

USANDO MAPAS CONCEITUAIS COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA A APROPRIAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

ABSTRATOS

Elizabeth P. Medeiros¹
PPGEC/UFRPE; SEDUC/PE (elizabethmedeiros05@yahoo.com.br)

Fernanda Muniz Brayner Lopes²
SEDUC/PE (braynerlopes@gmail.com)

Zélia Maria Soares Jófili³
PPGEC/UFRPE (jofili@gmail.com)

Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão⁴
DMFA e PPGEC/UFRPE (amanjos2001@gmail.com)

Resumo

Este estudo investiga o uso dos mapas conceituais espontâneos como estratégia para identificar as lacunas na compreensão de conceitos científicos abstratos, registrar a evolução conceitual e apoiar a compreensão sistêmica dos fenômenos sob estudo (respiração). Três mapas foram construídos, buscando articular a respiração pulmonar e a celular, nos aspectos morfológicos, metabólicos e moleculares. Cada mapa foi analisado na perspectiva da sistematicidade. Constatadas as desarticulações, inconsistências e lacunas, para leituras e reflexões mais aprofundadas do conteúdo eram realizadas. Um novo mapa era construído. A análise do mapa final aponta para uma evolução na compreensão sistêmica da respiração. Assim, os mapas conceituais são um instrumento efetivo no processo ensino-aprendizagem do conteúdo científico per si e para reflexão sobre o progresso individual do sujeito.

Palavras-chave: visão sistêmica, respiração, mapas conceituais.

Abstract

The aim of this study was to investigate the use of spontaneous concept maps as a strategy: to identify gaps in understanding abstract scientific concepts, to register the conceptual evolution of the subject and to support a systemic comprehension of the phenomena under study (breath). Three maps were constructed, looking for articulation among pulmonary and cell breath (morphological, metabolic and molecular events). Each construction was studied according sistematicity. Since that disarticulation, inconsistencies and gaps were observed, deeper readings and reflexions about the scientific content were performed. Another map was constructed. The analysis of the last map shows an evolution in the systemic understanding of breath. So, concept maps are an effective tool to improvement of teaching-learning processes of a scientific content itself and to reflexion about the individual progress of the subject.

Key Words: systemic view, breath, concept maps

Introdução

A metodologia tradicional de ensino, convencionalmente embasada em um paradigma cartesiano, trabalha os conhecimentos complexos de forma fragmentada, descontextualizada e simplificadora. Presente nos vários níveis de escolaridade, esta forma de ensino conduz a uma compreensão reducionista dos fenômenos complexos da natureza, desconsiderando a teia de relações existente entre as diversas situações que caracterizam os fenômenos em sua totalidade (CARNEIRO-LEÃO *et al.*, 2009). O acentuado grau de dificuldade encontrado em alguns conteúdos da Biologia é agravado pela descontextualização do ensino. Vários trabalhos têm constatado essa realidade ao longo das atividades desenvolvidas nos cursos de licenciatura (MAYER *et al.*, 2001; SÁ, 2007; PEREIRA, 2008), ou seja, nos cursos de formação de professores, futuros multiplicadores desses conhecimentos, tornando este problema ainda mais assustador. Essa conjunção de fatores vem se constituindo num forte obstáculo para a construção desses saberes, uma vez que estes licenciandos tenderão a reproduzir os modelos tradicionais através de um ensino que dificilmente propiciará uma aprendizagem significativa.

Dentre os conteúdos com maior teor de dificuldade no currículo da Licenciatura em Ciências Biológicas estão os relativos à área da Bioquímica, referentes ao metabolismo energético da célula. O lapso na contextualização e na articulação com outros fenômenos biológicos (do macro e do micro universo) é fruto de uma prática docente simplificadora e fragmentada, que favorece uma perspectiva desarticulada dos eventos moleculares, tissulares, sistêmicos, individuais e ambientais da respiração. Assim, tem-se praticado uma “deformação” inicial, pois segundo Feltoovich *et al.* (1989, *apud* CARVALHO, 1998), um tratamento simplificado dado a um conteúdo complexo, a partir do uso excessivo de analogias simplificadoras poderá, supostamente, torná-lo mais acessível, no entanto dificultará, posteriormente, uma compreensão mais aprofundada..

