

A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SUBSIDIANDO O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA FOTOSÍNTESE E DA RESPIRAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

THE MEANINGFUL LEARNING THEORY SUPPORTING THE TEACHING AND LEARNING OF PHOTOSYNTHESIS AND RESPIRATION IN HIGH SCHOOL

Simone Corrêa dos Santos Medeiros¹
Maria de Fátima Barrozo da Costa²
Evelyse dos Santos Lemos³

1 SEE/RJ/Colégio Estadual Gomes Freire de Andrade, medeiros@ioc.fiocruz.br

2 ENSP/ Fiocruz, mafa@ensp.fiocruz.br

3 IOC/ Fiocruz/Laboratório de Educação em Ambiente e Saúde, evelyse@ioc.fiocruz.br

No exercício da docência temos vivenciado dificuldades no processo do ensino e da aprendizagem de alguns temas da Biologia, especificamente quando envolvem conceitos mais abstratos, como fotossíntese e respiração. Esse fato, somado ao contato com a produção científica sobre o ensino de Biociências, motivou a realização de uma investigação, do tipo intervenção, na qual desenvolvemos e analisamos, subsidiados pela Teoria da Aprendizagem Significativa, o ensino e a aprendizagem desses fenômenos. Ela envolveu 14 aulas, ministradas entre setembro e dezembro de 2005, e 67 alunos de duas turmas da primeira série do ensino médio de uma escola pública no Rio de Janeiro. Para a avaliação do processo utilizamos informações obtidas mediante as atividades realizadas pelos alunos na disciplina e notas de campo da professora. Os resultados indicam gradativa evolução dos conhecimentos dos alunos, inicialmente soltos, fragmentados e também equivocados, evidenciando importante melhoria na compreensão sobre o metabolismo energético dos seres vivos.

Palavras-Chave: ensino de biologia, fotossíntese, respiração, aprendizagem significativa

In the exercise of teaching we have experienced serious difficulties in teaching and learning process of some subjects of Biology, specifically involving abstracter concepts, such as photosynthesis and respiration. This fact, added to the contact with the scientific production on the Biology teaching, motivated the accomplishment of a research, an intervention, in which we develop and analyse, based on the Meaningful Learning Theory, the teaching of those phenomena. It involved 14 Biology classes, given from September to December of 2005, and included 67 students of first grade of the secondary education of a public school in Rio de Janeiro. The results for the evaluations were obtained by writing records, drawings and concept maps. The results indicate gradual evolution of the knowledge of the pupils, which were initially untied, fragmented and also alterative conceptions, evidencing important improvement in the comprehension of the energy metabolism of the living beings.

Keywords: Biology's Teaching, Photosynthesis, Respiration, Meaningful Learning

INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta uma proposta de intervenção planejada, desenvolvida e avaliada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), sobre o ensino do metabolismo energético, particularmente os temas fotossíntese e respiração, no ensino médio. Trata-se de uma pesquisa qualitativa do tipo intervenção, realizada em uma escola pública do estado do Rio de Janeiro, localizada no bairro da Penha, tendo como sujeitos 67 alunos de duas turmas da primeira série do ensino médio.

Nosso problema de investigação vem se delineando no decorrer de dez anos de docência a partir da nossa inquietação com a qualidade da aprendizagem dos alunos. No nosso cotidiano, ou eles decidem não aprender ou, quando escolhem aprender, costumam optar pela memorização ou, como também é comum ocorrer, aprendem, inclusive de forma significativa, significados equivocados quando consideramos a perspectiva do que é atualmente válido no campo da disciplina Biologia. Os temas fotossíntese e respiração, que fazem parte do conteúdo programático desta disciplina na primeira série do ensino médio (Brasil, 2000), são centrais para a aprendizagem dos fenômenos biológicos, pois têm relação com diversos outros fenômenos como ecologia, evolução, fisiologia e, além disso, com outras áreas de conhecimento como a Física e a Química. Desse modo, a aprendizagem significativa desses conceitos é essencial para uma compreensão mais global da dinâmica ambiental e social, ou seja, das inter-relações entre os seres vivos nos ecossistemas. Tal fato permite ao indivíduo reconhecer o seu papel nessa dinâmica, bem como assumir sua responsabilidade para com o ambiente na qual ele, como todos os seres vivos, estão inseridos.

Partindo do exposto, nosso principal objetivo foi realizar uma intervenção que possibilitasse investigar o processo do ensino e da aprendizagem dos alunos em relação aos conteúdos de fotossíntese e de respiração. Nossa aposta foi que organizar o ensino com base na Teoria da Aprendizagem Significativa favorece o processo da aprendizagem por parte dos alunos e, também, no âmbito da investigação, permite a identificação de fatores que favorecem ou dificultam a aprendizagem significativa dos fenômenos de fotossíntese e de respiração bem como a avaliação do potencial da intervenção.

REFERENCIAL TEÓRICO

O principal referencial teórico a subsidiar essa investigação foi a Teoria da Aprendizagem Significativa (Moreira 1999; Moreira & Masini, 1982; Moreira et al 2004; Novak 2000) que oferece importantes subsídios para a organização do ensino e para a investigação sobre o mesmo. Esta teoria focaliza a aprendizagem, especificamente a cognitiva, isto é, a aprendizagem como um processo de armazenamento de informações, cujos significados são incorporados na mente do indivíduo, por meio de um processo gradativo que é influenciado (e determinado) pelo seu conhecimento prévio. Ausubel, segundo Moreira (1999), propõe que esse processo de armazenamento forma uma estrutura – a estrutura cognitiva – cuja organização se dá de maneira hierarquizada, na qual os conceitos mais gerais estão num topo e englobam outros, mais específicos.

