

O ENSINO DA FISIOLOGIA HUMANA. UM ESTUDO COM ESTUDANTES DA FONOAUDIOLOGIA ENVOLVENDO O TEMA ‘HOMEOSTASIA’
(Teaching of human physiology. A study with speech therapy students about the theme ‘homeostasis’)

Viviane Souza Galvão [vsgalvao@flash.tv.br]
Departamento de Fonoaudiologia
Faculdade de Filosofia e Ciências
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”

Resumo

Este estudo foi realizado com o objetivo de compreender as aprendizagens de estudantes de 1º ano de um curso de Fonoaudiologia, na disciplina Fisiologia Geral. A pesquisa do tema *homeostasia* envolveu uma amostra destes estudantes e ações de ensino em torno deste assunto, com o uso de recursos didáticos. Trata-se de um estudo de natureza qualitativa, assentado na matriz teórica *Ausubeliana*, em que ações de ensino envolvem *diferenciação progressiva e reconciliação integrativa*, articulação entre conceitos e idéias tradicionalmente produzidas e ensinadas de modo fragmentário. Os resultados obtidos mostram que os estudantes desenvolvem idéias mais científicas sobre fenômenos biológicos, em particular sobre a *homeostasia*; passam a participar mais ativamente na (re)construção do conhecimento pessoal e no desenvolvimento de um novo currículo escolar; superaram a fragmentação do conhecimento que hoje dificulta compreender, representar e ensinar o próprio conhecimento.

Palavras-chave: educação científica; ensino por pesquisa; aprendizagem significativa; *homeostasia*.

Abstract

This study was made with the purpose of understanding the learning process of first-year Speech Therapy students under the discipline General Physiology. The research of the theme *homeostasis* involved a sample of these students and teaching actions about this subject with the use of teaching resources. The nature of the study is a qualitative one based on the **Ausubelian** theoretical matrix in which teaching actions involve *progressive differentiation* and *integrative reconciliation*, articulation between concepts and ideas traditionally produced and taught in a fragmentary manner. The results obtained show that students develop more scientific ideas about biological phenomena, in particular homeostasis, that they start to take a more active part in the (re)construction of personal knowledge and in the development of a new school curriculum; that they overcome the knowledge fragmentation which makes understanding, representing and teaching knowledge itself harder nowadays.

Key-words: scientific education; teaching through research; meaningful learning and homeostasis

Apresentação

Neste artigo apresentamos resultados de um estudo que desenvolvemos com um grupo de estudantes de 1º ano de um curso de graduação em Fonoaudiologia, sobre o ensino/aprendizagem das ciências biológicas, em particular a *homeostasia*.

Através deste estudo, pudemos compreender melhor como o uso de princípios *Ausubelianos* de ensino/aprendizagem escolar influencia favoravelmente a aprendizagem desse assunto de difícil significação, por parte dos alunos.

Os resultados obtidos apontam para a importância de o ensino universitário ocorrer numa perspectiva mais humanística, assentado em preceitos de aprendizagem de índole cognitivista, com base na compreensão de que ações que motivam a aprendizagem significativa envolvem o reconhecimento da participação pessoal na construção de conhecimentos.

Tais preceitos têm sido empregados por estudiosos, tais como Ronca (1976), Novack (1981), Moreira (1982), Moreira et al (1984), Moreira et al (1985), Moreira et al (1986), Okekuka; Jegede (1988), entre outros que acreditam no seu uso como um modo de desenvolver estratégias e metodologias de ensino que facilitam a aprendizagem significativa das ciências, por compreensão de seus processos individuais e coletivos.

De acordo com Stenhouse (1984), a melhoria da ação educativa deve envolver a pesquisa dos professores sobre o próprio ensino, uma idéia que, não sem dificuldades, vai fazendo o seu caminho (Miguez & Cáceres, 2001) no âmbito do ensino universitário.

Ocorre que a complexidade do ensino num contexto de mudança de culturas acadêmicas exige investigar a ação de ensinar pela pesquisa, verificar se o ensino motiva nos estudantes o reconhecimento da natureza humana do conhecimento, a sua participação na construção do próprio conhecimento e do conhecimento científico escolar, curricular, ou seja, se os estudantes são capazes de reconhecer a inadequação das suas idéias e conceitos e, ao mesmo tempo, desenvolver idéias mais adequadas, segundo a lógica científica, a das ciências.

No caso específico deste estudo, tratou-se de entender se os estudantes compreendiam as ciências fisiológicas como algo diferente do senso comum, ou seja, a ciência que estuda a *homeostasia* como conhecimento sobre o equilíbrio físico-químico e biológico do corpo – um tipo de conhecimento que envolve compreender a natureza humana, científica e social do conhecimento, as suas representações e processos de significação.

A seguir, apresentaremos aspectos da teoria de David Ausubel que, entre outros cognitivistas, aponta para a aprendizagem como um fenômeno exclusivamente humano, cognitivo, através do qual é possível favorecer aprendizagens ativas e (re) construtivas do pensamento lógico científico, desenvolver uma nova perspectiva de ensino/aprendizagem na sala de aula, mais adequada à visão contemporânea de ciência.

Um paradigma de aprendizagem das ciências.

Na perspectiva *Ausubeliana* de ensino/aprendizagem das ciências, a aprendizagem escolar é um processo de (re)significação de temas já estudados pelos cientistas e ensinados pelos professores, que evolui não apenas segundo princípios de lógica científica experimental, mas também didática.

Tal concepção de aprendizagem é recente na história das ciências humanas e tem se desenvolvido com o apoio de resultados de estudos que mostram as várias dimensões de um mesmo conhecimento, também nos modos de ensiná-la.

O reconhecimento do envolvimento de fatores cognitivos no processo da aprendizagem e construção de conhecimentos decorre de estudos que mostram a influência de conceitos (conhecimentos) prévios, construídos no dia a dia de vida, no desenvolvimento de novos conceitos científicos, ou seja, o de que aprender as ciências envolve compreender “o quê”, “como” e “para quê” se desenvolvem as ciências experimentais, estratégias de significação sobre o mundo ‘natural’.

O entendimento da gênese da aprendizagem e construção de conhecimentos envolvendo estudantes com graus variados de escolaridade teve origem em estudos realizados no campo da Psicologia Cognitiva, que hoje se apóia em novos estudos, mas, sobretudo, em estudos mais recentes sobre a Didática das Ciências.

No campo de estudos da Psicologia Cognitiva, Natadze (1957), entre tantos outros estudiosos da aprendizagem, já mostrara que as crianças significam/conceituam os objetos, baseando-se *exclusivamente no aspecto externo, na imagem visual*, assimilam conceitos/idéias em diferentes e sucessivas fases, sobretudo quando reconhecem características essenciais nos objetos. É muito mais fácil a criança assimilar traços característicos dos objetos quando esses se apresentam, desde o início, com imagens visíveis correspondentes às suas características essenciais – um tipo de pressuposto que tem motivado estudiosos do conhecimento a pensar que é possível superar a dificuldade de apreender objetos que não podem ser visualizados em seus aspectos externos, físicos, com o uso de recursos cognitivos advindos da sua própria recriação, imaginação, com base em ações de reflexões e de representação.

Tal processo é particularmente difícil, já que as características dos objetos nem sempre correspondem às imagens criadas pelo observador comum, e que a capacidade de observar, imaginar e recriar depende também dos modos de interagir com o objeto, de reconhecê-lo à luz de pressupostos.

O uso da linguagem (oral, gestual ou escrita) é um desses recursos, que pode motivar novos modos de representar os objetos em suas características físicas virtuais (nem sempre aparentes), motivar a recriação de novas imagens sobre um mesmo objeto, mesmo na sua ausência.

Para Rimat, citado por Vygotsky (1991, p.46), a formação de conceitos em adolescentes tem início no final da puberdade e depende do tipo de emancipação da percepção, ou seja, depende da capacidade de criar imagens, abstrair, empírica e reflexivamente, um dado objeto - um tipo de comportamento que começa a ocorrer quando a criança ingressa na escola e aprende a refletir sobre as propriedades essenciais dos objetos já estudados nos diversos campos científicos.

Mais recentemente, Coll et al. (1987) trataram a questão da ação dos sujeitos sobre o objeto como fonte do desenvolvimento da lógica que o caracteriza. E, segundo os mesmos, tanto a inteligência sensório-motora quanto a inteligência representativa ou conceitual dependem da ação; os objetos resistem mais ou menos à interferência causal, seja por causa de suas propriedades físicas, seja pelo acaso que impede a dedutibilidade completa, fora de uma vasta amostragem de instâncias representativas, seja pela sua história, a que conduz o sujeito na direção de novas abstrações empíricas, sem jamais tocar internamente a totalidade do objeto real.

O que esses estudiosos querem dizer é que a capacidade de desenvolver a explicação causal, as verdades lógico-científicas, é algo particularmente sutil e envolve atribuições de certas operações do sujeito, envolvendo objetos bem definidos, retenção de certas propriedades mais do que outras; que tal capacidade é resultado de uma interferência mediada entre sujeitos, um produto de interações motivadoras da criação, abstração/imaginação.

Krasilchik (1987), adepta da teoria de aprendizagem de Jean Piaget, ao pesquisar a aprendizagem das ciências biológicas na escola, aponta inúmeros aspectos envolvidos nesse processo. Considera que os múltiplos aspectos presentes nos vários níveis pedagógicos administrativos do sistema escolar de modo interdependente influenciam a aprendizagem escolar de vários modos; que é real a influência da falta de equipamentos e de material para a realização de aulas práticas; que é deficiente a preparação dos professores para o ensino das ciências; que é real a má qualidade dos livros didáticos. Porém, a falta de vínculo entre o conteúdo de ensino e os

estudantes é o principal obstáculo à aprendizagem escolar, o fator que torna as disciplinas e os currículos irrelevantes, sem significado para os estudantes.

Estudos realizados na Europa e USA, nas décadas de 60/70, e numa perspectiva teórica cognitivista, apoiaram-se na teoria de aprendizagem de Jean Piaget e seus adeptos, mostraram que para aprender as ciências há necessidade de se estabelecerem vínculos entre o conhecimento prévio que os estudantes constroem sobre as propriedades físico-químicas da matéria e o conhecimento novo; que os conceitos construídos espontaneamente, no dia a dia de vida, inclusive na escola, acabam por influenciar o desenvolvimento do conhecimento formal, as ciências propriamente ditas.

Os resultados dos estudos como os de Banet & Nunes (1989) e Eulates et al (1999), dentre tantos outros que se enquadram nesse Movimento, apontam para a necessidade de o ensino das ciências motivar nos estudantes o desenvolvimento de novas e variadas estratégias de aprendizagem, a superação de conceitos alternativos, dentre tantos outros aspectos envolvidos no processo de aprendizagem e construção de novos conceitos.

Os estudos de David Ausubel e os de seus adeptos também mostram a importância de o professor que atua em nível universitário criar recursos didáticos que motivem nos estudantes novas articulações entre conceitos pessoais, com níveis de generalidade diferentes, e conceitos novos produzidos por cientistas e que são divulgados na sala de aula pelos professores; que ensinar as ciências significa organizar significativamente a apresentação do conhecimento na sala de aula para propiciar integrações proposicionais na mente dos estudantes. Tais integrações podem ocorrer quando o professor utiliza princípios didático-científicos para ensinar temas específicos, envolver os estudantes em exercícios que favorecem novas reflexões e significações, ampliação da estrutura conceitual pré-existente, melhorando a capacidade de representar o objeto do conhecimento, de atribuir explicações novas e mais aplausíveis a fenômenos estudados na escola.

Para David Ausubel (1963), o uso de princípios e de estratégias de ensino organizativas do pensamento lógico científico permite a compreensão da natureza conceitual, sintática e idiossincrática do conhecimento, ou seja, que o estudante compreenda que, além de relações entre diferentes conceitos, os modos de articulá-los os tornam significativos, pessoais e substantivos. Por outro lado, se o professor compreende os efeitos das suas ações no conhecimento pessoal dos alunos, torna-se um profissional melhor preparado para ensinar as ciências. Essa teoria, desde há muito tempo, vem sendo empregada por estudiosos do conhecimento, que acreditam na sua importância também para o desenvolvimento de uma teoria de currículo, ou seja, por estudiosos que valorizam um modo sistêmico de compreender, aprender e ensinar as ciências, de mediar a (re)construção das ciências no ambiente escolar (Schwab, 1973). Nesse tipo de crença está implícita a idéia de uma ciência escolar como algo possível de ser legitimada mais tarde como ciência formal, universal.