Acreditando na ineficácia de um ensino fragmentado e descontextualizado e na crescente necessidade que o professor possui de traçar relações entre os conhecimentos para que estes se tornem significativos na sua prática docente é que se propõe, nesta pesquisa, um trabalho de auto-análise a fim de verificar até que ponto as concepções a respeito dos fenômenos da respiração se constituem em perspectivas fragmentadas ou sistêmicas. A partir desta reflexão é possível identificar e trabalhar as possíveis lacunas conceituais relativas às relações dos sistemas trabalhados entre si e destes com a respiração celular. Assim, refletir e reestruturar o

conhecimento visando uma mudança de paradigma rumo a uma visão de complexidade é um objetivo importante para o desenvolvimento deste trabalho.

Para trabalhar os conteúdos da respiração dentro de uma visão sistêmica, foi necessário referenciar eventos articulados no macro e micro universos (inclusive moleculares) relativos a alguns sistemas do organismo que interagem para a manutenção da homeostase, via respiração: sistema nervoso, digestório, cardiovascular, respiratório e excretor. Deste modo, pode-se observar que a teia de relações existente entre esses sistemas e a respiração confere a este tema um alto grau de complexidade por tratar de diversos conceitos biológicos extremamente abstratos e pouco estruturados (SPIRO e DESCHRYVER, s.d)

Essa organização foi feita através da construção de mapas conceituais que foram introduzidos como poderoso instrumento de representação do conhecimento, uma vez que tornam possível fazer um esboço paisagístico que ilustra como determinado conhecimento está organizado nas concepções do indivíduo, expressando o nível de aprofundamento relativo a este conhecimento e o grau de compreensão do mesmo. Novak (1984, p.35) trata muito bem disso quando diz que “os mapas conceituais constituem uma representação explícita e manifesta dos conceitos e das proposições que uma pessoa possui”.

Sentindo a necessidade de uma mudança do paradigma cartesiano, onde se embasou todo seu processo de formação acadêmica e sua prática docente, para um paradigma de sistemicidade, onde os fenômenos são vistos e entendidos a níveis de relações sistêmicas, a pesquisadora optou por um trabalho de reorganização dos próprios conhecimentos embasada em uma metodologia que proporcionasse um entendimento de complexidade e sistemicidade não apenas do conteúdo trabalhado, mas que pudesse se estender a todos os outros vivenciados em sua prática.

Para Moreira (1999), a construção de mapas conceituais é uma estratégia facilitadora ao enfatizar conceitos e relações entre os conceitos com base nos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (AUSUBEL *et al.*, 1980). Enfatiza também, que os mapas conceituais podem ser utilizados como recursos em todas as etapas da aprendizagem significativa, isto é, no ensino, na aprendizagem e na obtenção de evidências dessa aprendizagem (MOREIRA, 1997).

O uso de mapas conceituais como estratégia facilitadora da organização do conhecimento possibilita tanto a explicitação de seus conhecimentos revelando a maneira como estes se

encontram ancorados em suas estruturas cognitivas como a reestruturação deste através da rede de relações que se formam durante a construção.

Diante disso nascem as questões centrais da pesquisa: Como o estudante percebe a respiração? Sua formação inicial e sua prática docente favoreceram uma perspectiva articulada e sistêmica deste fenômeno?

Metodologia

Para compreender como o egresso das licenciaturas em Biologia percebe o processo de respiração e se a formação recebida lhe possibilitou uma visão sistêmica da vida, a autora empreendeu esta pesquisa fazendo uma auto-análise de sua formação e de como ela própria organizou, em sua estrutura cognitiva, os conhecimentos sobre respiração pulmonar/celular. O estudo foi dividido em três etapas, cada uma delas iniciando com a elaboração de um mapa conceitual espontâneo sobre o conceito de respiração e suas articulações, seguida da análise, por árbitros, e discussão do grupo sobre a produção, que remetia a uma revisão mais aprofundada da literatura, culminando com a construção de novo mapa conceitual.

A revisão da literatura, relativa aos conteúdos específicos da Biologia - que tratam da anatomia e fisiologia dos sistemas - e da Bioquímica - que tratam do metabolismo energético, se deu juntamente com esclarecimentos vindos dos professores orientadores da pesquisadora e também pesquisadores, nas áreas específicas da Bioquímica e da Formação de Professores, que trabalham em uma linha de complexidade.

A construção dos mapas se deu de modo espontâneo, sem limitação de palavras ou conectores, ilustrando livremente o estágio de compreensão, aprofundamento e interrelação dos conhecimentos relativos à anatomia e fisiologia dos sistemas que contribuem para o fenômeno da respiração (elementos do macro universo), bem como de todo o metabolismo que ocorre nesse processo (micro universo, celular e molecular), caracterizando uma visão sistêmica da respiração.

