

AS IDÉIAS DOS ESTUDANTES, O ENSINO DE BIOLOGIA VEGETAL E O VESTIBULAR DA UFMG

Carmen Maria De Caro Martins¹
Selma A de Moura Braga²

Resumo

Este trabalho tem por objetivo analisar algumas questões da prova de Biologia do vestibular da UFMG permitindo um diagnóstico do desempenho dos candidatos e uma discussão referente ao ensino de Biologia do nível médio. Escolhemos questões que abordam temas de Biologia Vegetal, especialmente aquelas que avaliam os conhecimentos dos candidatos referentes aos conceitos de nutrição vegetal, reprodução, adaptação e anatomia vegetal. Pesquisas relativas ao ensino de Biologia Vegetal (WANDERSEE, 1986 e KAWASAKI, 1998) apontam preferência, entre os estudantes, pelo estudo de animais e uma pequena atração pelas plantas. Experiências em programas de formação continuada de professores de Ciências e Biologia revelam, também, uma preferência de professores em priorizar certos temas em sala de aula, deixando aqueles referentes à Biologia Vegetal para etapas finais. Procuraremos, através dessa análise, identificar concepções prévias dos estudantes através das respostas às questões da prova de Biologia. Esses dados, extraídos da análise da prova de Biologia permitem discutir e questionar alguns aspectos relevantes do processo ensino-aprendizagem de conceitos relacionados à Biologia Vegetal.

Uma crítica comum entre os biólogos educadores de todo o País sobre as falhas do ensino de Biologia relaciona-se à ausência de atividades experimentais em sala de aula; a ênfase excessiva à memorização, a falta de correlação entre os conteúdos aprendidos e os acontecimentos da vida cotidiana. Deste modo o ensino de Biologia torna-se puramente acadêmico e desvinculado das aplicações e implicações sociais.

Desde 1980, o "Movimento das Concepções Alternativas" no cenário pedagógico tem produzido diversas pesquisas direcionadas à importância dos conhecimentos prévios dos alunos em sala de aula. Entretanto, a nível nacional, há uma carência de pesquisas, que apontem questões a respeito de concepções e idéias alternativas de estudantes de nível médio, relacionados aos conceitos biológicos e integrados à propostas alternativas de ensino-aprendizagem.

Na prática pedagógica vigente, de uma maneira geral, os conhecimentos prévios dos alunos/as (suas idéias sobre célula, DNA, nutrição vegetal, reprodução, hereditariedade, e outros) não são consideradas. WANDERSEE et alli (1994) em um artigo de revisão encontraram mais de 200 estudos relacionados ao levantamento das concepções alternativas dos alunos em temas da área de Biologia. Pesquisas realizadas por DRIVER (1988), indicam a importância da elaboração de currículos de ciências que considerem a idéias prévias dos alunos como ponto de partida para o processo ensino-aprendizagem de ciências.

¹ Professora do Colégio Técnico da UFMG

² Professora do Centro Pedagógico da UFMG

*Pesquisa financiada pela FAPEMIG, Pró Reitoria da UFMG e CECIMIG

A necessidade de se partir do conhecimento do aluno, implica mudanças radicais nas interações de sala de aula e conseqüentemente no papel do professor/a ante o ensino. Numa prática mais adequada que conceba a sala de aula como espaço de criação de possibilidades de intervenção no modo como o estudante vê a realidade, requer do professor uma atitude constante de diálogo com seus alunos, no sentido de intuir deles as idéias relacionadas a um fenômeno ou a um fato da ciência e a natureza de suas dúvidas em relação aos conceitos trabalhados.

Esta pesquisa* teve como objetivo fazer um levantamento das concepções alternativas dos alunos oriundos do ensino médio de escolas de diversas regiões do Estado de Minas Gerais em temas relacionados a Biologia Vegetal. Esta análise oferece alguns subsídios para a identificação de idéias alternativas e de conceitos científicos, apresentados pelos vestibulandos. Identifica ainda alguns aspectos do ensino de Biologia no Estado de Minas Gerais.

Para este estudo foram escolhidas questões sobre Biologia Vegetal, da prova de Biologia da primeira fase do vestibular da UFMG, dos anos de 1994, 1995 e 1997. Foram analisadas as respostas de 35.989 candidatos em 1994, 36358 em 1995 e em torno de 45000 em 1997, de modo a abranger o universo de egressos do ensino médio.

Para cada prova foram analisados os dados fornecidos pela Comissão Permanente do Vestibular da UFMG (COPEVE), a partir da teoria clássica e moderna de análise do item relativos ao grau de atração (a alternativa mais escolhida), índice de discriminação (se a alternativa discriminou bem os candidatos que marcaram a alternativa correta) e o grau de dificuldade (fácil, médio, difícil) de cada questão.