Para os estudiosos adeptos deste tipo de pressuposto, a manipulação deliberada da estrutura cognitiva dos estudantes, no sentido de tornar os conceitos mais inclusivos e proposicionais, ocorre quando o professor utiliza princípios programáticos na sala de aula, ordena (em situações de ensaios teóricos e práticos) a seqüência de conteúdos de ensino, de modo a tornar clara a estrutura sintática e semântica do conhecimento. Por outras palavras, a capacidade de utilizar o conhecimento depende do uso de princípios organizativos, tais como os que David Ausubel denominou 'Princípio da Diferenciação Progressiva' e da 'Reconciliação Integrativa'. No ambiente de aprendizagem organizado desse modo, o estudante aprende a reconhecer a sintaxe do conhecimento científico e passa a representar as idéias de modo subordinado, superordenado ou combinado a outras idéias, adquire idéias com um maior nível de generalidade e desenvolve categorias conceituais discrimináveis – uma condição de ensino/aprendizagem que potencializa a capacidade de ensinar/aprender a utilizar idéias pessoais em situações imprevisíveis.

Vale lembrar, entretanto, que David Ausubel fez a ressalva de que aprender implica descobrir *algum princípio fundamental* ou *alguma lei científica*, ou seja, “reagrupar as informações, integrá-las à estrutura cognitiva prévia, reorganizar e transformar a combinação integrada de tal forma que dê origem ao produto final desejado ou à descoberta de uma relação entre meios e fins.” (Ausubel et al., 1980, p.21), pois a construção e a transformação de conceitos são processos evolutivos de aquisição de significados em uma estrutura conceitual prévia e o fator limitante da aprendizagem significativa é a própria *disponibilidade dos conceitos e de estruturas proposicionais no sistema conceitual já existente*.

Resumindo, para David Ausubel (1963), a disponibilidade de conceitos na estrutura cognitiva do estudante depende dos modos de aprender a organizar a estrutura conceitual, depende de ações de ensino que mostrem a presença de conceitos com diferentes graus de generalidade, segundo o maior grau, predispondo o estudante a incorporar novas idéias na estrutura conceitual, a pré-existente. A aprendizagem depende do desenvolvimento de significados gerados a partir de interações específicas e criteriosas entre o sujeito e o objeto do conhecimento, porém, mediadas pelo uso dos princípios organizativos do pensamento, didático-científicos, na ação de (re) organizar conceitos que são, entretanto, mediados pelas ações de ensino do professor.

As teorias de aprendizagem de Jean Piaget (1971) e Vygotsky (1989, 1991), da mesma forma que a teoria de ensino/aprendizagem de David Ausubel (1963), embora de forma diferenciada, preconizam a aprendizagem como algo humano, cognitivo e social, sob a influência de uma estrutura conceitual prévia, de ‘esquemas cognitivos operacionais’, tal como a denominou Piaget (1971), ou então, de ‘pseudo-conceitos’ e/ou ‘pré-conceitos’, tal como a denominou Vygotsky (1989); preconizam, ainda, o envolvimento da linguagem nesse processo, entre outros aspectos sociais.

Para Chiarottino (1988, p.14), adepta da teoria *Piagetiana*, o conhecimento se manifesta na ação e supõe sempre uma lógica. Qualquer conhecimento que o ser humano alcance, científico ou popular, *depende sempre de uma estrutura prévia e de um acontecimento* (episódio), da disponibilidade de se estabelecerem relações lógicas e que não são dadas *a priori*, no sentido cronológico, mas na ação do sujeito sobre o objeto do conhecimento, como uma conquista do ser humano em cada momento. A possibilidade de aprender significativamente as ciências, ou seja, de se estabelecerem relações lógicas e norteadas por princípios, permanece como condição *a priori* (em sentido lógico) a todo conhecimento possível. Por essa razão, mas não só, cabe ao professor organizar o ambiente de aprendizagem para que os estudantes compreendam como é que aprendem, qual é a lógica da aprendizagem que leva à construção de conhecimentos.

A denominada teoria de ensino/aprendizagem ‘Aprendizagem Verbal Significativa’, de David Ausubel (1963), enquadra-se nesta linha de pensamento. Admite a aprendizagem como algo pessoal, cognitivo, ativo e (re)criativo, mediado por ações humanas, de ensino/aprendizagem e com o uso de linguagem. Reconhece a linguagem oral e representacional como um tipo de recurso didático cognitivo insuficiente para significações rígidas, mas sempre disponível e apropriado à (re)construção de novas idéias e conhecimentos, conforme também considerou Vygotsky (1991).

Vale enfatizar, portanto, que nessa perspectiva teórica de ensino/aprendizagem, a cognitivista, resultados de aprendizagem no campo de estudos das ciências biológicas não equivalem a conceitos rígidos, ainda que produzidos por cientistas e divulgados na sala de aula, e sim a um sistema de classes de relações de *encaixe hierárquico* (parte e todo) com potencial para motivar novas relações conceituais. Ou seja, aprender significativamente envolve associar símbolos verbais e refletir sobre os mesmos, pois, embora sólidos e numerosos, não são por si só suficientes para serem (re)significados, representados de múltiplos modos através da palavra. Compreender o uso de princípios científicos que regem o desenvolvimento das ciências implica desenvolver representações diferenciadas sobre o objeto de estudo de uma dada ciência.

No caso específico do ensino da disciplina Fisiologia Humana, o objeto é o desenvolvimento de uma idéia sobre o equilíbrio do corpo, como o corpo humano mantém-se estruturado segundo princípios da físico-química e da biologia.

A compreensão de tais princípios permite representar o corpo como uma estrutura complexa, aberta/fechada e que, apesar das constantes alterações que sofre, se mantém vivo, com a capacidade continuada de se reestruturar (Waddington, 1977).

Tal concepção tem a ver não só com estudos experimentais calcados no preceito científico de organismo vivo como algo atômico/molecular, dinâmico, mas também com os modos da evolução deste tipo de conhecimento, como se ensina e aprende este tipo de conhecimento.

A construção do conhecimento no campo das ciências biológicas. As influências negativas de conceitos e idéias prévias equivocadas dos estudantes.

Estudos realizados no campo da Didática das Ciências, e numa perspectiva de aprendizagem como algo humano, cognitivo, mostram que os conceitos e/ou idéias prévias e errôneas dos estudantes com grau fundamental e médio de escolaridade sobre estruturas e fenômenos biológicos são fortes indícios da ausência de significados sobre a natureza humana e científica do conhecimento (Banet & Nunes 1989; Correia & Martins; 1998; Serrano, 1987; Freitas & Duarte, 1991; Caballer & Giménez, 1992, 1993, apud Palmero, 1998).

De acordo com esses pesquisadores, a grande maioria dos estudantes com grau médio de escolaridade não relaciona idéias sobre a estrutura e o funcionamento do organismo vivo, apresentam dificuldade para compreender a célula e/ou os seres vivos do ponto de vista morfofuncional.

Essa realidade é comum entre estudantes de culturas diferentes. Freitas & Duarte (1991), num trabalho envolvendo crianças portuguesas, mostraram que 89,7% dos estudantes investigados conceituavam o “ser vivo” como já descrito na literatura, baseados em características clássicas de vida e que, ao aplicarem o conceito de “ser vivo”, 100% deles complementaram a idéia clássica com idéias suplementares de movimento, utilidade, capacidade de pensar, ter coração, respirar, etc; 37,9% afirmaram desconhecer a constituição dos seres vivos e 46,6% utilizaram modelos alternativos de raiz antropomórfica ou animal. Além disso, 94% deles, ao compararem os seres vivos com seres inanimados, os separaram radicalmente; os seres inanimados são mais facilmente identificados na condição de artificiais que naturais; e a capacidade de identificar adequadamente exemplos de seres inanimados (naturais em particular) diminui em relação às séries subseqüentes; a capacidade de identificar adequadamente exemplos de seres vivos progride com a escolaridade.

Giménez & Caballer (1992), citados por Palmero (1998), justificam a presença de tal dificuldade como uma decorrência da falta de compreensão da natureza científica dos processos celulares, além da ausência de representação mental clara da célula e de demais estruturas internas, de dimensão microscópica.

Os resultados de estudos sobre conceitos e representações sobre a matéria viva, entre outros, sustentam a hipótese de que os estudantes alcançam o nível superior de ensino sem conceitos básicos, por exemplo, sobre a natureza humana das ciências, nomeadamente as ciências biológicas; que a Fisiologia Humana - uma ciência experimental, construída de modo consensual e à luz de preceitos didáticos, científicos e tecnológicos, entre outros - ensinada de modo fragmentário e transmissivo, pode dificultar o entendimento de seus preceitos, a busca de respostas para algumas indagações. Por exemplo: como ensinar temas específicos tal como *homeostasia* a estudantes de 1º

ano de um curso de Fonoaudiologia para que construam conhecimentos mais adequados sobre o organismo vivo, passem a representar e a comunicar melhor o conhecimento que constroem sobre este assunto e a contribuir mais efetivamente para o desenvolvimento de uma nova ciência, porventura mais adequada ao desenvolvimento humano, científico e tecnológico?

Com o objetivo de dar uma resposta a esta e a outras questões mais específicas, desenvolvemos este estudo, procurando entender o que segue:

1. A adequação de conceitos e representações de estudantes que ingressam no curso de Fonoaudiologia, em torno do tema ‘organismo vivo’, em particular na sua dimensão morfofuncional, se estão em consonância com o conhecimento científico desenvolvido no campo de estudos das ciências Biológicas, Fisiologia Humana e Fonoaudiologia;

2. Como uma proposta metodológica de ensino organizada e desenvolvida numa perspectiva de aprendizagem significativa, no sentido *Ausubeliano* do termo, influencia a (re)construção deste assunto, entre outros, por parte dos estudantes?

A escolha do tema de ensino

A escolha do tema *homeostasia*, neste estudo, baseou-se na sua centralidade curricular, complexidade e importância para a compreensão da Fisiologia Humana como uma ciência básica para a formação de estudantes que atuarão no campo da saúde. A sua aprendizagem deve favorecer a compreensão de como se desenvolvem conceitos sobre fenômenos biológicos que explicam o funcionamento geral e específico do organismo vivo – objeto de estudo também da Fonoaudiologia no que diz respeito à comunicação humana.

Tratou-se de levar em conta o pressuposto de que construir esse tipo de conhecimento permite compreender inter-relações entre *partes x todo*, como se dá o equilíbrio orgânico do corpo e seus distúrbios, envolvendo diversas questões, mas em particular a comunicação humana num sentido amplo, multidisciplinar; que sendo a *homeostasia* geralmente reconhecida como uma das mais notáveis características dos sistemas abertos de alta complexidade, aparecendo por isso mesmo como uma condição essencial de estabilidade e, portanto, de sobrevivência dos sistemas complexos, a sua compreensão ultrapassa os limites da disciplina Fisiologia, tem aplicações no estudo dos sistemas sociais (empresas, organizações) e permite compreender melhor os processos de resistência à mudança. Nesse sentido, é um tema transversal a várias áreas do conhecimento, o que faz relevar a sua importância na formação, sobretudo na profissional.

Princípios metodológicos da pesquisa

Conforme coloca Buchweitz (2008) em um estudo recente sobre a aprendizagem significativa de estudantes em nível superior de escolaridade, a gênese do conhecimento é geradora de hábitos, costumes e crenças a respeito do conhecimento/ciências. Para que esta se mostre mais adequada à ciência escolar, deverá ser refletida e questionada através de estudos sobre aprendizagens significativas escolares, para professores e estudantes. Ou seja, sendo o conhecimento de natureza humana e social, o seu desenvolvimento está atrelado à cultura científica na escola, aos currículos e às práticas de ensino. Para Carvalho (2002) e Cachapuz et al (2000, 2002), tal modo deve ter por base a pesquisa, a que se revela na ação de ensinar com base num modo de entender como se ensina e que não se desvincula de uma teoria de conhecimento, de ciência e sociedade.

