais *asserções de chegada (A2)* utilizadas pelos estudantes ao desenvolverem suas considerações sobre a situação-problema. A partir dessas conclusões, buscamos compreender a linha de raciocínio seguida por eles para a elaboração das respostas.

As categorias de análise construídas a partir dessas conclusões foram: *a) o desmaio ocorreu por falta de oxigênio suficiente e b) o desmaio ocorreu em razão de o mergulhador estar submetido à alta pressão*

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O **Quadro 1** apresenta as construções elaboradas pelos estudantes para elucidar os fenômenos biológicos envolvidos no problema.

Quadro 1 – Argumentações desenvolvidas pelos estudantes em relação à situação-problema proposta

EST	ARGUMENTAÇÃO DESENVOLVIDA	CATEGORIAS
E1	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 desmaiou algumas funções do corpo se debilitaram.	Conclusão a: Falta de oxigênio
E2	Essa hiperventilação provocou a diminuição da quantidade de oxigênio no cérebro, levando o nadador a desmaio.	
E3	Aconteceu uma falta de oxigênio nas vias respiratórias, faltando oxigênio para o tempo estimado de mergulho. Após passar alguns segundos que o mergulhador se encontrava, a pressão sanguínea não recebeu oxigênio suficiente e o mergulhador não conseguiu produzir O_2 para os demais órgãos.	
E4	Faltou O_2 em seu organismo, provavelmente pode ter sido por ter realizado um mergulho muito rápido e uma subida, na tentativa de chegar à lâmina d'água também muito rápido, não tendo dado tempo para seu organismo repor a quantidade de O_2 necessária, havendo uma diminuição em seu metabolismo energético celular.	
E5	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.	
E6	<p>Mergulho profundo ↓ Diferença de pressão ↓ Formação de bolhas no pulmão ↓ Mergulhador perde a consciência</p> <p>OBS: não recordei no momento (embora necessário) o valor da profundidade que um ser humano pode suportar, nem o processo em profundos detalhes.</p>	Conclusão b: Alta pressão
E7	Quando ocorre um mergulho mais prolongado, o nitrogênio do organismo faz ligação com as hemácias. Esta situação é perigosa para o mergulhador, ele corre o risco de ficar com sequelas como paraplegia, por exemplo. Deve ficar na câmara hiperbárica para se recuperar por um tempo.	
E8	A grande quantidade de O_2 , além do normal.	Sem elementos para categorização

Embora os licenciandos tenham partido de uma mesma proposta de mundo, representada pelo desmaio do mergulhador, no contexto indicado na situação-problema, as construções argumentativas seguiram, em alguns casos, caminhos muito distintos. Ao compreender a linha de raciocínio que estabeleceram em suas construções, pudemos perceber como eles compreendem a situação e, principalmente, se conseguem estabelecer relações entre os conhecimentos científicos em situações cotidianas sistêmicas-complexas, dialogando entre o macro e microuniverso envolvidos.

Conclusão a: O desmaio ocorreu por falta de oxigênio suficiente

A maioria dos licenciandos teve suas respostas enquadradas dentro desta categoria. E1, E2, E3, E4 e E5 concluíram de que o mergulhador ficou sem a devida oxigenação. É pressuposto entre eles que o mergulho ocorreu em condições de apneia, pois, todas as respostas fazem menção à ausência de trocas gasosas com o ambiente, como observado explicitamente no discurso de E3 quando ele fala em “*falta de oxigênio nas vias respiratórias*”.

Entretanto, ao discutirem essa “falta de oxigênio”, ou “diminuição da quantidade de oxigênio necessária” a maioria constrói sua resposta considerando apenas os aspectos macroscópicos diretamente observáveis. Optam por termos genéricos, como E1, que apresenta duas argumentações nesse sentido:

- a) O organismo precisa de oxigênio para funcionar;
- b) Algumas funções do corpo se debilitaram quando se fica sem respirar

Essa observação indica uma compreensão fragmentada do processo respiratório. Há uma desarticulação entre os fenômenos diretamente observáveis da chamada “respiração pulmonar” e os processos ocorridos nas células, que denominamos isoladamente como “respiração celular”, nas aulas de bioquímica.