Nesse processo de assimilação da interação entre os significados dos conceitos, que não é uma mera associação, surge um produto com características diferenciadas dos que lhe deram origem. O novo significado, decorrente dessa influência mútua entre os mesmos, já não pode mais ser chamado de “conceito novo” nem de “conceito subsumor”. Ele, nesse processo, adquire características novas, e, a partir desse momento, poderá ancorar conceitos mais complexos relacionados e estabelecer novas associações com outros conceitos da estrutura cognitiva. Conceitos relevantes e inclusivos presentes na estrutura cognitiva funcionam, portanto, como

ancoradouro para novas idéias e conceitos, que, por sua vez, influenciam e modificam a estrutura cognitiva, caracterizando um armazenamento de informações organizado e hierárquico.

De acordo com a Teoria, existem dois tipos de aprendizagem: a significativa e a mecânica. A aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com a estrutura cognitiva do sujeito de forma substantiva e não arbitrária. Já a aprendizagem mecânica é aquela em que a nova informação se relaciona com a estrutura cognitiva do sujeito de forma não substantiva e arbitrária. A aprendizagem significativa e a mecânica não são dicotômicas ou antagônicas, mas estão em extremos opostos de um *continuum*.

Na aprendizagem mecânica, o novo conceito praticamente não interage com conceitos relevantes da estrutura cognitiva, estabelecendo, então, relações fracas com os subsunçores específicos. Esse novo conceito, que pode ainda estar solto ou associado de forma fraca a um conceito prévio na estrutura cognitiva do indivíduo, tende a desaparecer se ele não for utilizado com frequência. Por outro lado, a aprendizagem mecânica é importante para a aquisição dos primeiros conceitos quando somos apresentados a uma nova área de conhecimento, pois a partir dessas aprendizagens iniciais, forma-se um corpo de conceitos na estrutura cognitiva que, como subsunçores, poderá ancorar (subsumir), num contato continuado com o tema, outros conceitos relacionados. É esse processo que caracteriza o processo da aprendizagem e, portanto, o avanço no *continuum* entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa (Moreira, 1999).

A aprendizagem significativa é desejável em relação à aprendizagem mecânica, pois os conceitos aprendidos de forma significativa podem ser utilizados em situações novas e diferentes, enquanto o conhecimento fruto de aprendizagem mecânica geralmente é utilizado de forma repetida, mecânica. Em síntese, para haver aprendizagem significativa é preciso que o indivíduo relacione o novo conceito a ser aprendido com outro já presente na sua estrutura cognitiva. Assim, a grande função do professor é diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos e, a partir daí, ensiná-los. Sendo assim, é fundamental que as atividades de ensino sejam planejadas e desenvolvidas possibilitando a interação do aluno com a nova idéia e a negociação dos significados.

O ensino deve ser planejado de modo a facilitar a aprendizagem significativa, e para tal deve considerar algumas condições necessárias para a sua ocorrência, como a existência de um **material potencialmente significativo**, que leve em consideração não só a natureza do conhecimento a ser aprendido como a natureza do conhecimento prévio do aluno, a **presença dos subsunçores adequados** na estrutura cognitiva, para a ancoragem do conhecimento novo e a **intencionalidade do aluno** para aprender de forma significativa.

Além disso, devemos considerar os princípios programáticos que Ausubel sugere para a organização do ensino: a diferenciação progressiva, princípio segundo o qual as idéias mais gerais e inclusivas da matéria devem ser apresentadas no início do ensino para serem posteriormente diferenciadas de forma gradativa; a reconciliação integrativa, que propõe a exploração das relações entre os conceitos e as proposições; a organização seqüencial do conteúdo, respeitando as dependências seqüenciais naturais existentes na matéria de ensino e a consolidação dos conceitos, que também deve estar em contínua avaliação, possibilitando o aperfeiçoamento do processo de ensino e de aprendizagem.

METODOLOGIA

A presente investigação é do tipo qualitativa, pois efetivou-se em um ambiente natural onde os dados foram obtidos diretamente e teve o pesquisador como seu principal instrumento (Lüdke & André, 1986). Entretanto, considerando que nosso objetivo requeria o desenvolvimento de atividades de diferentes naturezas e que a escolha de um único método poderia tornar a pesquisa pobre, com resultados inconsistentes (Greca, 2002), utilizamos também a análise quantitativa para categorizar alguns dados.

O trabalho caracterizou-se como pesquisa do tipo intervenção que objetivou descrever e analisar o processo de aprendizagem sobre fotossíntese e respiração que os alunos, realizaram ao longo de quatorze aulas da disciplina Biologia, oferecidas entre os meses de setembro e dezembro do ano de 2005, na primeira série do ensino médio de uma escola pública da rede estadual do Rio de Janeiro. O trabalho foi desenvolvido com 67 alunos de duas turmas, A (37 alunos) e B (30 alunos) do turno da tarde, compreendidos na faixa etária de 14 a 23 anos.