Tal questão nos remete também ao desafio de entender melhor o papel do professor-pesquisador na sala de aula, os efeitos das ações de ensino nos modos de os estudantes interpretarem

fenômenos biológicos, tais como *homeostasia*, ao participarem mais ativamente no processo individual e escolar da sua (re) construção.

De acordo com Franco (2005), o modo de investigar e de construir conhecimentos sobre a prática pedagógica, que será descrito a seguir, tem sido utilizado de diferentes maneiras nas últimas décadas e com diversas intencionalidades, passando a compor um vasto mosaico de abordagens teórico-metodológicas. A sua essencialidade epistemológica é a determinação de uma dada *práxis* investigativa dentro de princípios geradores, os pedagógicos.

Zuber-Skeritt (1992), entre outros, entende por pesquisa-ação como um processo colaborativo e crítico de inquérito que possibilita a construção de conhecimentos na própria prática de ensino, tendo em vista a sua melhoria. O pressuposto é o de que a aprendizagem não é um ato acidental ou espontâneo e, assim sendo, os professores podem aprimorá-la, desenvolver percursos sistemáticos e críticos de ensino com este fim, adequá-la a necessidades profissionais e educacionais, mas que são próprias também de cada área de estudo. Tal pressuposto é naturalmente compatível com o ideário Ausubeliano.

Assim, visando responder a questões de pesquisa deste estudo, desenvolvemos um percurso de ensino envolvendo o tema *homeostasia* e 28 alunos de 1º ano de um curso de graduação em Fonoaudiologia (amostra de conveniência); utilizamos estratégias de ensino de índole cognitivista, visando interagir com o conhecimento dos estudantes no sentido de promover-lhes capacidades diversas, mas, sobretudo, a capacidade de significarem a própria aprendizagem. Utilizamos princípios *Ausubelianos*, em particular os denominados ‘Diferenciação Progressiva’ e ‘Reconciliação Integrativa’, e ainda recursos didáticos tais como ‘Organizadores prévios’ (Moreira et al,1982), ‘mapas conceituais’ (Stewart et al, 1979; Ault Jr., 1985; Moreira & Buchweitz,1987; Ruiz-Moreno, 2007), roteiros e questões de estudo.

Alguns desses recursos de ensino são também explorados como recursos de pesquisa na medida em que permitem ao professor-pesquisador interagir com o conhecimento dos estudantes no próprio percurso da pesquisa, reconhecer aspectos comuns concernentes a uma teoria de ensino e de aprendizagem, tal como a de David Ausubel. Ao utilizarmos tais recursos, tivemos em conta que, para alcançarmos objetivos de ensino na disciplina Fisiologia Geral, seria importante interagir e investigar sujeitos conhecedores, ativos, construtores do seu próprio conhecimento e que, ao compreenderem melhor os efeitos das próprias ações, passam a construir melhor o próprio conhecimento.

Neste estudo, nossa prática pedagógica configurou um modo de *cientificizar* nossa prática na universidade, de revelá-la educativa, inovadora e, portanto, transformadora. A busca de resultados através deste tipo de pesquisa encontra várias razões, mas, sobretudo, a de fazer valer o princípio ético de visualizar a nossa contínua formação em benefício da emancipação dos estudantes, o que, no nosso ponto de vista, deve ocorrer na prática de ensiná-los a aprender a construir conhecimentos que mais tarde contribuirão também para a melhor prática da profissão, a da cidadania de si próprio e a do outro.

Em termos de técnicas de pesquisa, optamos por uma abordagem ‘híbrida’, harmonizando técnicas qualitativas com quantitativas, já que tal abordagem é freqüentemente reconhecida como capaz de potencializar a profundidade, riqueza e impacto da pesquisa (Gorard, 2004).

Refira-se desde já que o impacto deste estudo se fez notado em resultados cujas implicações pedagógicas e educacionais ultrapassaram os limites físicos e temporais da sala de aula, o local onde se efetivaram, conforme abordaremos com mais detalhe no final deste texto. Além de se verificarem melhorias nos resultados de aprendizagem dos estudantes envolvidos, também se verificou o aprimoramento da nossa própria formação e profissionalização em serviço, no contexto

do nosso ambiente de trabalho, o curso de Fonoaudiologia – um curso hoje em processo continuado de reestruturação, recentemente avaliado e classificado em primeiro lugar no exame nacional (ENEM).

Desenvolvimento da pesquisa

A seguir, apresentamos no Quadro 1 uma síntese das fases envolvidas no desenvolvimento da pesquisa na disciplina Fisiologia Geral, bem como desenvolvimentos relativos a cada uma das quatro fases consideradas.

Quadro 1: Síntese do percurso metodológico seguido na pesquisa sobre o nosso ensino

<i>Fase /Descrição</i>	<i>Objectivo</i>	<i>Procedimentos Metodológicos</i>
Fase 1: Diagnóstico de idéias dos alunos	Levantamento de informação sobre lacunas no conhecimento dos alunos. Referência para avaliação da evolução de aprendizagens posteriores	Aplicação de um pré-teste; realização de entrevistas individuais; elaboração de mapas de conceitos representativos dos resultados das entrevistas (figuras 1 e 2)
Fase 2: Intervenção pedagógica envolvendo ações de ensino/aprendizagem, avaliação formativa de resultados, antes, após e durante o nosso percurso de ensino por pesquisa na disciplina.	Modificação de estruturas cognitivas dos alunos com base na matriz teórica <i>Ausubeliana</i>	Percurso interativo de ensino (4hs-aulas semanais num total de 60hs-aulas teóricas e experimentais), com o uso de recursos didáticos <i>Ausubelianos</i> ('organizadores prévios', 'mapas conceituais', roteiro de estudo, avaliações formativas)
Fase 3: Avaliação dos resultados (avaliação das aprendizagens)	Análise crítica de resultados sobre mudanças ocorridas nas aprendizagens dos alunos no percurso da pesquisa.	Aplicação de um pós-teste; entrevistas individuais e elaboração de mapas de conceitos representativos dos resultados das entrevistas (figuras 4 e 5); análise comparativa dos resultados obtidos nos pré e pós-testes (testes de Kruskal Wallis e Anova). Identificação de resistência à mudança, de manutenção e/ou aparecimento de novas lacunas de conceitos e de representações.
Fase 4: Implicações pedagógicas do estudo. Inovação	A efetividade da perspectiva metodológica de ensino desenvolvida com os estudantes da Fonoaudiologia; implicações e sugestões para a melhoria do ensino na disciplina Fisiologia geral (desenvolvimento profissional do docente pesquisador); implicações institucionais da pesquisa, elaboração de uma proposta de reestruturação do currículo do curso de Fonoaudiologia.	Reflexão crítica e conscientização quanto às ações de ensino mais adequadas ao alcance dos objetivos da pesquisa

Fase 1. Diagnóstico sobre o conhecimento prévio dos estudantes

Neste estudo nos propusemos a identificar, num primeiro momento, o conhecimento dos estudantes matriculados na disciplina Fisiologia Geral (1º ano de graduação). Em particular, o nosso objetivo foi compreender como os estudantes que ingressam na universidade, e com os quais interagiriam na sala de aula num momento seguinte, conceituavam e representavam determinadas estruturas vivas: a 'membrana plasmática', fenômenos trans-membrana ('transporte de substâncias

químicas' e 'potencial de ação celular') e sobre o 'organismo vivo' (mecanismos de funcionamento e controle orgânicos). Levantamos dados sobre o conhecimento dos estudantes, elaboramos e aplicamos testes objetivos, um pré-teste (questões de múltipla escolha aplicadas em 100% dos estudantes) e entrevistamos individualmente 12 deles (por meio de sorteio) com roteiro específico de perguntas.

Exemplos das 21 questões utilizadas nas entrevistas, cujas respostas nos possibilitaram mapear as concepções e representações dos estudantes:

01. Que idéia você tem das células? Elas são, quanto à estrutura e função, iguais ou diferentes?
02. Mas em quais características as células são diferentes: na estrutura ou na função? Você saberia me dar um exemplo?
03. Você acha que as células podem ter a estrutura físico-química modificada frente às variações físico-químicas do meio? Você saberia citar um exemplo?
04. Qual a idéia que você tem da membrana plasmática? Como imagina a membrana?
05. O que significa *permeabilidade seletiva*?
06. Qual a relação entre os gradientes elétricos e de concentração celulares e o transporte de substâncias através da membrana?
07. Defina e dê alguns exemplos de mecanismos de funcionamento e controle (neurogênicos e miogênicos).
08. Você considera o organismo humano um sistema aberto ou fechado? Por quê?

A seguir, analisamos os dados obtidos para identificar o domínio conceitual dos estudantes (Moreira, 1986). Para tanto, utilizamos recursos matemáticos, estatísticos, que permitem analisar e compreender mudanças em porcentagens médias de acerto por estudante, seguindo a metodologia apresentada por Levin (1987), em testes objetivos. Outro instrumento que utilizamos, visando compreender o conhecimento prévio dos estudantes, foi o mapa conceitual, o qual permite representar a sintaxe do conhecimento construído.

O teste objetivo utilizado antes das nossas ações de ensino na disciplina (e também após) constituiu-se de 34 questões de múltipla escolha. A seguir, apresentamos uma delas, a que consideramos mais representativa dos nossos modos de avaliar o entendimento dos estudantes sobre o tema *homeostasia*.

(questão nº 33). Sobre o funcionamento dos sistemas orgânicos é correto afirmar:

- a. Cada sistema orgânico desempenha funções específicas que não dependem do funcionamento dos outros sistemas.
- b. O funcionamento do sistema circulatório depende apenas do funcionamento do coração e dos vasos sanguíneos.
- c. O funcionamento harmônico do organismo vivo depende fundamentalmente das variações ambientais que selecionam organismos mais aptos.
- d. Os efeitos causados pelas variações ambientais no organismo vivo dependem do processos de interação entre o agente (estímulo) e o organismo.
- e. Os efeitos causados pelas variações ambientais no organismo vivo dependem essencialmente do tipo de estímulo ambiental.

Ao elaborarmos nosso Plano de Ensino da Fisiologia Geral, já tendo uma idéia sobre o conhecimento prévio dos estudantes em torno do assunto a ser investigado, e após identificarmos suas concepções alternativas, pressupomos as possíveis influências negativas na aprendizagem do tema em questão, na construção de uma idéia mais científica sobre *homeostasia*, e passamos a atuar

no sentido de motivar a superação de equívocos conceituais para que desenvolvessem novas idéias sobre o organismo vivo, sobretudo sobre os fenômenos considerados importantes para a compreensão da *homeostasia*.

Na organização das ações de ensino, levamos em conta o pressuposto de que os fenômenos localizados em membranas plasmáticas de células que compõem os tecidos vivos configuram-se adaptativos, pois, sendo de ocorrência generalizada, envolvem estruturas comuns a todos os sistemas orgânicos, o que permite desenvolver uma teoria sobre o funcionamento geral do corpo como uma unidade funcional, como algo integrado/equilibrado mesmo diante de estímulos internos ou externos nem sempre favoráveis.

Para nós, o estudo deste assunto e nesta perspectiva teórica permite compreender o princípio científico que sustenta a idéia de organismo vivo, funcional, ou seja, a idéia de que o corpo constituído por estruturas, tais como as células, os tecidos e aparelhos, transforma e se desenvolve, troca matéria/energia com o meio na própria interação com a matéria que o compõe, assim como os demais meios, se comporta de modo integrado, mantendo-se em *homeostasia*, em equilíbrio.

Conforme já nos referimos anteriormente, dentre os conceitos-chave envolvidos no desenvolvimento de uma idéia mais científica sobre o organismo humano, citam-se os seguintes: 'permeabilidade celular', 'transportes de substâncias químicas através da membrana celular' e 'potencial de ação celular'.