Essa fragmentação coaduna com as observações feitas por Carneiro-Leão *et al.* (2010), principalmente quando consideram a influência da fragmentação excessiva e do conhecimento enciclopédico na estrutura curricular do ensino de Biologia. Assim, a disposição não dialógica das áreas e o tratamento isolado dos conceitos favorece que construções dessa natureza, que requeiram uma permear entre o macro e o microuniverso, se tornem difíceis.

Como a compreensão processual não é estimulada, os licenciandos tendem a construir articulações superficiais e compreender os conteúdos científicos em áreas incomunicáveis. Isso, provavelmente, irá se refletir em sua prática docente e na sua forma de trabalhar com o conhecimento científico na sala de aula.

Os licenciandos E4 e E5, entretanto, traçam relação com o metabolismo celular. Reconhecem que a falta/deficiência de oxigênio tem influência específica no *metabolismo* do organismo. Isso representa que ambos compreendem que o oxigênio obtido a partir da ventilação pulmonar é o *mesmo que participa dos processos metabólicos*. Ou seja, percebem uma integração entre o processo macroscópico de ventilação pulmonar e a utilização de oxigênio a nível microscópico.

Nesse sentido, E4 complementa sua colocação indicando que esse metabolismo específico a que ele se refere é o “*metabolismo energético celular*”, reconhecendo, portanto, a necessidade de oxigênio para, em última análise, manutenção das atividades vitais nas *células*.

Embora E4 não demonstre perceber a ligação entre a hiperventilação, o mergulho em apneia, a regulação dos processos respiratórios e o desmaio do mergulhador, suas argumentações indicam que ele conseguiu perceber o processo respiratório permeando os níveis macroscópico e microscópico subjacentes.

Como os licenciandos estavam cursando a disciplina de bioquímica durante a intervenção de pesquisa, é compreensível que E4, mesmo compreendendo processualmente a respiração, ainda não traga, em sua argumentação, elementos do processo submicroscópico da participação do oxigênio na cadeia transportadora de elétrons.

Entretanto, eles deveriam apresentar um repertório mais amplo de articulações, considerando que, nesse momento do curso, já deveriam ter vivenciado disciplinas como fisiologia, histologia, biologia celular e anatomia.

Apenas uma das respostas indica que o estudante compreende que há relação entre a hiperventilação provocada antes do mergulho em apneia e o desmaio. Entretanto, o processo envolvido não é bem compreendido pelo estudante que afirma:

[E2] Essa hiperventilação provocou a diminuição da quantidade de oxigênio no cérebro, levando ao desmaio.

Para E2, ao hiperventilar, o mergulhador fez com que diminuísse a concentração de oxigênio disponível. Compreende, portanto, o processo de hiperventilação relacionado diretamente com o oxigênio, sem relacioná-lo com a depleção de CO₂.

A relação sistêmica envolvida no mecanismo de provocar uma hiperventilação para um mergulho em apneia parece não ser compreendida por E2. Nesse processo, o mergulhador diminui a concentração de CO₂ presente na circulação sanguínea e, à medida que hiperventila, aumenta a captação de oxigênio pelas células. Essa diminuição faz com que o centro de reflexo respiratório, presente no bulbo, não seja estimulado, tendo em vista que é a concentração de CO₂ que regula esse processo. Como não há acúmulo suficiente de CO₂ na corrente sanguínea, a percepção de necessidade respiratória diminui e a submersão poderá demorar mais⁴.

Conclusão b: o desmaio ocorreu em razão de o mergulhador estar submetido à alta pressão

Dois dos licenciandos que responderam à questão, E6 e E7, constroem suas argumentações pautados na conclusão de que foi devido à pressão elevada, decorrente da profundidade atingida, que o mergulhador desmaiou.

Discorrem sobre o que pode ter acontecido com o mergulhador submetido a altas pressões. Na construção de E6, ele utiliza o termo “diferença de pressão”, enquanto E7 afirma que o mergulhador deverá ser submetido a uma “câmara hiperbárica” por um tempo.