Decidimos trabalhar com os alunos os conceitos de fotossíntese e de respiração através de atividades que lhes permitiam fazerem uma correlação com outros conteúdos da disciplina, e assim, aproximarem-se de uma visão dinâmica sobre o mundo vivo. Inicialmente, planejamos a intervenção em seis aulas com duas problematizações, a da Germinação do Feijão e a da Fermentação, e uma atividade de avaliação final. O número de aulas inicialmente definido correspondia ao tempo que os professores costumam dedicar ao ensino dos temas. Porém, no decorrer da intervenção, caracterizada por uma avaliação contínua do processo, sentimos a necessidade de inserir algumas atividades com vistas a oportunizar aos alunos novos contatos com os temas em novas situações, de forma a favorecer esse aprendizado e consolidar os conceitos aprendidos. Desse modo, constatando que os alunos ainda demonstravam dificuldade para a compreensão das inter-relações entre os fenômenos de fotossíntese e respiração, decidimos realizar novas atividades (Tabela 1).

Tabela 1 – Planejamento da Intervenção

Conteúdos abordados	Atividades	Etapas	Período ano 2005	Hora/aula
Importância da respiração para a germinação; Origem da fonte energética; Fatores determinantes da germinação; Interdependência entre fotossíntese e respiração.	PROBLEMA TIZAÇÃO	1. Idéias prévias, discussão em grupos	Setembro	2
		2. Esclarecimento sobre registros escritos dos alunos		2
	GERMINAÇÃO DO FEIJÃO	3. Experimentação extraclasse		-
		4. Relatório parcial sobre a experimentação	1	
		5. Relatórios finais sobre a experimentação extraclasse	Outubro	-
Interdependência respiração – fotossíntese; Reagentes e produtos; Fermentação.	PROBLEMA TIZAÇÃO	6. Idéias prévias, experimentação e discussão em grupo	Outubro	2
		7. Aula expositiva		2
	FERMENTAÇÃO		8. Mapas conceituais em grupos	1
			9. Mapas conceituais individuais	Novembro
Integração sistemas – células; Relação respiração – energia.	PROBLEMA TIZAÇÃO ESFORÇO FÍSICO	10. Atividade do esforço físico, idéias prévias, experimentação em aula, discussão	Novembro	2
		11. Atividades de avaliação final	Novembro/Dezembro	1
			Total	14

A atividade de Germinação do Feijão objetivou proporcionar um primeiro contato dos alunos com os temas através de uma situação já conhecida deles, porém recorrendo à abordagem diferenciada que os levasse a pensar com e sobre o conhecimento. Ela englobou três momentos, sendo o primeiro, uma etapa individual, onde buscávamos o diagnóstico do conhecimento prévio dos alunos sobre os fenômenos de fotossíntese e de respiração através das cinco situações de germinação do feijão (Figura 1) sobre as quais os alunos deveriam pensar e escrever, buscando conhecer em que ponto do *continuum* aprendizagem mecânica-significativa estavam os alunos. No segundo e terceiro momentos, através de discussão em grupos e experimentação extraclasse das situações de germinação do feijão, abordamos a relação da fotossíntese e da respiração com a germinação da semente e o desenvolvimento vegetal e buscamos possibilitar conflitos cognitivos para os alunos através da discussão com os colegas e dos resultados da experimentação extraclasse.

As situações 1 e 2 constavam de ambientes iluminados, sendo a situação 1 um recipiente aberto e a 2, fechado, ambas com algodão úmido. As situações 3 e 4 constavam de ambientes sem iluminação, sendo a situação 3 um recipiente aberto e a 4, fechado, ambas com algodão úmido. A situação 5 apresentava recipiente aberto, iluminado com algodão sem água.

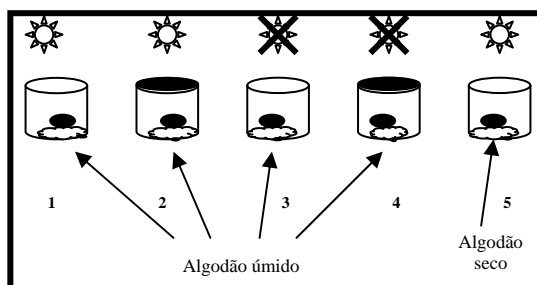


Figura 1 - Esquema da Atividade da Germinação do Feijão

A atividade da Fermentação (Figura 2) tinha como propósito proporcionar aos alunos um novo contato com os temas, porém em situação diferenciada que se desenvolveu em duas etapas, a primeira através da coleta das idéias prévias individuais, com vistas a induzi-los a pensar com e sobre o conhecimento, e a segunda com a experimentação das três situações seguida de discussão em grupos. Objetivávamos abordar conceitos sobre fotossíntese, respiração aeróbia e fermentação, reagentes e produtos dos fenômenos a partir da reflexão e discussão sobre as três situações que foram apresentadas no quadro-negro. Essa problematização consistiu em três ambientes diferenciados, representados por garrafas plásticas transparentes, a primeira contendo água e planta aquática, a segunda, água, fermento-de-padaria (levedura) e açúcar e a terceira, água e fermento-de-padaria, todas fechadas na extremidade superior por bexigas de gás. A pergunta que guiou a atividade foi: “*O que acontecerá nessas três situações? Justifique*”.