Tais conceitos referem-se a fenômenos de ocorrência localizada, mas que por envolverem os diversos níveis da estrutura viva, a celular, o tecidual e o sistêmico, ao serem estudados de modo articulado a uma idéia mais ampla sobre o organismo vivo (o organismo vivo como um sistema aberto/fechado), favorecem a compreensão da fisiologia do corpo.

Tais assuntos são estudados em nível de 2º grau e importantes para a compreensão da *homeostasia*, ou seja, para o desenvolvimento de uma idéia mais estruturada sobre organismo vivo, funcionam como 'organizadores prévios', no sentido *Ausubeliano* do termo, e, por isso mesmo, devem ser levados em conta. Ao serem identificados previamente, nos oferecem pistas de como atuar no sentido de motivar a aprendizagem desejada.

Um dos conceitos prévios que verificamos refere-se ao conceito de membrana plasmática.

Os estudantes acreditam que tal estrutura funcione como uma barreira física ao transporte de substâncias através da membrana, e não como uma estrutura viva de natureza físico-química e biológica, que interage com as demais estruturas e mantém-se viva em razão disso. Representaram-na, neste estudo, como algo estático e com grande dimensão, comparável a de utensílios domésticos ('peneirinha', 'veuzinho').

Para nós, as idéias equivocadas dos estudantes sobre a membrana plasmática podem contribuir para o desenvolvimento da crença de que as substâncias químicas atravessam a membrana em decorrência do seu tamanho, e não da sua interação química propriamente dita, e dá crença equivocada de que o potencial de ação celular é um fenômeno que depende ou do influxo ou do efluxo de substâncias químicas através das membranas, e não de movimentos concomitantes, bidirecionais, simultâneos.

Estas concepções equivocadas, que também foram identificadas por nós em materiais didáticos utilizados pelos mesmos estudantes (apostilas elaboradas por cursos preparatórios para o exame vestibular de ingresso na universidade) (Villani, 1992), podem estar relacionadas com a ausência de noções de tempo, espaço e de conservação de matéria (Piaget, 1971), ou seja, com o

ensino das ciências numa perspectiva meramente transmissiva, isenta da compreensão do processo humano de ensino/aprendizagem das ciências.

As idéias equivocadas sobre a membrana plasmática e sobre transportes de substâncias químicas através das membranas representam uma influência negativa no processo de construção do conhecimento científico escolar, tal como já mostraram os inúmeros estudos realizados desde os anos 60/70, e que caracterizaram o 'Movimento das Concepções Alternativas', liderado por Rosalin Drive, na Inglaterra.

No campo de estudos da Fisiologia Humana, as concepções alternativas podem dificultar a compreensão sobre fenômenos, tais como *potencial de ação celular* e os chamados *Mecanismos neurogênicos, miogênicos e humorais*, dentre outros que explicam a *homeostasia*, e que são imprescindíveis ao desenvolvimento de uma visão mais científica sobre o funcionamento do organismo vivo, sobre a *homeostasia/equilíbrio* do corpo humano.

O nosso pressuposto foi, portanto, que o estudo do tema *homeostasia* na disciplina Fisiologia por meio de um novo modo de organizar o conhecimento na sala de aula, poderia propiciar aos estudantes o exercício da abstração, o da articulação entre conceitos com diferentes níveis de generalidade necessários à mobilização de suas estruturas mentais/conceituais, à (re) construção de conceitos que caracteriza a aprendizagem significativa, à ampliação da estrutura cognitiva, segundo níveis de generalidade mais amplos e de acordo com princípios científicos - um tipo de entendimento sobre a construção de conhecimentos que decorre da crença de que aprender significativamente é saber utilizar princípios didático-científicos, articular idéias para superação de outras....que, embora sejam estudadas de modo isolado pelos cientistas, devem ser reconstruídas na sala de aula com a ajuda do professor, articuladas a um modo de entender a construção do conhecimento (a ciência) no ambiente escolar.

FASE 2. As ações de ensino através da pesquisa

Em articulação com a fase 1, foi possível planejar e desenvolver nossas ações de ensino pela pesquisa, explorando com os estudantes atividades teóricas e práticas, de observação e reflexão sobre a natureza humana e científica da Biologia/Fisiologia. Tais atividades tiveram o propósito de ensinar-lhes as propriedades morfofuncionais do organismo vivo, motivar-lhes a compreensão de como se constroem conhecimentos sobre esses mesmos assuntos. Assim, planejamos e (re)planejamos nossas ações de ensino na disciplina e criamos estratégias didáticas, de interação com o conhecimento dos estudantes, visando motivar-lhes a superação de eventuais equívocos conceituais (sobretudo os que já havíamos identificado previamente na fase 1).

Apresentamos todos os conteúdos de ensino aos estudantes, na forma de mapas conceituais, já organizados em corpos de conhecimentos articulados ao objeto de estudo/ensino na disciplina (figura 1), ao tema *homeostasia*.

Os mapas foram sempre apresentados no início de cada aula para motivar nos alunos uma percepção mais estruturada sobre o caráter *intra e interdisciplinar* do conhecimento científico, a articulação entre conceitos representativos de fenômenos biológicos, tanto em nível de membrana celular como de estruturas que compõem o corpo e o meio interno.

Os conceitos estruturantes que consideramos *chave*, necessários à construção do corpo de conhecimentos, estão apresentados na figura 2. Os assuntos contidos no mapa foram apresentados aos alunos antes mesmo de iniciarmos a disciplina propriamente dita, na hipótese de que o desenvolvimento dos conceitos-chave, devidamente articulados a uma idéia mais ampla de

organismo vivo funcional, motivaria os estudantes na ação de elaborar novas e mais adequadas representações sobre o organismo vivo, de representar a complexidade do corpo, no envolvimento de múltiplos fenômenos *transmembrana* e nos modos das múltiplas inter-relações que envolvem os vários níveis da estrutura morfofuncional do corpo.

Figura 1

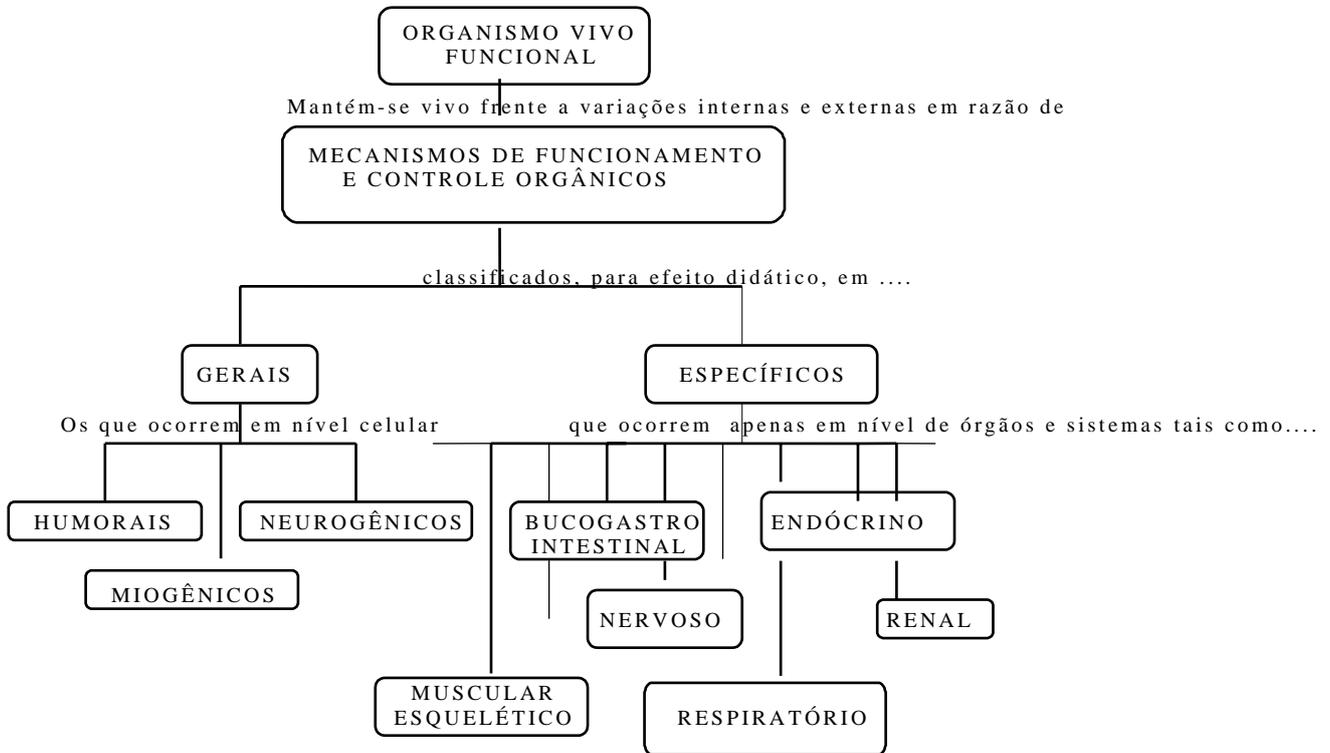


Figura 1. Nesta figura estão representadas duas estruturas de conceitos que, em seu conjunto, permitem compreender os mecanismos de funcionamento e controle orgânicos, a *homeostasia*/equilíbrio funcional do corpo, como algo que depende da compreensão de ‘mecanismos gerais’ e de ‘mecanismos específicos’ de funcionamento e controle orgânicos.

Para nós, a compreensão dessa complexidade exige estudá-la, levando em conta princípios científicos desenvolvidos no campo de estudo das Ciências Fisiológicas, mas com base em princípios didático-científicos desenvolvidos no campo de estudo da Didática das Ciências, ou seja, inserir-se num processo de reconstrução de idéias e de práticas de aprendizagem, visando compreender a sintaxe do conhecimento que o qualifica como científico.

Na sala de aula contemplamos um programa de ensino de assuntos envolvidos com os conceitos mostrados na figura 1 e o desenvolvemos com base num plano de ensino assentado em preceitos de ensino/aprendizagem *Ausubelianos*.

Ao desenvolvermos tal plano, valorizamos conceitos e representações de assuntos diversos, envolvidos na construção de conhecimentos sobre ‘organismo vivo’ e que consideramos necessários à (re)construção do conceito de maior nível de generalidade, o conceito de *homeostasia*¹ (figura 1).

¹ Em 1932, o fisiologista norte-americano Walter Bradford Cannon deu o nome de homeostasia (homeo = igual; stasis = ficar parado) para o equilíbrio do organismo, um conceito que diz respeito a propriedades morfofuncionais do sistema vivo, aos modos de funcionar que controlam as condições do meio interno diante de desajustes provocados por estímulos que são próprios do ambiente externo e interno.