Ao final de cada etapa, a partir das considerações feitas, seguia-se uma nova e mais aprofundada revisão da literatura, na busca de esclarecer os pontos obscuros que se revelavam como obstáculos a compreensão sistêmica desse fenômeno. Com base nesse aprofundamento, partia-se para uma nova construção onde seriam contemplados os aspectos não visualizados na produção anterior.

Através das sucessivas construções desses mapas conceituais tornou-se possível, ao final de cada construção, avaliar a produção realizada tendo em vista verificar como o conhecimento

estava organizado. Essas avaliações pontuavam os seguintes aspectos: (a) presença ou ausência de elementos-chave importantes; (b) relações que se formam entre os elementos constituintes; (c) possível hierarquia; (d) como ocorrem as ligações entre esses elementos; (e) e ao uso incorreto dos conectores, ou sua ausência.

Resultados e discussão

Os resultados referentes às construções dos mapas conceituais pela pesquisadora foram obtidos através da análise da importância dos conceitos envolvidos, das ligações entre os conceitos, além da inserção de novos conceitos e conectores.

Na análise buscou-se verificar se os conceitos relativos ao macro e ao micro universos bem como os relativos às trocas que se seguem entre o indivíduo e o meio ambiente e as relações da energia com o organismo, se organizavam numa perspectiva sistêmica do conceito de respiração.

Portanto, se fez necessário para esta análise, a eleição de nove categorias que abordassem o aspecto macroscópico, oito que abordassem o aspecto microscópico, uma para a transição entre os dois universos, uma para as relações de troca do indivíduo com o meio ambiente e, por fim, uma que tratava das relações da energia com o organismo. Estes grupos de categorias se repetiram nas análises de todos os mapas criados durante a pesquisa.

Análise do primeiro mapa

No primeiro momento, foi construído um mapa que contemplou possíveis relações existentes entre alguns sistemas do organismo e a respiração, focando os aspectos macroscópicos (anatomia e fisiologia). Esta representação se deu de forma muito simplificada e incompleta, deixando de identificar aspectos importantes no que se refere à abordagem macroscópica. A abordagem microscópica foi realizada, de forma incipiente, demonstrando haver um espaço para a construção e desenvolvimento desses conteúdos. O mapa, como um todo, apresentou distorções conceituais que podem ser caracterizadas como erros de compreensão e fragmentação entre os fenômenos. Esses aspectos passam a ser mais bem compreendidos a partir da leitura dos Quadros 1 e 2.

Este resultado demonstra a dificuldade que a pesquisadora apresentou em traçar as relações que se dão entre os aspectos referentes ao macro e micro universos que permeiam a respiração. A ausência de relações entre os sistemas vitais do organismo com os fenômenos da respiração aponta para uma visão fragmentada, que constitui um entrave para a compreensão holística dos fenômenos que ocorrem em um organismo vivo. Para Capra

(1996), os sistemas vivos são reconhecidos como totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas a unidades menores.

Estas observações confirmam um entendimento falho e fragmentado de conteúdos complexos e pouco estruturados, como os relativos à Bioquímica. Isto aponta para lacunas conceituais, decorrentes da simplificação e superficialidade com que estes conteúdos foram tratados durante a formação inicial da pesquisadora.

Quadro 1 Aspectos Macroscópicos das relações sistêmicas da respiração.

Categorias		Resultados observados
1-	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	A parte macroscópica que trata dos sistemas se encontra separada dos eventos microscópicos da respiração.
2-	Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Os aspectos macro e microscópicos são percebidos de modo fragmentado (respiração pulmonar e respiração celular).
3	Relação respiração- meio ambiente.	Processo que envolve o indivíduo e uma troca de gases com o meio.
4	Sistemas relacionados à respiração.	Sistema respiratório, digestório e cardiovascular.
5	Articulação entre os vários sistemas e o processo respiratório.	Não articula os sistemas entre si, ligando-os diretamente à respiração.
6	Indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistema respiratório completo em elementos, sistemas digestório e cardiovascular ausência significativa de elementos.
7	Aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Quebra do alimento e absorção dos nutrientes no sistema digestório.
8	Elementos usados na construção do mapa.	Construção simplificada com poucos elementos.
9	Presença de conectores (palavras ou expressões de ligação).	Ausência significativa de conectores (palavras de conexão para explicar os fenômenos).

Quadro 2 Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração.