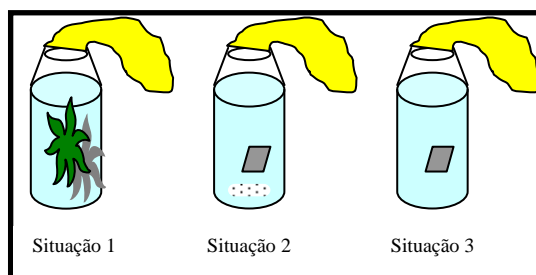


Figura 2 - Esquema da Atividade da Fermentação

Ao percebermos que os alunos necessitavam de um momento para organização dos conceitos aprendidos, para o esclarecimento de dúvidas que persistiam e para a apresentação de alguns conceitos que ainda não tinham sido alcançados, decidimos realizar a aula expositiva buscando promover a consolidação do conteúdo a partir dos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa dos conceitos. Em seguida, realizamos a estratégia dos mapas conceituais, diagramas hierárquicos bidimensionais, buscando também consolidar o conteúdo aprendido, tendo em vista refletir sobre a estrutura conceitual e relacional da matéria ministrada (Moreira, 1999).

Posteriormente, em função da avaliação contínua da intervenção, particularmente da atividade dos mapas conceituais, decidimos oportunizar ao aluno outro contato com os temas fotossíntese e respiração, através da terceira problematização, a do Esforço Físico: “*Imagine que*

você está fazendo um exercício físico. O que acontecerá com a sua pulsação e seus movimentos respiratórios (inspiração e expiração) depois de fazer um exercício físico?”

Procurávamos, numa etapa primeira individual, conhecer e ativar as idéias dos alunos sobre a problematização, e, num segundo momento, oportunizar a experimentação da proposta e a discussão em grupos, buscando que os alunos relacionassem respiração e energia e obtivessem uma visão mais global da interdependência entre sistemas e célula.

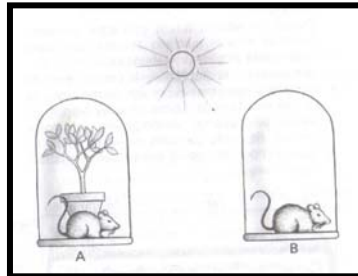


Figura 3 – Atividade de Avaliação Final – Questão do ratinho

Finalizamos a intervenção com duas atividades de avaliação final: uma buscando avaliar o aprendizado do aluno sobre os temas, através da questão do “ratinho” (adaptada de Lopes & Rosso, 2005), apresentada na Figura 3, cujos questionamentos foram: “*Por que o ratinho da campânula A sobrevivia mais tempo do que o da campânula B?*” e “*Por que depois de algum tempo, o ratinho da campânula A também morria?*”. A outra atividade foi um questionário de avaliação da disciplina, buscando analisar o trabalho desenvolvido no ano letivo e o impacto da intervenção para os alunos.

Dessa forma encerramos a intervenção e analisamos os resultados a partir das informações contidas nos registros escritos, desenhos e mapas conceituais, elaborados pelos alunos, no decorrer das atividades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados obtidos na primeira problematização (Germinação do Feijão), percebemos que os alunos fizeram previsões adequadas para a primeira e quinta situações, sendo a primeira entendida pelos alunos como favorável à germinação da semente e ao desenvolvimento vegetal pela presença da água, da luz, e por estar o recipiente aberto. A quinta situação foi entendida como desfavorável à germinação e ao desenvolvimento vegetal pela ausência da água.

Nossa expectativa era que os alunos, cientes de que a germinação acontece em presença de água e ar, respondessem que a germinação ocorreria em todas as situações exceto a quinta, na qual não havia água. Porém os resultados indicaram que os alunos possuíam algumas concepções alternativas e um conhecimento fragmentado sobre o tema.

As situações de escuro e/ou recipiente fechado foram interpretadas como situações não favoráveis à germinação e ao desenvolvimento vegetal, pois os alunos pensaram na luz interferindo na germinação e consideraram as situações de recipientes fechados (2 e 4) como ambientes sem ar. Dessa forma, algumas concepções alternativas, como as relacionadas ao tema “ar”, vieram a interferir na interpretação dos fenômenos de fotossíntese e respiração, indicando que os alunos têm chegado ao ensino médio sem os conhecimentos básicos necessários à aprendizagem dos conceitos biológicos que deveriam aprender.

Enfatizamos, à luz da TAS, a importância dos subsunçores adequados para a ancoragem dos novos conceitos na ocorrência da aprendizagem significativa e refletimos sobre a necessidade de retomada desses conteúdos que os alunos demonstraram não terem aprendido e

que subsidiariam, juntamente com outros conceitos e idéias da estrutura cognitiva, aprendizados sobre os temas fotossíntese e respiração.

Articulando nossos dados com a literatura (Libanore et al 2005; Cecchetti & Selles, 2000; Anderson et al 1990) percebemos que os alunos de todos os níveis de escolaridade apresentam concepções alternativas sobre os fenômenos científicos e que, na maioria das vezes, se mantêm inalteradas durante sua passagem pela escola, o que parece indicar que o ensino não tem favorecido a ocorrência da aprendizagem significativa dos referidos conceitos. No caso particular da fotossíntese e da respiração encontramos autores (Anderson et al 1990; Kawasaki, 1997; Medeiros, 2002; Souza & Almeida, 2002; Özay & Öztas, 2003) que através de suas pesquisas vêm a confirmar a existência dessas concepções como: a fotossíntese ocorrendo em vegetais e a respiração em animais; as plantas num vidro fechado tendem a ficar “sufocadas”; a respiração ocorrendo nas vias respiratórias e pulmões e sendo associada com gasto de energia, pelos movimentos respiratórios; as plantas obtendo alimento do solo; o modelo de respiração dos estudantes é a do homem; o processo de fotossíntese não relacionado ao fluxo de energia nos ecossistemas.