Figura 2

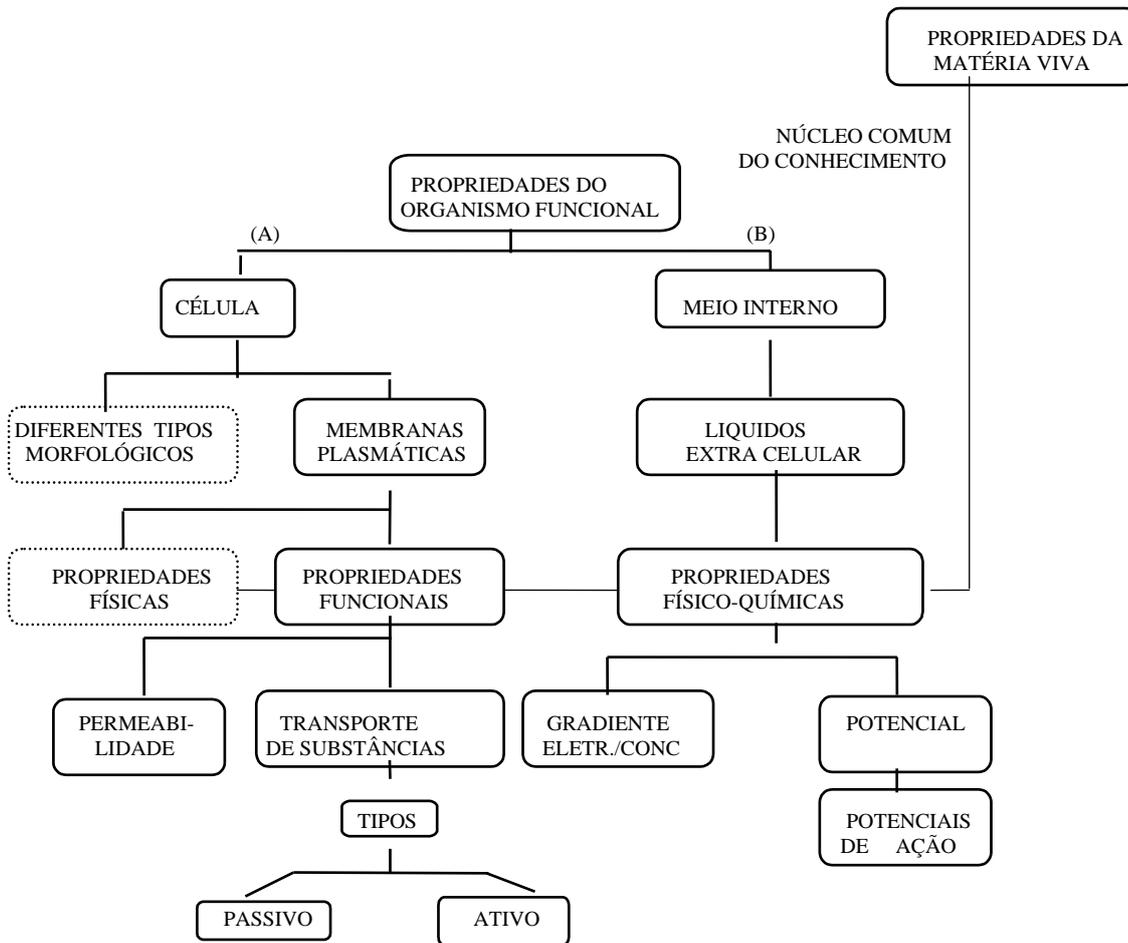


Figura 2. Nesta figura estão representados conceitos-chave considerados fundamentais à compreensão do corpo em seus aspectos *morfofisiológicos* (integração *partes x todo*). A letra (A) indica a estrutura conceitual referente a fenômenos transmembrana: ‘permeabilidade celular’ e ‘transporte de substâncias químicas’; a letra (B) indica a estrutura conceitual que envolve conceitos sobre fenômenos que ocorrem envolvendo o ‘meio interno’: ‘gradiente celular’, ‘gradiente eletroquímico’ e ‘potencial de ação celular’.

Na perspectiva de ensino *Ausubeliana*, o conceito de maior nível de generalidade *deve ser* denotativo da natureza multidimensional do conhecimento, neste caso específico, deve ser denotativo da dimensão *morfofuncional*, da *integração partes x todo*, o que dificilmente ocorre ao se ensinar as ciências em nível médio de escolaridade.

Ao colocarmos nosso plano de ensino em ação, expusemos nossas idéias na sala de aula, levando em conta princípios didático-científicos já referidos, o da *intra e interdisciplinaridade*, que possibilitam uma visão mais humana e social do conhecimento, a ciência como ciência escolar; apresentamos nosso conhecimento articulado ao conhecimento dos estudantes e atuamos no sentido de promover-lhes a diferenciação e a reconciliação integrativa entre conceitos de diferentes níveis de generalidade, motivar-lhes a superação de incoerências conceituais já previamente identificadas e a ampliação (reconstrução) de outros.

Como será mostrado a seguir, o conhecimento dos estudantes foi identificado no percurso da própria pesquisa, antes, durante e após o término da disciplina, tanto por meio de testes objetivos (pré e pós-testes) como de entrevistas individuais e de avaliação de questões dissertativas, o que nos permitiu readequar as ações de ensino, aprimorá-las no sentido de promover a aprendizagem significativa, a reconstrução ativa (consciente) do conhecimento pessoal.

Na seqüência da apresentação de conteúdos instrucionais, de acordo com nosso Plano de Ensino, procuramos motivar nos estudantes um novo entendimento sobre a fisiologia do corpo, sobre as suas formas de funcionamento e controle. O nosso intuito era o de levar os estudantes a compreenderem as especificidades do organismo, estudadas nas ciências biológicas (propriedades funcionais), reconhecendo, entretanto, que o conhecimento pessoal apresentava uma estrutura específica, várias dimensões e fases de (re)construção, e que os resultados das ações/reflexões pessoais representavam sempre um ponto de vista, um modo de interpretar a realidade estudada, dentre tantos outros.

Há estudos no campo da Fisiologia Humana que se baseiam nos mesmos princípios, na idéia de que as ocorrências orgânicas são modos de ver e de estudar/investigar o organismo (Vander; Sherman & Luciano, 1981), algo humano que se mantém em processo permanente de (re)construção, segundo uma dada lógica de organização e ampliação de conhecimentos.

No campo das ciências experimentais, os fenômenos naturais localizados em células e tecidos são estudados como fenômenos de mesma natureza e possibilitam abstrações sobre um modo de funcionamento em nível mais geral, sistêmico, garantindo uma visão de estrutura viva 'controlada' pelo próprio modo de entender a estrutura viva; que, sendo conceitual a natureza desses fenômenos, representa um modo de ver a própria natureza do corpo. O modo científico de ver o organismo vivo é atômico, como se o corpo fosse constituído de partículas em processo de interação e transformação constantes, sem, contudo, se perder/desaparecer (Lei das Massas), conforme demonstrou Lavoisier ao considerar a natureza reconstrutiva/dinâmica e matemática/quantificável das coisas do mundo físico.

Dentre os assuntos que nos propusemos ensinar aos estudantes, visando este tipo de entendimento, citamos os seguintes: 1. Mecanismos gerais: a) neurogênicos (mecanismos de recepção, transmissão e processamento de sinais/informações); b) miogênicos (mecanismos de contração muscular envolvendo os vários músculos: liso, esquelético e cardíaco); c) humorais: mecanismos de tamponamento de variações internas que ocorrem nos líquidos orgânicos. 2. Mecanismos específicos: a) mecanismos respiratórios; b) renais; c) cardiovasculares, entre outros.

Para nós, o ensino de assuntos como estes - e não os tradicionalmente apresentados em livros de cientistas conceituados, tais como Guyton, Berne, Levi, Russay, entre tantos outros - favorece a compreensão do conhecimento já produzido sobre a fisiologia do corpo, a de que os fenômenos podem ser vistos em sua dimensão geral, mas também específica, tanto como algo de ocorrência generalizada resultante de fenômenos comuns às unidades funcionais (as células, aos tecidos e órgãos/sistemas), como algo de ocorrência localizada, próprio de sistemas mais amplos, estruturados, mas cujas particularidades estruturais definem o seu modo especial de funcionar.

Nos livros tradicionalmente utilizados pelos estudantes, estes assuntos aparecem descritos isentos de um princípio de ensino/aprendizagem, o que dificulta a aprendizagem significativa dos seus leitores. Por outro lado, os professores universitários, não tendo geralmente formação em Didática das Ciências, limitam-se a reproduzi-los na sala de aula, o que induz o comportamento de memorização nos alunos sem a devida compreensão dos processos de aprendizagem e (re) construção de conhecimentos como estes.

Na nossa proposta metodológica de ensino, o objetivo não foi descrever apenas o conhecimento já produzido, e sim possibilitar aos nossos alunos a compreensão de que é possível 'ver' as diferentes partes do corpo de modo integrado, como algo complexo, explorando reflexões sobre as múltiplas articulações entre conceitos à luz de uma teoria de conhecimento.

Pensando assim, durante o ensino destes assuntos, enfatizamos, sempre que possível, as incongruências entre os conceitos *chave*, construídos espontaneamente pelos estudantes no dia a dia, e os científicos, construídos pelos cientistas; refletimos sobre formas gerais e específicas de funcionamento e controle do corpo (*homeostasia*), visando favorecer o entendimento de que a construção de significados num dado campo científico depende do uso do princípio da *intra* e *interdisciplinaridade*, do (re)conhecimento das várias dimensões de um mesmo conhecimento sobre uma dada realidade já estudada por vários autores na citologia, histologia, bioquímica, anatomia, fisiologia, etc.

Algumas das estratégias e recursos didáticos utilizados no ensino da disciplina Fisiologia Geral foram:

1. AULAS TEÓRICAS, apresentação dos assuntos por meio de aulas expositivas, teóricas, na forma de mapas conceituais, visando refletir as relações de sintaxe de assuntos que compõem um mesmo corpo de conhecimentos 1. Organização morfofuncional do organismo vivo; 2. Líquidos corporais e propriedades funcionais; 3. Potencial celular; 4. Mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos; 5. Mecanismos neurogênicos; 6. Mecanismos miogênicos; 7. Mecanismos humorais, de ação nos sistemas orgânicos envolvidos na *homeostasia*.

2. AULAS PRÁTICAS demonstrativas, visando compreender os modos práticos, experimentais, de se construírem conhecimentos científicos no campo da Fisiologia Humana, para não se perder de vista o princípio científico fundamental que rege esse mesmo tipo de conhecimento. Os assuntos abordados nesses momentos foram: 1. Observação de eritrócitos em momentos de variação do gradiente eletroquímico, entre o líquido intracelular e o extracelular; 2. Observação da sensibilidade humana: um subsídio na análise de mecanismos neurogênicos; 3. Demonstração de determinadas características morfofuncionais da musculatura esquelética, lisa e cardíaca, durante variações físico-químicas do líquido extracelular; 4. Demonstração de respostas orgânicas frente a determinadas variações do líquido extracelular, para análise de mecanismos de controle nervoso e humoral da respiração e da pressão arterial.

Numa de nossas aulas práticas, experimentais, tivemos o objetivo de refletir sobre a natureza experimental das ciências fisiológicas, para que os estudantes percebessem a sua importância na construção de uma nova representação sobre os fenômenos biológicos, que desejamos mostrar mais calcada em preceitos físico-químicos. Para tanto, colocamos um segmento de intestino delgado de rato albino (Wistar) numa cuba de órgão isolado, mergulhado em soro fisiológico com temperatura e concentração química controladas. A seguir, passamos a manipular as condições do meio (calor, concentração de oxigênio, cálcio, sódio, potássio, etc) para que os estudantes pudessem observar, a olho nu, os efeitos destas nossas ações no comportamento do órgão isolado, e, ao mesmo tempo, abstrair os modos de transporte de substâncias através das membranas. Ou seja, simulamos uma situação experimental com o objetivo de refletir com os estudantes a aplicação de determinados preceitos fisiológicos, de criar um ambiente representativo dos modos como se constroem conhecimentos nas ciências experimentais.

Ao expormos nossos pontos de vista na sala de aula sobre os pressupostos científicos que justificam esse tipo de experimento, como surgiram na história das ciências experimentais (Física, Química e Biologia), acreditávamos na possibilidade de os estudantes compreenderem a natureza humana e conceitual do conhecimento científico, tanto do ponto de vista da Biologia, tal como

valoriza Waddington (1977), como do ponto de vista das ciências humanas, tal como valorizam Cachapuz et al (2002), Praia et al (2007). A nossa intenção foi, portanto, a de levar os alunos a compreenderem melhor a ‘fisiologia humana’ como um tipo de conhecimento em (re)construção, cuja inovação depende de aprendizagens em situações de reflexão e da realização de estudos experimentais, de exercício de manipulação da própria prática da constatação.

Para nós, tal prática é importante para a superação de contradições conceituais que impedem um modo mais científico de representar o conhecimento no campo da Biologia, uma vez que a sua natureza conceitual depende também da vivência de situações práticas, experimentais e com o uso de tecnologias específicas. Ou seja, nós acreditamos na idéia de que a visão dos estudantes sobre o corpo humano permanece equivocada e inalterada quando não têm oportunidade para reconstruí-las segundo uma teoria de conhecimento. Não sendo capazes de refletir sobre a questão de pressupostos teóricos e metodológicos e de conceitos *chave, estruturantes do pensamento científico escolar*, os estudantes não desenvolvem uma visão mais científica do conhecimento já construído, o que lhes dificulta avançar no próprio conhecimento.