Categorias		Resultados observados
1	Articulação a estrutura celular com os processos da respiração.	A célula é representada como uma estrutura genérica, isolada onde ocorrem etapas do metabolismo energético.
2	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Identifica todas as etapas (Glicólise, Ciclo de Krebs e Cadeia transportadora de elétrons).
3	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	Citosol encontra-se articulado à glicólise; a mitocôndria ao Ciclo de Krebs e a Cadeia transportadora de elétrons.
4	Representação das reações características da glicólise.	Não representa as reações características desta fase. Cita apenas a quebra da molécula de glicose em piruvato.
5	Interpretação do Ciclo de Krebs.	Reação de oxirredução de coenzimas NAD, FAD à NADH e FADH ₂ com produção de CO ₂ a partir da inclusão direta do piruvato neste conjunto de reações.
6	Interpretação da cadeia transportadora de elétrons (CTE).	Não representa as reações desta fase. Apenas cita como um complexo de proteínas ligado à síntese de ATP e água.
7	Explicação da síntese de Adenosina Trifosfato (ATP).	Cita como evento que ocorre na glicólise e na CTE. Não explica as reações.
8	Relaciona a molécula de ATP com os processos metabólicos da respiração celular.	Relação de síntese e consumo. Não representa as reações que caracterizam esses eventos.

É interessante, segundo Carvalho (1998), que o estudante seja exposto à complexidade desde o início, pois a simplificação do assunto, tanto quanto uma metodologia tradicional de ensino, conduzem a abordagens monolíticas. Estas abordagens monolíticas (Spiro *et al.*, 1987, apud Carvalho, 1998) não permitem relacionar diferentes situações, deixando o indivíduo em dificuldade quando necessita transferir o conhecimento para uma nova situação.

Análise do segundo mapa

Durante a construção do segundo mapa, pode ser observado um avanço em vários aspectos, podendo ser compreendido como superação de algumas lacunas presentes na primeira construção. Esse avanço começou a ser percebido através da ampliação de todo o esboço, que tornou possível a inclusão de um maior número de elementos, de ligações e relações entre os eventos, além de conectores que permitiram compreender melhor o processo como um todo. Porém, vale salientar que essas considerações permearam as abordagens macro e microscópicas, não implicando em uma total superação dos obstáculos, mas em um avanço nos aspectos conceituais e de relações sistêmicas entre as estruturas e processos orgânicos que participam da respiração, como indicado nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 Aspectos macroscópicos das relações sistêmicas da respiração.

Categorias		Resultados observados
1	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	Articulação entre os sistemas trabalhados, a célula e o meio ambiente.
2	Articulação dos os aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Fenômeno único, não havendo divisão entre respiração pulmonar e celular.
3	Relação respiração- meio ambiente.	Uma troca de gases envolvendo o indivíduo com o meio ambiente.
4	Sistemas relacionados à respiração.	Sistemas: nervoso, respiratório, digestório e cardiovascular.
5	Articulação dos vários sistemas com o processo respiratório.	Sistemas articulados entre si e com os fenômenos do metabolismo energético.
6	Aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistema respiratório completo em elementos, sistemas digestório e cardiovascular parcialmente completos.
7	Aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	No sistema digestório: quebra do alimento, absorção dos nutrientes, acúmulo dos resíduos juntamente com a água.
8	Quantificação dos elementos usados na construção do mapa.	Construção expandida devido à razoável quantidade de elementos.
9	Utiliza conectores (palavras ou expressões de ligação).	Compatível com a quantidade de ligações entre os elementos.

Quadro 4 Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração.

Categorias		Resultados observados
1	Articulação da estrutura celular com os processos da respiração.	Estrutura genérica da célula centralizada, articulada a órgãos, tecidos e processos metabólicos.
2	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Identifica todas as etapas (glicólise, ciclo de Krebs e CTE).
3	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	Articulação do citosol da célula com as reações da glicólise e da mitocôndria com o ciclo de Krebs e a CTE.
4	Compreensão da glicólise.	Processo de oxirredução da molécula de glicose advinda da digestão em piruvato com produção de NADH, síntese e consumo de ATP.
5	Interpretação do Ciclo de Krebs.	Conjunto de reações de oxidação do piruvato (não se observa a conversão em acetil-CoA) que ocorrem na mitocôndria com produção de coenzimas reduzidas NADH e FADH ₂ , CO ₂ e GTP.
6	Interpretação da cadeia transportadora de elétrons (CTE).	Complexo de proteínas que viabiliza o transporte de elétrons de baixa energia e íons para o oxigênio, com liberação de energia promovendo a fosforilação oxidativa para síntese de ATP.
7	Relação molécula de ATP-processos metabólicos da respiração celular.	Processo que ocorre durante a glicólise e a CTE. Explica parcialmente as reações. Não trata dos rendimentos específicos de cada etapa,