Quando esses conceitos com significados alternativos aparecem como subsunçores, há a necessidade de se proporcionar situações ao aluno que o “desestabilize” e, na tentativa de superar, recorre aos conceitos adequados do ponto de vista científico. Para que esses conceitos alternativos deixem de ser estáveis é necessário induzirmos o aluno aos conflitos cognitivos. Neste processo, o aluno, insatisfeito ou “desequilibrado”, no sentido piagetiano, buscará uma resolução para o seu problema, tentando assim restabelecer o equilíbrio o que poderá implicar na aquisição de um novo conhecimento, ou, como comumente ocorre, na acomodação do significado antigo.

A partir das respostas dos alunos nas etapas da atividade (Germinação do feijão) reconhecemos os fatores que eles identificaram como determinantes da germinação e do desenvolvimento vegetal (Tabela 2).

Tabela 2 – Fatores determinantes da germinação e do desenvolvimento vegetal segundo as idéias prévias dos alunos, após a discussão em grupo e segundo os relatórios finais entregues após a atividade extraclasse

Germinação						
Categorias	Idéias prévias		Após Discussão em Grupo		Segundo os Relatórios Finais	
	N	%	N	%	N	%
1. Água	03	4,9	04	6,5	18	29,1
2. + Ar	22	35,5	20	32,2	02	3,2
3. + Luz	08	12,9	07	11,3	-	-
4. +Ar ou + Luz	19	30,6	15	24,2	01	1,6
5.+Ar e Luz	07	11,3	08	12,9	-	-
6. Indefinido	03	4,9	08	12,9	-	-
7. Não responderam	-	-	-	-	16	25,8
8. Não fizeram	-	-	-	-	25	40,3
Total	62	100	62	100	62	100
Desenvolvimento						
1. Água	01	1,6	-	-	04	6,4
2. +Ar	21	33,9	12	19,4	-	-
3. +Luz	06	9,7	03	4,8	03	4,9
4. + Ar ou + Luz	-	-	-	-	01	1,6
5. +Ar e Luz	28	45,1	45	72,6	10	16,1
6. Indefinido	06	9,7	02	3,2	03	4,9
7. Não responderam	-	-	-	-	16	25,8
8. Não fizeram	-	-	-	-	25	40,3
Total	62	100	62	100	62	100

A **água e o ar** são os fatores que determinam a germinação da semente e foram adequadamente citados por 35,5% deles, na primeira etapa da atividade (idéias prévias), conforme a tabela 2, indicando que um grupo representativo (64,5%) não apresentava essa

concepção. Quanto ao desenvolvimento vegetal, após cessar o suprimento energético da semente, passam a ser fatores determinantes além da água e do ar, também a luz, em decorrência do processo de fotossíntese que garante ao vegetal a síntese de matéria orgânica essencial ao seu desenvolvimento. Um pouco menos da metade (45,1%) identificou esses fatores citados como determinantes do desenvolvimento vegetal. Esses resultados indicavam que, segundo as idéias prévias, a maioria dos alunos estava em um ponto distante da aprendizagem significativa, quando pensamos no *continuum* entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, dos temas fotossíntese e respiração e que nossa intervenção deveria contemplar atividades que ajudassem os alunos a aprenderem significativamente sobre os referidos temas.

Finalizada essa primeira etapa, realizamos, ainda na mesma aula, a discussão em grupos sobre as cinco situações de germinação e desenvolvimento vegetal, apostando nela como um momento favorável para fomentar a desestabilização das concepções alternativas dos alunos, e, pela oportunidade de negociarem com seus colegas os novos significados, avançarem no processo da aprendizagem significativa dos conceitos de fotossíntese e respiração.

O conjunto de respostas evidenciou avanço no nível de compreensão dos fenômenos (Tabela 2). O percentual de alunos que passou a indicar a água e o ar como fatores determinantes da germinação diminuiu um pouco, porém o percentual de alunos que passou a identificar a água, o ar e a luz como determinantes do desenvolvimento vegetal aumentou bastante (72,6%), resultado que consideramos decorrente da discussão em grupos, situação sabidamente favorecedora para o aprendizado, conforme ressalta Lemke (1997) que os alunos aprendem muito uns com os outros, pois atuam como mediadores na sala de aula, utilizando uma linguagem mais familiar. O autor enfatiza o caráter social da aprendizagem.

Mortimer & Machado (2001) refletindo sobre o processo de construção do conhecimento na sala de aula indicaram o uso de conflitos em estratégias de ensino e aprendizagem relacionadas à teoria piagetiana, ressaltando que um dos tipos de conflitos é aquele entre as concepções prévias dos alunos sobre determinado fenômeno e o que é realmente observado, como proporcionamos em nossa intervenção através das experimentações de algumas atividades. Os autores enfatizam a dimensão sócio-interacionista do processo de ensino e aprendizagem, destacando a mediação da linguagem no processo, isto é, das interações discursivas que acontecem na sala de aula.