Acreditamos que uma aprendizagem mais adequada sobre os fenômenos biológicos poderá contribuir futuramente para o desaparecimento de conceitos equivocados em livros didáticos e apostilas elaboradas pelos cursos preparatórios para o vestibular (Villani, 1992), para nós, decorrentes de modelos de ensino isentos de uma visão de conhecimento, de como se constroem conhecimentos estruturados segundo a lógica das ciências, e para uma visão de formação científica comum a todos os níveis de ensino, de como um processo formativo se torna o fio condutor de uma visão mais adequada de ciência.

3. ORIENTAÇÕES DE ESTUDO para cada unidade de conteúdo de ensino, visando motivar a prática da reflexão constante sobre os assuntos estudados na sala de aula. Antes mesmos de iniciarmos nossas aulas teóricas, expositivas, comentávamos com os estudantes as suas dificuldades para responder algumas questões, como: 01. Descreva a topografia dos diversos tipos de musculatura (lisa, esquelética e cardíaca); 02. Explique, resumidamente, o mecanismo de contração muscular, comum a todos os tipos de musculatura; 03. Quais são as condições básicas necessárias para o desencadeamento das contrações musculares.

4. SUGESTÕES DE LEITURA de livros texto, com o objetivo de favorecer o melhor entendimento dos assuntos estudados e a contribuição de diversos autores para o desenvolvimento dos assuntos. Elaboramos, para tanto, um rol de referências bibliográficas (de citações de livros e de capítulos de livros) - um documento que denominamos “Sugestões de textos para leituras básicas e complementares ao estudo dos conteúdos programáticos da disciplina Fisiologia Geral”.

Alguns dos autores das obras citadas nesse documento são:

- BEST & TAYLOR’S. , autores do livro *As Bases Fisiológicas da Prática Médica* (ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan).
- GUYTON, A. C. autor do livro *Tratado de Fisiologia Médica*. (ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan).
- SELKURT, E. E. autor do livro *Fisiologia*. (ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan)
- VANDER, A. J., ; SHERMAN, J. H.; LUCIANO, D. S. Autores do livro *Fisiologia Humana* (ed., São Paulo, Mac Graw-Hill do Brasil)
- VIEIRA, E. C.; GAZZINELLI, G.; GUIA, M. M. autores do livro *Química Fisiológica*. (ed. Rio de Janeiro, Livraria Ateneu).
- WADDINGTON, C. H. autor do livro *Instrumental para o pensamento*. (ed. São Paulo, Ed. USP, Belo Horizonte, Ed. Itatiaia Ltda).

5. EXERCÍCIOS DE AVALIAÇÃO FORMATIVA, com o objetivo de favorecer uma consciência mais crítica sobre a aprendizagem pessoal. Durante todas as aulas expositivas procurávamos motivar nos estudantes a capacidade de questionar o seu próprio entendimento sobre o assunto exposto oralmente na sala de aula, ou em aulas práticas e exercícios de estudo realizados fora da sala de aula. Assim, conforme será mostrado a seguir, avaliamos sistematicamente a aprendizagem dos estudantes com o uso de vários instrumentos. Valorizamos o entendimento dos estudantes a respeito do organismo vivo durante todo o nosso percurso e ensino, e, antes mesmo de encerrarmos a disciplina, solicitamos que elaborassem um texto representativo do entendimento da *homeostasia*, o objetivo de estudo da disciplina Fisiologia Geral, sob o título “O corpo humano: uma interação perfeita”. Um desses textos foi publicado no jornal da cidade. O seu autor é atualmente professor-assistente em nosso departamento de ensino.

Algumas das questões que inserimos nas avaliações formais da disciplina foram:

01. Descreva as principais características de um sistema aberto em equilíbrio dinâmico.
02. Explique o que são mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle de um sistema em equilíbrio dinâmico.
03. Explique o porquê de se acreditar que o organismo humano é capaz de manter a *homeostasia* em diferentes estados funcionais.
04. Explique porquê a permeabilidade celular pode ser alterada para uma mesma substância molecular ou íon (considere a variação ocorrendo em um só tipo de célula).
05. Cite e explique alguns dos fatores que contribuem com a manutenção do gradiente eletroquímico entre LEC e LIC (líquidos orgânicos *intra* e *extracelulares*).
06. Explique o aparecimento do “Potencial celular”.
07. Explique como a diferença de potencial celular pode ser alterada.
08. Descreva o fenômeno potencial de ação e explique as várias etapas de sua ocorrência (despolarização e repolarização).
09. Explique as diferenças entre os valores de potencial de repouso celular encontrados nos diferentes tipos celulares (musculatura lisa, esquelética, cardíaca e nervos).
10. Por que as formas de funcionamento dos diversos tipos de musculatura podem ser consideradas mecanismos de coordenação funcional?

Fase 3. Avaliação dos resultados de aprendizagem dos estudantes em dois momentos distintos na pesquisa, antes e após o desenvolvimento da disciplina.

A análise dos resultados da avaliação das aprendizagens que realizamos com o uso de questões dissertativas durante o nosso percurso na disciplina teve o objetivo de nortear nossas ações de ensino. Tais resultados foram também confrontados com os demais obtidos através de entrevistas individuais e de testes objetivos, tendo em vista a elaboração de conclusões convergentes.

Apresentaremos, a seguir, os resultados que obtivemos após finalizarmos a disciplina Fisiologia quando aplicamos um teste objetivo nos alunos (pós-teste), o mesmo que havíamos aplicado antes de iniciarmos a disciplina.

As questões (representadas respectivamente pelas letras A, B e C no histograma da figura 3) que elaboramos para os dois testes objetivos (pré e pós-testes) versaram sobre os mesmos assuntos: *célula* (A), *meio interno* (B) e *mecanismos de funcionamento e controle orgânicos* (C), que, como já visto, envolvem idéias-chave, que estruturam a construção de uma nova idéia sobre o organismo vivo funcional, um ponto de vista mais científico.

A porcentagem de acerto em questões referentes a esses assuntos nos indicou o nível de domínio conceitual dos estudantes no período que antecedeu e no que sucedeu o término da

disciplina Fisiologia. A diferença de domínio conceitual nos dois momentos da disciplina indicou a efetividade da perspectiva metodológica de ensino que utilizamos na disciplina Fisiologia Geral.

Utilizamos tanto o teste “H”, de Kruskal-Wallis, como o teste ANOVA, com a finalidade de investigar as diferenças estatísticas (nível de significância = 0.05) entre as porcentagens médias de acerto, por estudante, em cada Bloco de questões, antes e após desenvolvermos a perspectiva de ensino na disciplina que aqui descrevemos. O teste “H”, de Kruskal-Wallis, foi escolhido e aplicado para se analisarem diferenças estatísticas entre os resultados de domínio conceitual obtidos nos três Blocos de questões, no pré-teste, uma vez que constatamos diferença significativa entre as variâncias internas das respectivas porcentagens médias de acerto. O teste ANOVA foi utilizado para analisar estatisticamente as diferenças entre os resultados de domínio conceitual obtidos nos três Blocos de questões após o desenvolvimento da nossa proposta metodológica de ensino, por não termos constatado diferença significativa entre as variâncias internas das médias de acerto em questões dos respectivos Blocos.

No sentido de cruzarmos dados levantados com diferentes instrumentos de pesquisa, avaliamos também o conhecimento dos estudantes através de entrevistas individuais. Para tanto, escolhemos 12 estudantes, por meio de sorteio, dentre os 28 matriculados na disciplina e que haviam respondido às questões dos testes objetivos.

Da mesma forma como procedemos ao aplicarmos os testes objetivos, realizamos entrevistas individuais após o término da disciplina e comparamos os resultados obtidos com os anteriores. O uso desses recursos e investigação nos permitiu mapear a estrutura conceitual dos estudantes nos dois momentos e verificar as suas diferenças. Analisamos as respostas dos estudantes às nossas entrevistas, utilizando como referência o mapa conceitual mostrado na figura 2.

O nível de argüição durante as entrevistas foi determinado pelo próprio estudante. Assim, quando o mesmo alegava desconhecer o assunto tratado, passávamos a argüí-lo sobre o assunto seguinte, de acordo com a estrutura geral do roteiro de perguntas. Ao demonstrarem domínio num dado assunto, capacidade para justificar as suas idéias segundo um determinado princípio, solicitávamos que explicassem as possíveis relações com outras idéias, de acordo com a estrutura conceitual do corpo de conhecimento (Figura 1), ou seja, considerando sempre o conceito inicial já demonstrado pelo estudante e os objetivos da nossa pesquisa: compreender o conhecimento dos estudantes, a sua sintaxe.

As respostas às nossas perguntas foram gravadas e transcritas para protocolos escritos; a análise de conteúdo feita permitiu a representação dos resultados, por estudante entrevistado, e a representação de uma estrutura de conceitos comum à maioria deles (figuras 3 e 4).

Os mapas mostrados nas figuras 3 e 4 são representativos do conhecimento da maioria dos estudantes entrevistados nos dois momentos da pesquisa, respectivamente antes e após a realização da disciplina, e mostram as principais categorias conceituais no que se refere à ‘célula’, ‘meio interno’ e ‘organismo vivo’, do ponto de vista funcional.

Os resultados da análise apontam para a efetividade da perspectiva de ensino que desenvolvemos na disciplina Fisiologia com estudantes da Fonoaudiologia, para a importância do uso de conhecimentos sobre a Didática escolar em nível superior de escolaridade. Mostram que os estudantes passam a reconhecer as influências de aprendizagens anteriores no processo da aprendizagem, de que forma influenciam as aprendizagens posteriores. Reconheceram que os equívocos conceituais impedem conceber a *homeostasia* como algo complexo e de natureza físico-química, transformar idéias equivocadas sobre fenômenos biológicos e ampliar os níveis de generalidade, conforme ocorreu (figuras 3, 4 e 5). Na figura 3 estão mostrados os dados que

levantamos através dos testes objetivos, pré-teste e pós-testes, e, nas figuras 4 e 5, os dados levantados através de entrevistas individuais com roteiro específico de perguntas.

A análise dos dados através de testes objetivos mostra ainda que houve aumento no nível de generalidade dos conceitos ensinados e investigados neste estudo.

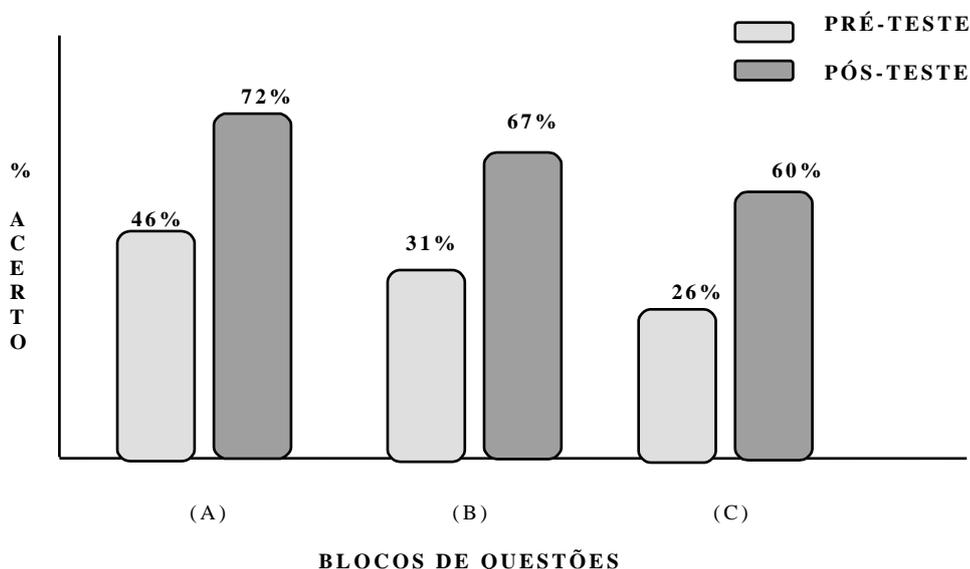


Figura 3 - Histograma das porcentagens médias de acerto em questões dos testes objetivos aplicados respectivamente *antes* e *após* o desenvolvimento do plano de ensino na disciplina Fisiologia Geral.