Eles não associam a hiperventilação realizada antes do mergulho com a apneia. Ao contrário, partem do pressuposto de que se está a falar sobre os problemas decorrentes da descompressão, muito comuns em mergulhos com cilindro e associados à subida brusca do mergulhador. Entretanto, não propõe um argumento que una a formação de bolhas (decorrentes da diminuição brusca da solubilidade dos gases dissolvidos no sangue, sobretudo o nitrogênio) e o ato de emergir rapidamente.

E6 indicou, equivocadamente, a “formação de bolhas no pulmão” e E7, embora tenha citado o “nitrogênio”, apresenta como argumento uma ligação entre esse gás e as hemácias. Portanto, nenhum dos dois desenvolveu uma argumentação que seja compatível com a explicação cientificamente aceita para o processo.

⁴ http://www.oceanicanet.com.br/principal/ShowSecao.asp?var_chavereg=107

E6 apresentou esquematicamente o processo, denotando uma relação de causa/efeito em sua explicação. Indica, em seu esquema, uma hierarquia de eventos que podem ser subentendidos como o segundo sendo decorrente do primeiro (causa/efeito). Como observação, no próprio esquema E6 discorre que não se recorda do processo em profundos detalhes.

Essa construção de E6 indica eventos associados, mas não um processo. É interessante notar que, embora ele traga elementos palpáveis, não constrói uma explicação que interligue os eventos. Isso requereria uma compreensão mais aprofundada de como cada evento se desdobra em consequência do outro, uma visão sistêmica.

No ensino de Biologia, numa perspectiva tradicional, se preza mais pela memorização de pontos centrais e termos da área. Mas, isso não é o bastante para proporcionar uma compreensão compatível com a dinâmica própria da vida. E, quando é preciso examinar uma situação real, esses estudantes acabam por não conseguirem transpor satisfatoriamente seus conhecimentos e explicar como os fenômenos ocorrem.

Traçam uma compreensão compatível com o aprendizado que tiveram na área de formação. Reconhecem que há relação entre as partes, mas não sabem fazê-la. Quando estamos a falar da formação de professores para o ensino de Ciências e Biologia, esse contexto se apresenta com sérias repercussões para a prática docente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Discutindo sobre algumas relações estabelecidas na aprendizagem de conceitos abstratos em ensino de Biologia, aqui representado pelo conceito de respiração humana, observamos em nosso estudo algumas situações importantes e que apresentamos a seguir.

Compreendendo a respiração humana como conceito com características e natureza próprias de conceitos formulados num nível abstrato e de difícil compreensão, percebemos que quando não há articulação com fenômenos de nível microscópico e macroscópico, o entendimento processual desse todo fica fragmentado. Esse diálogo entre os níveis de organização dos seres vivos é importante na compreensão adequada conceito propriamente dito.

Embora o ponto de partida fosse uma situação problematizada, objetivando ao estudante de Licenciatura em Biologia evocar seu conhecimento sobre o conceito explorado, com intuito elucidar a situação proposta, a grande maioria manteve sua avaliação balizada nas situações

de aprendizagem relacionadas no nível concreto e perceptível, a exemplo de associação de respiração aos movimentos respiratórios.

Pode-se observar, também, que o papel do gás oxigênio, não parece ser bem compreendido pelos estudantes. Percebemos, neste caso, a relação estabelecida entre o gás citado e ideias situadas no senso comum, onde o elemento é visto como necessário à vida, se aproximando muitas vezes da ideia de *combustível* necessário para o “organismo funcionar”.

Essa ideia de funcionamento orgânico a partir de um elemento não observável, mas fácil de compreendê-lo, nos remete ao pensamento de “elemento vital” como algo inerente à vida. Assim, podemos ponderar sobre a ideia de que o abstrato acontecendo no nível concreto de realidade exige estabelecer relações com outras funções.

Observamos que os estudantes, participante deste estudo, tentam a todo momento, através de hipóteses *ah doc*, justificar e argumentar sua resposta, porém a experiência do estudo fragmentado e descontextualizado não permite ao estudante refazer suas ideias baseadas em situações envolvendo a organicidade do processo. Desta forma, mantém a argumentação tendendo a construção de articulações superficiais envolvendo situações concretas.