Buscando possibilitar aos alunos o confronto entre as idéias e os resultados, propusemos a experimentação extraclasse dessas situações de germinação e pedimos que ao final elaborassem um relatório no qual deveriam recorrer aos conceitos prévios para explicar os resultados encontrados. A partir desses registros, novamente voltamos a identificar os fatores que eles consideravam determinantes da germinação e desenvolvimento vegetal após essa etapa, e encontramos algumas mudanças representativas (Tabela 2) indicando que os alunos passaram a reconhecer apenas a água como determinante da germinação (29,1%) e o percentual de alunos que acreditavam na água, no ar e na luz como determinantes do desenvolvimento vegetal caiu bastante (16,1%). Esses resultados corroboram que a aprendizagem é um processo recursivo, dinâmico e gradual, ao longo do qual os alunos demonstram a coexistência entre concepções alternativas e concepções correspondentes ao explicado pela ciência.

De acordo com os relatos dos alunos sobre a atividade realizada em casa, houve germinação em todas as situações de recipientes úmidos, inclusive nos fechados que foram considerados pela maioria como ausência de ar (64,5%). Esse fato não possibilitou que eles atribuíssem ao ar o real papel que lhe cabe no fenômeno em questão, e deste modo restringiram-se apenas à água.

Quanto ao desenvolvimento vegetal, muitos alunos tiveram situações de desenvolvimento normal do feijoeiro nas situações de escuro (3 e 4), o que não representou um bom resultado para a intervenção, mostrando que essa atividade não foi **suficiente** para que os alunos pudessem identificar a luz como fator fundamental para o desenvolvimento do vegetal,

provavelmente por não terem conduzido a atividade de forma adequada, seja porque não conseguiram criar situações de escuro total ou porque o tempo destinado à observação foi insuficiente para que a ausência de luz interferisse mais explicitamente no desenvolvimento do vegetal.

A segunda atividade, da Fermentação, visava oportunizar ao aluno a reflexão sobre os processos que envolvem o metabolismo energético dos seres vivos a partir de uma outra atividade. Os alunos deveriam explicar que apenas na situação 2 a bexiga encheria de gás liberado pela fermentação do fungo. Na situação 1 não encheria porque no ambiente criado, o gás liberado pela respiração da planta aquática seria utilizado na fotossíntese e o gás liberado pela fotossíntese, utilizado na respiração, caracterizando um processo cíclico. Na situação 3, também não encheria, por causa da ausência do açúcar (fonte energética) impedindo a fermentação. Dessa forma, categorizamos suas previsões em adequadas ou inadequadas, conforme a tabela 3.

Tabela 3- Previsões dos alunos na atividade da fermentação

Respostas		Situação 1			Situação 2			Situação 3		
		A	B	T	A	B	T	A	B	T
Adequadas	N	17	24	41	18	24	42	07	10	17
	%	50	88,9	67,2	52,9	88,9	68,9	20,6	37	27,9
Inadequadas	N	17	03	20	16	03	19	27	17	44
	%	50	11,1	32,8	47,1	11,1	31,1	79,4	63	72,1
Total		34	27	61	34	27	61	34	27	61

A= Turma A; B= Turma B; T= Total

Os alunos, em sua maioria, fizeram previsões adequadas, nas situações 1 e 2, porém na situação 3, a maioria previu de forma inadequada (72,1%) demonstrando que, para eles, foi o fermento que fez a bexiga encher e, portanto, não reconheceram o açúcar como fonte de energia para o processo de fermentação. Porém, os 27,9% dos alunos que fizeram previsões adequadas nessa última situação já falavam da importância da fonte energética para o processo, evidenciando estarem num ponto mais avançado no *continuum* entre aprendizagem mecânica – significativa, quando consideramos os temas aqui abordados.

A experimentação em aula e discussão em grupos dessas três situações da atividade da fermentação proporcionaram aos alunos um confronto entre suas idéias e os resultados. Nesta etapa da atividade o aluno pôde observar o enchimento da bexiga da segunda garrafa e o não enchimento das bexigas das garrafas 1 e 3 e refletir sobre que fenômenos provocaram esses resultados, pensando primeiro, sobre o que encheu a bexiga de gás, segundo, que houve liberação de gás que encheu a bexiga, terceiro, surge o questionamento sobre a origem desse gás, e só então ele pode reconhecer o processo de fermentação e/ou respiração. Nessa etapa, a interação entre colegas e o avanço do conhecimento sem uma apresentação formal do conteúdo pelo professor são alguns pontos relevantes para o processo e o andamento da intervenção. A linguagem utilizada pelos grupos parece favorecer a compreensão acerca dos fenômenos, porém o professor deve estar atento à natureza das certezas e dúvidas dos alunos, para que eles não venham a “aceitar” como corretas as idéias alternativas ou inadequadas do ponto de vista científico.

Algumas atitudes dos alunos nessa etapa da atividade, como por exemplo, o comportamento de não justificar os resultados das situações 1 e 3 (47,1% na turma A e 88,9% na turma B na situação 1 e 50% na turma A e 81,5% na B na situação 3), dificultaram o processo de ensino e da aprendizagem. Esse tipo de comportamento que, embora pudesse ser relacionado à falta de conhecimento para explicação dos fenômenos que ali aconteciam, parece indicar uma concepção inadequada de aprendizagem, o que os leva a um não comprometimento com a

própria aprendizagem. Tais aspectos constituem-se como fatores indispensáveis para a ocorrência da aprendizagem significativa (Moreira, 1999).