De modo resumido, podemos afirmar que o resultado da análise estatística dos dados obtidos através de testes objetivos revela o seguinte:

1. As porcentagens médias de acerto em questões de múltipla escolha, respondidas antes das ações de ensino, para cada bloco de questões (A), (B) e (C), se mostram estatisticamente diferentes, resultado que sugere falta de um consenso entre os estudantes, de homogeneidade interna.

2 - Ao compararmos os dados resultantes das duas mensurações temporalmente distintas da mesma amostra, os resultados do pré com os do pós-testes, verifica-se que em cada Bloco de questões, as respondidas em cada momento, há uma diferença significativa entre as porcentagens médias de acerto, que para cada bloco de questões se mostram significativamente maiores no pós-teste (após o término da disciplina).

Da mesma forma, a análise dos resultados das entrevistas individuais, realizadas em momentos que antecederam e sucederam o desenvolvimento das nossas ações de ensino na disciplina Fisiologia, indica mudanças na sintaxe do conhecimento dos estudantes (vide as figuras 4 e 5 mostradas a seguir); os conceitos anteriormente ausentes ou equivocados se mostram presentes e/ou de modo mais adequado ao uso de princípios científicos para explicar fenômenos estudados pelas ciências.

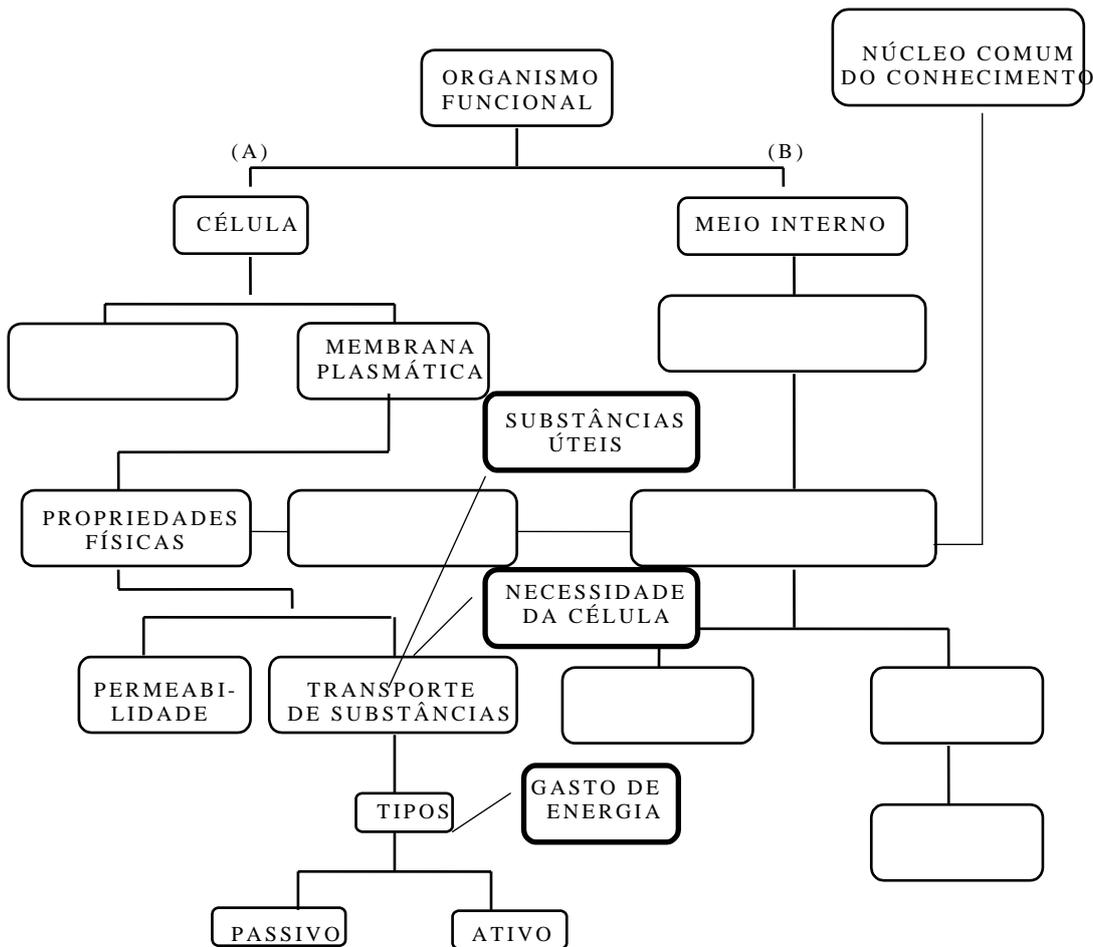


Figura 4. Mapa conceitual representativo da estrutura conceitual dos estudantes *antes* do início da disciplina. Os boxes vazios são indicativos da ausência de conceitos, e os *boxes* representados por polígonos diferentes e unidos aos demais através de linhas tracejadas são indicativos de conceitos e relações espontâneas e errôneas, utilizados pela maioria dos estudantes entrevistados, decorrentes de explicações dos conceitos investigados.

Conforme será apresentado, muitos dos conceitos anteriormente ausentes se revelaram construídos pelos estudantes, conforme verificamos após o término da disciplina.

A análise comparativa dos mapas conceituais 4 e 5, bem como a dos resultados obtidos em testes objetivos, nos levou a concluir que houve mudança significativa nas concepções dos estudantes; que aqueles que apresentavam uma estrutura conceitual incompleta ou inadequada de acordo com a lógica científica, após vivenciarem conosco a disciplina, (re)construíram alguns dos conceitos, mudaram o nível de causalidade em explicações referentes a conceitos considerados *chave*, fundamentais à construção do conceito de maior nível de generalidade: *homeostasia*.

De modo simplificado, podemos afirmar que a análise dos dados levantados sobre o conhecimento dos estudantes revelou que o domínio conceitual, a respeito dos assuntos ‘célula’, ‘meio interno’ e ‘mecanismos de funcionamento e controle orgânicos’ mudou, de 46%, 31% e 26%, para 72%, 67% e 60%, respectivamente, sendo que o maior aumento no nível de domínio conceitual se refere a conceitos e a relações conceituais que se apresentaram praticamente ausentes em suas estruturas conceituais (a análise estatística dos resultados obtidos através de testes, pré e pós-testes, indica um aumento significativo, tanto no nível de domínio de conceitos e relações pertinentes às duas estruturas conceituais investigadas na pesquisa, indicadas pelas letras (A) e (B) no corpo de conhecimentos selecionados para análise, como no nível de domínio de significados de maior nível de generalidade sobre funcionamento e controle orgânicos (C)).

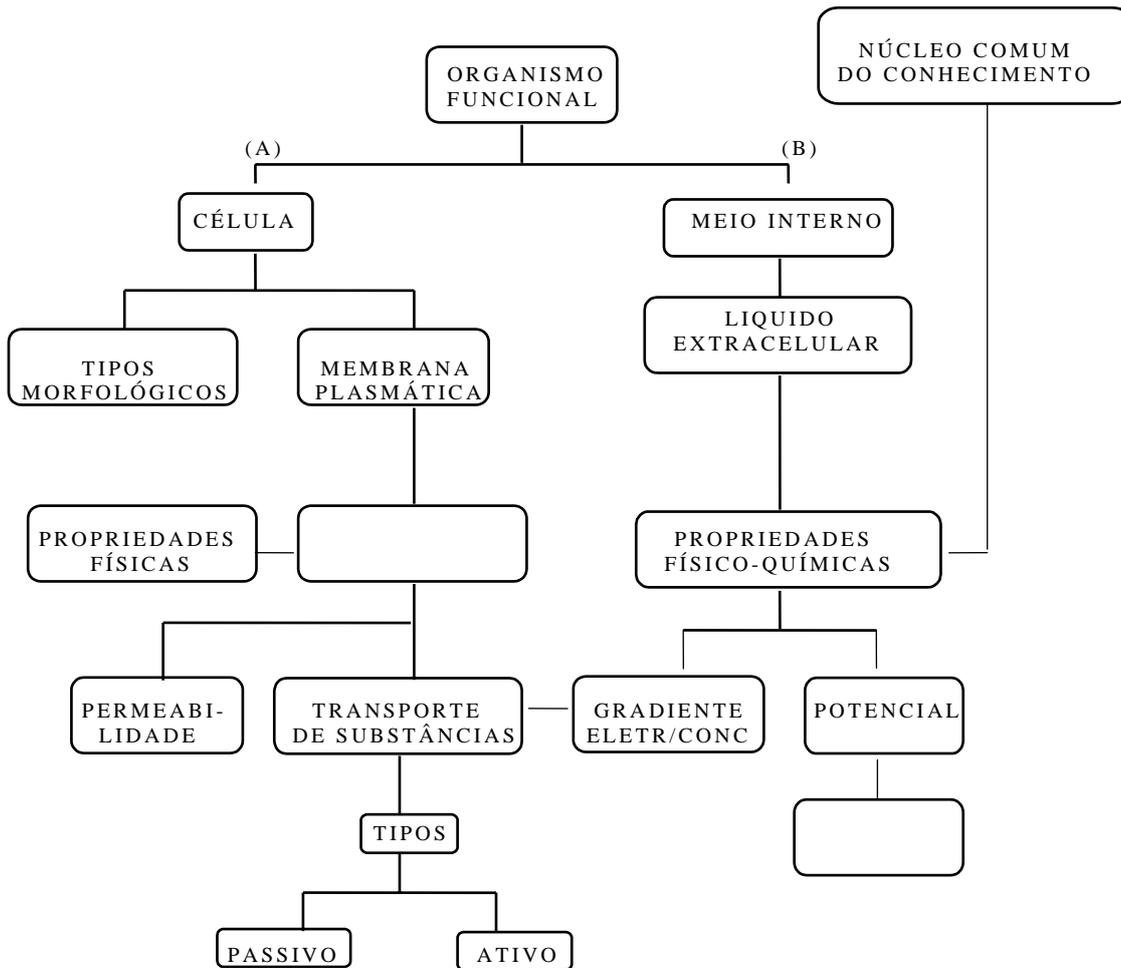


Figura 5. Mapa conceitual representativo da estrutura conceitual comum aos estudantes *após* o término da disciplina.

Os significados de maior nível de generalidade foram avaliados através da análise de resultados obtidos nos pré e no pós-testes, em questões tais como as do Bloco (C), e estão representados no corpo de conhecimentos selecionado para análise na pesquisa das palavras *organismo vivo* (Fisiologia). No ensino dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral, essas questões foram denominadas *mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos*.

Os resultados da análise estatística das diferenças entre as porcentagens médias de acerto, por estudante, nas questões de múltipla escolha dos Blocos (A), (B) e (C), antes e após o desenvolvimento da proposta metodológica de ensino, confirmaram a nossa hipótese sobre a influência positiva da perspectiva de ensino com base na matriz *Ausubelina* que desenvolvemos na reconstrução de conceitos e idéias dos estudantes.

O uso de dois instrumentos de avaliação revela alterações semelhantes nas características cognitivas, na disciplina Fisiologia Geral. Por outro lado, o nível de domínio conceitual a respeito de célula mostra-se significativamente maior do que o nível de domínio dos conceitos de ‘meio interno’ e sobre o ‘funcionamento de controle orgânico’ antes de iniciarmos a disciplina. Após o término da disciplina, há aumento significativo em todos os níveis de conceitos investigados, já que os níveis de domínio conceitual mostram-se semelhantes e estatisticamente iguais, sem diferença significativa.

Parece, portanto, que a articulação entre conceitos mais específicos (por exemplo, 'célula' e 'meio interno'), com conceitos de níveis de generalidade mais altos, sobre mecanismos de funcionamento e controle orgânicos, promoveu a reestruturação desejada em relação aos conceitos sobre 'célula' e 'meio interno'. A manipulação deliberada dos aspectos organizacionais do conteúdo instrucional da disciplina, com a finalidade de proporcionar a interação do conhecimento prévio dos estudantes e o conteúdo novo, o que desejávamos que eles aprendessem, facilitou-lhes de fato o entendimento sobre conceitos *chave* e o fenômeno *homeostasia*, já que os estudantes tiveram seus níveis de domínio conceitual aumentados, principalmente daqueles conceitos e relações que se apresentaram anteriormente com níveis de domínio mais baixos.