O estudantes investigados, tenderam a apresentarem hipóteses *ah doc* e não conseguiram articular seus conhecimentos para explicar os fenômenos observáveis, principalmente quando as explicações requeria uma compreensão do processo microscópico. É compreensível, portanto, avançarmos na prática pedagógica, no ensino de Biologia, para um paradigma que propicie a articulação dos conceitos tidos como abstratos em seus vários níveis de realidade, percebendo assim que o conhecimento não se constrói de forma linear, ele reflete uma complexidade própria do conhecimento e da compreensão do mundo como sendo sempre um todo articulado.

Aprofundar esta questão nos cursos de formação inicial implica estabelecer uma relação comprometida com uma prática pedagógica inovadora refletindo uma visão de mundo dentro de um paradigma que reivindica a complexidade na interpretação dos fenômenos relacionados com o mundo, com a vida.

REFERÊNCIAS

BASTOS, FERNANDO. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. Em Aberto, Brasília, 1992. 55: 63-67 jul./set.

BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. 3. ed. Petrópolis/RJ: Vozes, 2009, 117 p.

BIZZO, N. Mais Ciências no Ensino Fundamental: Metodologia de Ensino em Foco. São Paulo: Editora Brasil. 2009.

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 Média e Tecnológica**. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC, 1999.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; MAYER, M. & NOGUEIRA, R. A. Ensinando biologia numa perspectiva de complexidade. In: Encontro Regional de Ensino de Biologia da Região Nordeste, 03, 2009, Recife. **Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam. Anais...** Recife: UFRPE/SEnBio/Regional 5, 2009, p. 197-206.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. DOS A., SÁ, R. G. B. DE, E JÓFILI, Z. M. S. Formação do Pensamento Científico no Ensino de Ciências: a Biologia e suas Interfaces como Ponto de Reflexão. IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade. 2010. ISSN 1982-3657.

CAPRA, F. **As conexões ocultas**: ciência para uma vida sustentável. São Paulo: Cultrix, 2005, 296 p.

CAPRA, F. **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. 10. reimpr. da 1. ed. 1997. São Paulo: Cultrix, 2006, 249 p.

CAPRA, F. **O ponto de mutação**. São Paulo, Cultrix, 1982, 445 p.

CHARAUDEAU, P. **Linguagem e discurso**: modos de organização. São Paulo: Contexto, 2008. 249 p.

CHARAUDEAU, P. & MAINGUENEAU, D. **Dicionário de Análise do Discurso**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2012, 555 p.

EL – HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 4, n. 1. 2002.

JOFILI, Z., SÁ, R. G. B. DE CARNEIRO-LEÃO, A. M. DOS A. A via glicolítica: Investigando a formação de conceitos abstratos no ensino da Biologia. (2010). https://www.academia.edu/2434978/A_via_glicolitica_investigando_a_formacao_de_conceitos_abstratos_no_ensino_de_biologia. Acessado em 02/10/2014.

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.

SÁ, R. G. B. de. Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Educação das Ciências – Mestrado em Ensino das Ciências. (2007).

SÁ, R. G. B.. A Educação Científica e seus Desafios na Contemporaneidade. (2008).
http://www.pe.senac.br/ascom/congresso/anais/2008/ap_19_09_T/03_conceitos-abstratos.pdf
_Acessado em 02/10/2014.

SÁ, R. G. B. DE, JÓFILI, Z. M. S. E CARNEIRO-LEÃO, A.M. DOS A. Um estudo sobre a evolução do conceito de respiração. (2011).
<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1390-1.pdf> acesso em 02/10/2014.

GIORDAN, A.. **La enseñanza de la Ciencia**. Madrid, 1978. p. 149-181.

MARIOTTI, H. **As paixões do ego**: Complexidade, política e solidariedade. 3. ed. São Paulo: Palas Athena, 2000, 350 p.

MORIN, E. Da necessidade de um pensamento complexo. In: MARTINS, F. M. e SILVA, J. M (org). **Para navegar no século XXI** – Tecnologias do Imaginário e Cibercultura. Porto Alegre: Sulina/Edipucrs, p. 13-36, 2003.