Analisando a atividade da Fermentação reconhecemos a sua contribuição para o avanço do conhecimento dos alunos sobre os temas fotossíntese e respiração, porém, os conceitos aprendidos ainda não estavam adequadamente organizados e consolidados para esse grupo de alunos. Por essa razão, decidimos retomar as idéias discutidas em uma nova aula com vistas a proporcionar um momento de revisão das novas idéias, visando à organização do conhecimento novo para consolidação do conteúdo.

A aula expositiva foi desenvolvida a partir da discussão sobre as problematizações da Germinação do Feijão e da Fermentação, durante a qual buscamos negociar com os alunos os significados dos conceitos básicos sobre os fenômenos de fotossíntese e de respiração, referentes à essência dos dois processos, como síntese e degradação de matéria orgânica, a caracterização do fluxo de energia, do ciclo da matéria e a interdependência dos seres vivos nos ecossistemas, sempre questionando sobre aquelas idéias que estavam mais distantes das cientificamente aceitas. Utilizamos esse espaço, favorável à negociação de significados, para enfatizar a relação entre as atividades da germinação do feijão e da fermentação que, de modo diferente, abordavam os mesmos temas: fotossíntese e respiração.

Algumas idéias, segundo nossa avaliação, permaneciam confusas para os alunos e necessitavam serem revistas, certamente com uma nova estratégia.

Prosseguindo com a intervenção e com o propósito de favorecimento de aprendizagem desses conceitos, realizamos também a atividade de elaboração dos mapas conceituais, que também foi desenvolvida em duas etapas, embora com padrão inverso das anteriores, ou seja, a primeira foi desenvolvida em grupos e a segunda individualmente. Através de uma atividade com mapas conceituais é possível detectar a existência de concepções alternativas, no nosso caso específico, a persistência delas, além da falta de ligações entre conceitos que sugerem a necessidade de uma nova tarefa de aprendizagem (Novak & Gowin, 1984). Também, avaliar a aprendizagem significativa implica, segundo a TAS, em apresentar situações novas aos alunos, razão que nos motivou a utilizar tal recurso.

Os mapas conceituais elaborados pelos alunos, no final da atividade, evidenciaram que 61% deles foram capazes de estabelecer relações conceituais satisfatórias sobre os referidos temas demonstrando, assim, compreensão dos processos de fotossíntese e respiração e de suas inter-relações. Porém, 39% permaneciam numa posição do *continuum* ainda muito próxima da aprendizagem mecânica dos conceitos básicos sobre os referidos processos. Por isso, decidimos inserir a problematização do Esforço Físico, para o favorecimento dessa aprendizagem.

Neste momento, os alunos já tinham melhor compreensão acerca de alguns conceitos sobre o metabolismo energético dos seres vivos e pudemos confirmar isso já nas idéias iniciais sobre a problematização. Todos os alunos fizeram previsões de aumento da pulsação em função da atividade física e cerca de 80% previram também o aumento dos movimentos respiratórios. E em suas justificativas encontramos idéias coerentes explicando que decorreria da necessidade do sangue levar mais oxigênio para as células do corpo, demonstrando uma percepção integrada dos processos.

Posteriormente, ainda na mesma aula, realizamos a atividade do esforço físico em grupos e cerca de 80% dos alunos justificaram os resultados da alteração física em decorrência da necessidade de maior distribuição de oxigênio e alimento para as células, pelo sangue, a fim de liberar mais energia para a atividade física. Diante desses resultados e considerando o contexto da disciplina e da escola finalizamos a intervenção com duas atividades de avaliação final.

Durante essas atividades finais, cerca de 90% dos alunos foram capazes de utilizar os conhecimentos aprendidos em uma questão diferenciada (“Ratinho”) que também apresentava uma situação de recipiente fechado, permitindo uma avaliação sobre o entendimento do aluno

acerca das inter-relações dos seres vivos em ambientes fechados. Porém, cerca de 40% apresentaram resistência à concepção da presença de ar no ambiente fechado, a mesma detectada no início da intervenção, na problematização da germinação do feijão, em cerca de 70% dos alunos. A diminuição desse percentual pode ser considerada como uma evidência de aprendizagem significativa.

Algumas idéias inadequadas, quando tomamos o ponto de vista científico, são frutos de aprendizagem significativa, pois aprendizagem significativa não significa aprendizagem correta (Moreira et al 2004), mas que houve uma conexão não arbitrária e substantiva da nova informação com os subsunçores, e isso muitas vezes acontece com as idéias inadequadas e é por isso que são tão resistentes a mudanças. Tal fato nos permite compreender por que alguns alunos permaneceram usando as concepções alternativas que já possuíam no início do processo. Essas concepções, como todo conhecimento que é produto de aprendizagem significativa, possuem uma lógica para o indivíduo e, portanto, são difíceis de serem abandonadas. Para reverter tal situação é fundamental colocar o aluno em situações que lhe proporcionem o contato com as idéias adequadas cientificamente e, que, aos poucos, essas idéias adequadas passem a ser mais relevantes e funcionais do que as alternativas, constituindo subsunçores para ancoragens futuras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa proposta, neste artigo, foi relatar uma intervenção praticada na primeira série do ensino médio de uma escola pública estadual do Rio de Janeiro, cujo objetivo foi favorecer a aprendizagem significativa sobre o metabolismo energético, particularmente os conceitos de Fotossíntese, Respiração e Fermentação. Nossos principais resultados indicaram que o conhecimento da maioria dos alunos sobre os referidos processos apresentou uma importante evolução, avançando para um ponto mais próximo da aprendizagem significativa no *continuum* com a aprendizagem mecânica, quando comparados ao conhecimento que tinham no início da intervenção.