Também os resultados da análise comparativa da sintaxe do conhecimento através de entrevistas individuais, obtidos antes e após o desenvolvimento do nosso modelo de ensino da disciplina Fisiologia, indicaram uma mudança significativa. Em suma, os estudantes mudaram os modos de explicar e representar os fenômenos biológicos investigados na pesquisa.

Fase 4. Implicações pedagógicas do estudo e Inovação. Conclusões.

Os resultados da análise dos dados levantados neste estudo apontam para o que coloca Natadze (1957) sobre a influência dos aspectos visuais externos dos objetos de estudo nos modos de conceituá-lo e representá-lo, e para a importância de um modelo de ensino numa perspectiva teórico-metodológica que motive novos vínculos entre os materiais instrucionais e o conhecimento dos estudantes (Krasilchik, 1987). Mostram que os estudantes superaram os conceitos prévios equivocados ao compreenderem a sua participação no processo de aprendizagem escolar, sobretudo ao passarem a representar as suas idéias sobre organismo vivo, levando em conta princípios científicos.

Tais resultados indicam a importância de perspectivas de ensino mais humanistas, assentadas em princípios de aprendizagem organizativa do pensamento lógico científico (Ausubel, 1963 e adeptos); mostram a importância de se manipular, de modo deliberado (segundo princípios didático-científicos), os conteúdos de ensino, com fins instrucionais, organizacionais; indicam que, ao se utilizar princípios didático-científicos, é possível contribuir para a superação da fragmentação do conhecimento que hoje impede a aprendizagem significativa, substantiva, uma visão mais humana e escolar das ciências (Novak, 1981); apontam para importância de estudos voltados para a superação da fragmentação do conhecimento resultante dos modos tradicionais de se conceber, desenvolver e ensinar as ciências na escola e que dificultam o reconhecimento da natureza humana e *transdisciplinar* do conhecimento, conforme já colocara Piaget (1988, p.26) ao sugerir como solução para esta questão uma estreita união entre ensino e pesquisa.

De acordo com Piaget (1971), a iniciação dos estudantes na pesquisa, especialmente quando se pretende encontrar solução para problemas novos e ainda não resolvidos, possibilitará melhor compreensão da ciência já estabelecida. A realização de pesquisas de grupo dirigidas não apenas por um único professor, mas por representantes de especialidades complementares e que atuem em cooperação permanente, também é um caminho para se alcançarem objetivos educacionais.

O que já propôs Piaget (1971), e ainda hoje propõem Praia et al (2007), pode não estar tão longe de ser alcançado na universidade se levarmos em conta resultados de estudos como este que ora apresentamos, entre tantos outros já realizados e que mostram a importância da formação científica à luz de preceitos desenvolvidos no campo da Didática das Ciências.

A vivência de uma nova política de formação profissional, inicial e continuada, em serviço, na própria universidade, à luz desses preceitos, poderá ser um caminho para o reconhecimento de que, sendo humana a natureza do conhecimento científico, valerá a pena organizar o sistema de

ensino com base em epistemologias, pressupostos cognitivistas e sócio-construtivistas, desenvolver recursos didáticos voltados para o desenvolvimento desse tipo de reconhecimento por parte dos alunos.

Para nós, a *desfragmentação* do conhecimento que hoje impede uma visão mais humana e social do próprio conhecimento poderá ser alcançada com ações de ensino e com formação científica dos professores, nesta nova perspectiva.

Os resultados aqui apresentados apontam para a necessidade de atuarmos através de metodologias de ensino em que os assuntos específicos possam evoluir segundo uma nova filosofia de ciência/conhecimento, evitando-se equívocos, tais como o que apontamos neste estudo, decorrentes de ações meramente técnicas no âmbito profissional, conforme também adverte a Nova LDB. Enfim, parece claro que, para se alcançarem objetivos de ensino mais formativos, será preciso investir na formação do professor universitário, formá-lo para atuar em novas perspectivas de ensino - modos pelos quais se alcançará uma compreensão mais aprofundada a respeito dos fatores que influenciam a gênese e a sintaxe do conhecimento científico.

Nossos procedimentos de análise e aplicação de conhecimentos no ambiente escolar, à luz de referenciais produzidos por nós e por outros estudiosos, contribuem para uma visão mais estruturada do que venha a ser uma nova e mais adequada perspectiva de ensino da Fisiologia Humana, já que, neste caso em particular, os nossos estudos têm nos possibilitado propor reestruturações em tempo real e de modo fundamentado, as das nossas ações de ensino na universidade. Exemplo disso foi a substituição das disciplinas Fisiologia Geral, Neurofisiologia e Biofísica, as quais totalizavam uma carga horária de 150 horas-aula e pelas quais éramos responsáveis por uma única disciplina de 90 horas-aulas denominada 'Fisiologia Aplicada a Fonoaudiologia'. E ainda, o oferecimento de uma disciplina nova denominada "Comportamento de estudo", visando contribuir para que as ações de aprendizagem dos estudantes do curso sejam mais efetivas para a construção do próprio conhecimento e do curso.

Estas propostas, prontamente aprovadas pelo Departamento de Fonoaudiologia, só foram possíveis após compreendermos os resultados de estudos como este que aqui apresentamos, desenvolvidos no campo da Didática das Ciências, e as implicações da pesquisa em ensino, na universidade, que envolvem assuntos específicos tradicionalmente ensinados de modo fragmentário e por mera transmissão oral na sala de aula.

Finalmente, vale lembrar que os resultados destas ações de pesquisa nos permitiram compreender melhor a influência do nosso modo de ensinar o tema *homeostasia* na aprendizagem e construção do conhecimento dos alunos, ou seja, refletir criticamente sobre nosso modo de atuar e, por via disso, promover nosso próprio desenvolvimento profissional.

Referências

- AULT JR., C. R. (1985). Concept mapping as a study strategy in earth science education. *Journal of College Science Teaching*, v.1, n.15, p.38-44.
- AUSUBEL, D. P. (1962). A transfer of training approach to improving the functional retention of medical knowledge. *Journal of Medical Education*, n.23, p.647-55.
- _____. *The psychology of meaningful verbal learning* (1963). New York: Grune & Stratton.
- _____. *Education psychology: a cognitive view* (1968). New York: Holt Rinehart and Winton.
- _____, NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana,.

- BANET, E. E. & NUNES, F. (1989). Ideas de los alumnos sobre la digestion: aspectos fisiológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.1, n.7, p.34-5.
- BUCHWEITZ, B. Aprendizagem significativa: idéias de estudantes concluintes de curso superior. http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2/v6_n2_a2.htm
- CACHAPUZ, A; PRAIA, J & JORGE, M. (2000). Reflexão em torno de perspectiva do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação curricular – ensino por pesquisa. *Revista Educação*, v. 9, n.1, 69-79.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. & JORGE, M. (2002) *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Ministério da Educação / Instituto de Inovação Educacional. Lisboa. (Coleção Temas de Investigação 26).
- CARVALHO, A. M, P DE. (2002) A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinamentos. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v.28, n.2, p. 57-67.
- CHIAROTTINO, Z. R. *Psicologia e epistemologia genética de Jean Piaget*. (1988) São Paulo: EPU.
- COLL, C. (1987). As contribuições da psicologia para a educação: teoria genética e aprendizagem escolar. In: *PIAGET e a escola de genebra*. São Paulo: Cortez, p.164-97.
- EULATES, P. HENRIQUE, L, L & AMAYA, A (1999) Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primária. *Enseñanza de las Ciências*. Investigación em didáctica, 17 (2), 165-178.
- FRANCO, M. A. S. (2005) The pedagogy of action research. *Educ. Pesqui.* [online], vol. 31, n. 3 [cited 2008-04-02], pp. 483-502. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-9702 - ISSN 1517-9702.
- GORARD, G. (2004). *Combining methods in educational and social research*. Berkshire: Open University Press.
- KRASILCHIK, M. (1987) *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU.
- LEVIN, J. (1987) *Estatística aplicada as Ciências Humanas*. São Paulo: Arbra.
- MANSINI, E. A. S. (1976) *Sistematização e aplicação de recursos facilitadores de aprendizagem significativa, propostos por Ausubel, numa situação de sala de aula*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica.
- MÍGUEZ, M. & CÁCERES, S. (2001). The teacher as researcher in the lecture room: an experience of active learning. *J. of Science Education*, v.2, n. 2, 96-99.
- MOREIRA, M. A. (1980) Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, v.4, n.32.
- _____ ; SOUSA, GOMES, C. M. DE & SILVEIRA, F. L. (1982). Organizadores prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, v. 40, p. 41-53.
- MOREIRA, M. A. (1984) O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. *Educação e Seleção*, v. 10, p. 3-16.
- _____. (1985) Concept mapping: an alternative strategy for evaluation. *Assessment And Evaluation In Higher Education*, Bath, v. 10, n. 2, p. 159-168.
- _____. (1985) Metodologia da pesquisa e metodologia do ensino: uma aplicação prática. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 37, n. 10, p. 1588-1594.
- _____ & BUCHWEITZ, B. (1987) *Mapas conceituais: instrumentos de avaliação e de currículo*. São Paulo: Editora Moraes Ltda.

- _____, AXT, R. (1986). Referenciais para análise e planejamento de currículo em ensino em ciências. *Ciência e Cultura*, v.3, n.39, p.250-8.
- NATADZE, R. G. (1991). Aprendizagem dos conceitos científicos na escola. In: LURIA, A., LEONTIEV, A., VYGOTSKY, L. S. et al. (1991) *Psicologia e Pedagogia II*. Lisboa: Editorial Estampa. p. 27-34.
- NOVAK, J. D. (1981) *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira.
- OKEKUKA, P. A. & JEGEDE, O. J. (1988). Cognitive preference and learning mode as determinants of meaningful learning through concept mapping. *Science Education*, v.4, n.72, p.489-500.
- PRAIA, J.; GIL-PEREZ & VICHES, A. (2007) O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v.13, n.2, p.141-156.
- PIAGET, J. (1971) *Psicologia y epistemologia*. Barcelona: Ariel.
- RONCA, A. C. C. (1976). *A influência de organizadores prévios na aprendizagem significativa de textos de ensino*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica.
- RUIZ-MORENO, L.; SONZOGNO, M. C; BATISTA, S. & BATISTA, N.A. (2007) Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. *Revista Educação & Ciências*, n.3, v.3.
- SCHWAB, J. J.(1973) Problemas, tópicos y puntos en discusion. In: ELAM, S. *La educacion y la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: El Ateneo.
- STENHOUSE, L. (1984) *Investigación y Desarrollo del Curriculum*. Madrid: Morata.
- STEWART, K., KIRK, J. V. & ROWELL, R. (1979) Concepts maps: a toll for use en biology teaching. *The American biology teacher*, v.3, n.3.
- VANDER, A. J., SHERMAN, J. H. & LUCIANO, D. S. (1981) *Fisiologia Humana*. São Paulo: Mac Graw-Hill do Brasil.
- VILLANI, V.G. (1992) *A evolução conceitual de alunos submetidos a uma proposta metodológica de ensino, na área das ciências Biológicas*. Marília, SP, Brasil, 318p. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Brasileira) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Unesp, Campus de Marília,SP.
- VILLANI, V.G. (1998) *Ciências para ensinar ciências*. Tese (Doutorado em Educação brasileira)- Faculdade de Filosofia e Ciências, Unesp, campus de Marília, SP.
- VYGOTSKY, L. S. (1991) *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- _____. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.
- WACHOWICZ, L. A. (1989) *O método dialético na didática*. Campinas: Papirus.
- WADDINGTON, C. H. (1979) *O homem e a ciência: instrumental para o pensamento*. São Paulo: EDUSP.
- ZUBER- SKERITT, O. (1992) *Action Research in Higher Education*, London: Kogan Page.

Recebido em: 16.05.08

Aceito em: 08.10.0