Neste ponto já era nítida uma maior compreensão das relações que se dão entre os sistemas trabalhados e destes com os fenômenos da respiração. Observou-se também, uma compreensão mais aprofundada da complexidade dos conteúdos vivenciados que exigem um acentuado grau de abstração, como os da Bioquímica. Este fato aponta para uma transição de paradigma rumo a uma visão de complexidade, a um pensamento sistêmico, onde segundo Capra (1996), os fenômenos se dão em termos de conexidade, de relação, de contexto.

Análise do terceiro mapa

No processo de construção do terceiro mapa foi observada uma ampliação de toda a representação a partir da inclusão de grande quantidade de novos elementos. Novas ligações de relação se formaram neste contexto, aumentando a possibilidade de uma leitura que conduz à compreensão sistêmica da respiração. Em todo o esboço, observa-se a íntima relação existente entre os aspectos macro e micro, onde é permitido o entendimento de que são

aspectos que se sobrepõem ente si, caracterizando a respiração como um único fenômeno. Isso pode ser verificado nos Quadros 5 e 6, a seguir:

Quadro 5 Aspectos macroscópicos das relações sistêmicas da respiração

Categorias		Resultados observados
1-	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	Articulação entre os sistemas trabalhados, a célula, as reações que viabilizam o metabolismo energético e as trocas com o meio ambiente.
2-	Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Não há divisão entre os aspectos pulmonar e celular. Há uma articulação entre os dois aspectos revelando a respiração como um fenômeno único.
3-	Como relaciona a respiração.	Conjunto de trocas envolvendo gases, alimento/resíduos alimentares e água que se dá entre o indivíduo e o meio ambiente.
4-	Relação respiração- meio ambiente.	Sistemas: nervoso, respiratório, digestório, cardiovascular e excretor.
5-	Articulação dos vários sistemas com o processo respiratório.	Sistemas articulados entre si, com os fenômenos que caracterizam a respiração e com o meio ambiente.
6-	Aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistemas completos em elementos.
7	Aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	No sistema digestório: processos mecânicos da quebra do alimento, formação e eliminação dos resíduos e processos químicos relacionados à ação de sucos, enzimas e hormônios; no sistema cardiovascular: transporte de substâncias; no sistema respiratório: transporte e troca de gases; No sistema excretor eliminação de água e resíduos tóxicos.
8	Quantificação dos elementos usados na construção do mapa.	Construção expandida devido à enorme quantidade de elementos.
9	Utilização de conectores (palavras ou expressões de ligação).	Compatível com a quantidade de ligações entre os elementos.

Com o resultado obtido na construção do terceiro mapa, pode-se observar uma nova concepção quanto ao tema em tela. Nesta representação os sistemas interagem entre si, em uma perspectiva macroscópica. Os eventos e reações simultâneas que neles ocorrem convergem para o contexto celular. Neste universo microscópico se processam infinitas reações de alta complexidade que caracterizam o metabolismo energético. Esta compreensão da complexidade do tema em uma perspectiva de teia de relações permite o trânsito de ida e volta entre o universo macro - representado pelos sistemas - e o universo microscópico e molecular - onde se efetuam as reações. Toda esta situação indica uma compreensão sistêmica da respiração.

Quadro 6 Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração

Categorias		Resultados observados
1-	Articulação da estrutura celular com os processos da respiração.	Estrutura celular articular a sistemas, tecidos, processos fisiológicos e trocas com o meio
2-	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Glicólise, ciclo de Krebs e Cadeia transportadora de elétrons.
3-	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	Articulação do citosol com a glicólise, da matriz mitocondrial com o ciclo de Krebs e da membrana interna mitocondrial com a CTE.
4-	Compreensão da glicólise.	Rota glicolítica para a degradação da molécula de glicose em piruvato com síntese e consumo de ATP e produção de coenzima reduzida NADH.
5-	Interpretação do Ciclo de Krebs.	Conjunto de reações cíclicas com função de oxidação do acetil-CoA à CO ₂ com produção de coenzimas reduzida, NADH e FADH ₂ e síntese de GTP.
6-	Interpretação da cadeia transportadora de elétrons (CTE)	Complexo de proteínas dispostas na membrana mitocondrial interna possibilita a condução de elétrons das coenzimas NADH e FADH ₂ até o oxigênio com grande síntese de ATP e água.
7-	Compreensão da síntese de Adenosina Trifosfato (ATP).	Processo que ocorre na glicólise e na CTE e no ciclo de Krebs, GTP.
8-	Relação molécula de ATP-processos metabólicos da respiração celular.	Relação de síntese e consumo que se dá tanto no contexto da célula como no contexto do organismo.