A partir do exposto podemos fazer algumas considerações a respeito dos fatores que favoreceram ou dificultaram o processo de ensino e de aprendizagem aqui analisado. Dentre os que dificultaram podemos citar a atitude dos alunos em alguns momentos da intervenção, demonstrando falta de comprometimento para com o processo de ensino e da sua própria aprendizagem. Também evidenciamos concepções alternativas dos alunos acerca de alguns temas, como a temática “ar”, que vieram a dificultar o processo, pois demandou tempo para a retomada dos conteúdos principais.

Conforme falamos inicialmente, a intencionalidade do aluno é condição fundamental para que ele realize aprendizagem significativa. Entretanto, temos aqui um entrave difícil de resolver, pois, nas atuais condições da escola, o aluno é pouco preparado para perceber a sua importância e papel nesse processo. Se o aluno não assumir a responsabilidade pela própria aprendizagem no evento educativo, de nada adianta a potencialidade do material de ensino e o esforço do professor buscando garantir um clima propício ao aprendizado, pois uma das partes integrantes do processo está predisposta a aprender mecanicamente ou a não aprender.

Por outro lado, ao mesmo tempo em que a escola não pode tomar para si a responsabilidade sozinha do aprendizado do aluno, (Moreira et al 2004), ela precisa avaliar a qualidade do trabalho que vem desenvolvendo e viabilizar condições de melhoria.

Um caminho possível, e que aqui consideramos que correspondem a alguns dos fatores que favoreceram o processo, citamos a diversidade de atividades, possibilitando o alcance de um maior número de alunos, tendo em vista que apresentam perfis diferenciados e, por isso, o professor deve apresentar situações não usuais e diferenciadas para os alunos contribuindo, assim, para com a aprendizagem significativa dos conteúdos. A avaliação contínua da intervenção também possibilitou um aperfeiçoamento da proposta durante o processo e a

autonomia que o professor teve para utilizar 14 aulas para o ensino dos temas, respeitando o caráter processual da aprendizagem, e decidindo por investir nesses temas que são centrais dentro da Biologia.

Enfatizamos o potencial da TAS para subsidiar a organização do ensino e a investigação sobre ele, além da necessidade de esses conceitos aprendidos serem abordados em outros momentos, para que se tornem mais estáveis na estrutura cognitiva dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson CW, Sheldon TH, Dubay J. The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respirations and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching* 27 (8): 761-776; 1990.
- Brasil, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Brasília, DF: MEC; 2000.
- Cecchetti F, Selles SE. Conhecimento do corpo humano: um estudo longitudinal. In: *VII Encontro "Perspectivas do ensino de Biologia" e I Simpósio Latino-Americano da IOSTE*, São Paulo: USP; 2000.
- Greca IM. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de Ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências* 2(1): 74-83; 2002.
- Kawasaki CS. Nutrição vegetal: um verdadeiro campo de estudos para a educação científica. Atas do *I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*; São Paulo: Águas de Lindóia; 1997.
- Lemke JL. Aprender a hablar ciência. Lenguaje, aprendizaje y valores. Buenos Aires: Temas de Educación Paidós; 1997.
- Libanore ACLS, Zolin M, Corazza-Nunes MJ, Moreira A, Fusinato PA. As concepções prévias sobre o ar atmosférico e a aprendizagem de conceitos na 5ª série do ensino fundamental. *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*; São Paulo: Bauru; 2005.
- Lopes S, Rosso S. Biologia. São Paulo: Editora Saraiva; 2005.
- Lüdke, M, André, MEDA. Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda; 1986.
- Medeiros SCS. Concepções prévias no ensino médio e alternativa metodológica para o tema respiração. Niterói. Especialização [Monografia em Ensino de Ciências] - Universidade Federal Fluminense; 2002.
- Moreira MA. Aprendizagem Significativa. Brasília: Editora Universidade de Brasília; 1999.
- Moreira MA, Masini EFS. Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Ed. Moraes; 1982.
- Moreira MA, Sahelices MCC, Palmero MLR. Aprendizaje significativo: interacción personal, progresidad y lenguaje. España: Universidad de Burgos; 2004.
- Mortimer EF, Machado AH. Elaboração de conflitos e anomalias na sala de aula. In: Mortimer EF, Smolka ALB. Linguagem, cultura e cognição. Reflexões para o ensino e a sala de aula. Belo Horizonte: Autêntica, 107-138; 2001.
- Novak JD. Aprender criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Paralelo Editora; 2000.
- Novak JD, Gowin DB. Aprender a aprender. Lisboa: Paralelo Editora; 1984.
- Özay E, Öztas H. Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2): 68-70; 2003.
- Souza SC, Almeida MJPM. A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. *Ciência & Educação*, 8 (1): 97-111; 2002.