Os mapas construídos pela pesquisadora, objetos de análise nesse trabalho, não foram anexados devido ao tamanho. Em paralelo, fazer um recorte dos mesmos não retrataria adequadamente a verdadeira rede de conexões.

Conclusão

Observou-se como a respiração era entendida de forma fragmentada, embasada em uma visão cartesiana. Assim, o processo respiratório era compreendido como constituído por dois conjuntos de fenômenos que ocorriam de forma separada: respiração celular e respiração pulmonar. Em paralelo, a presença de lacunas conceituais, o número reduzido de elementos-chave e de ligações entre os mesmos nos leva a concluir que este tema vinha sendo compreendido de modo distorcido, simplificado e fragmentado. A pesquisadora, em essência, não se dava conta da complexidade que o envolvia. A partir destes pontos, partiu-se para um estudo que desenvolvesse a compreensão da complexidade e das relações sistêmicas contidas no mesmo.

A construção do segundo mapa possibilitou uma melhor organização e articulação dos conceitos que permeiam o processo respiratório. Apesar da persistência de algumas lacunas

conceituais relacionadas ao conteúdo da Bioquímica, pode-se observar, nos resultados, um avanço expressivo rumo a uma percepção sistêmica da respiração.

A análise do terceiro mapa mostrou a superação das lacunas relativas aos conteúdos específicos, em especial os da Bioquímica e a formação de uma rede de ligações envolvendo o indivíduo, os sistemas orgânicos, o meio ambiente e a célula, tanto em seus aspectos estruturais, como funcionais.

De modo geral, o desenvolvimento, análise e reestruturação dos mapas conceituais permitiu concluir que houve uma reorganização do conhecimento trabalhado, o que a partir de uma transição paradigmática entre os pensamentos cartesiano e complexo e do aprofundamento conceitual específico quanto ao fenômeno estudado. Assim, confirma-se uma evolução sistêmica do conceito de respiração na concepção da pesquisadora que o entendia de modo fragmentado e simplificado, reflexo de sua formação inicial.

Referências

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**, 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

CAPRA, F. **A teia da vida**. Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix, 1996.

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

CAPRA, F. *et al.* **Alfabetização ecológica**. A educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A., MAYER, M., NOGUEIRA, R. A. Ensinando Biologia numa perspectiva de complexidade. In: JÓFILI, Z. e ALMEIDA, A. V. (org.) **Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam**. Recife: UFRPE, Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia/Regional 5, 2009. p. 197-206.

CARVALHO, A. A. A. **Os documentos hipermídia estruturados segundo a teoria da flexibilidade cognitiva: importância dos comentários temáticos e das travessias temáticas na transferência do conhecimento para novas situações**. Tese de Doutorado (Universidade do Minho), 1998.

MAYER, M. , CARNEIRO-LEÃO, A. M. A., JOFILI, Z. M. S. Professor: mediador entre o concreto e o abstrato. In: 3 ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências). **Anais...** CD-ROM, 2001.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: Um conceito subjacente. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. International Meeting on Meaningful Learning. **Anais...** Proceedings. Universidade de Burgos, 1997.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1999.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de **Learning how to learn** (1984). Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1996.

PEREIRA, A. F. **Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação e sobreposição dos conceitos básicos da genética utilizando jogos didáticos**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação no Ensino das Ciências, UFRPE), 2008.

SÁ, R. G. B. **Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação no Ensino das Ciências, UFRPE), 2007.

SPIRO, R.; DESCHRYVER, M. Constructivism: When It's the Wrong Idea and When It's the Only Idea. In: MAHWAH, NJ: LAWRENCE ERLBAUM (Eds.). **Constructivist Theory Applied to Instruction: Success or Failure**. S. Tobias & T. Duffy. Michigan State University.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC/UFRPE). Professora da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco.

² Mestre em Ensino de Ciências, UFRPE. Professora da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco.

³ Dra. em Educação, Universidade de Surrey, UK. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, UFRPE.

⁴ Dra. em Bioquímica, UFPR. Professora do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, UFRPE.