O índice de dificuldade de um item mede seu nível de dificuldade. Para SOARES e FONSECA(1997) “em testes de sala de aula, a dificuldade dos itens deverá ser bem distribuída de forma a proporcionar aos estudantes desafios de acordo com suas capacidades. Por outro lado, em testes de seleção, os itens deverão ter níveis de dificuldade apropriados para os níveis de habilidade dos candidatos. Itens muito difíceis ou muito fáceis geram poucas informações para a classificação dos candidatos. Mesmo nesses casos, itens com dificuldade baixa podem ser incluídos para encorajar estudantes considerados fracos e até mesmo os mais nervosos. O índice de dificuldade permite apenas fazer uma estimativa da possível dificuldade do item. Dizer que o item é de fato difícil ou fácil só é possível após a aplicação do teste”.

O índice de dificuldade é dado como a proporção de respostas erradas de um determinado item. As teorias de análise de item consideram de dificuldade moderada aqueles itens que se encontram numa faixa entre 0,40 e 0,70.

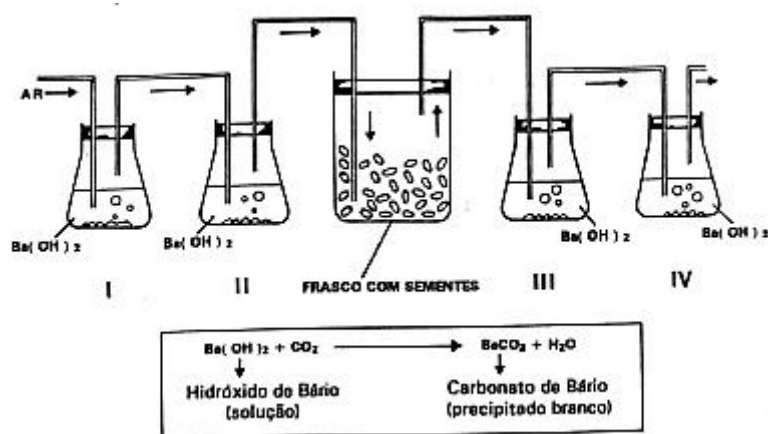
Para o índice de discriminação, admite-se que os estudantes de habilidade alta obtêm as maiores notas do teste e tendem a acertar o item, enquanto estudantes de habilidade baixa obtêm as menores notas e tendem a errar o item. Esta associação pode ser quantificada pelo uso de um coeficiente de correlação denominado bisserial (r_{bis}), SOARES e FONSECA, 1997. Outra característica do item é a análise dos distratores (alternativas erradas). Idealmente estes devem ser elaborados a partir de respostas dos alunos em provas abertas. Os distratores devem representar idéias incorretas dos estudantes. Entretanto nenhum deles deve atrair mais a atenção do que outros.

Para esta pesquisa, foram selecionadas questões sobre alguns temas importantes da biologia e, entre as alternativas propostas para cada questão, foram identificadas aquelas que abordam as concepções alternativas mais frequentes. Estas concepções dos estudantes são identificadas como distratores do item.

As seguintes questões foram objetos de nossa análise

UFMG/ 1994/Caderno A

Analise o experimento.



Com relação aos eventos indicados pelos números I, II, III e IV, todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- A. A quantidade de CO_2 retida no frasco III será menor do que aquela do frasco II.
- B. A taxa de CO_2 produzido pelas sementes pode ser calculada pesando-se a quantidade de carbonato de bário nos frascos III e IV.
- C. O CO_2 proveniente do ar fica retido na solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ nos frascos I e II.
- D. O frasco III recebe o CO_2 proveniente da respiração das sementes.
- E. O oxigênio penetra no frasco que contém as sementes depois de passar pelos frascos I e II.

Esta questão foi considerada difícil e com um grau de discriminação muito bom. O maior grau de atração foi para a letra **A** e o menor para a letra **E**.

O tema abordado na questão é a respiração e para resolvê-la o candidato deve compreender o processo de respiração dos seres vivos e os gases envolvidos. Em torno de 15% dos candidatos indicaram a alternativa **D** como incorreta.

Segundo OLIVEIRA (1991) os alunos tendem a não discriminar a respiração da fotossíntese; dizem por exemplo que as plantas respiram o ar de forma oposta à dos animais e que “a fotossíntese é uma espécie de respiração” ou ainda que as plantas respiram oxigênio de dia e de noite dióxido de carbono. Uma outra dificuldade dos estudantes é considerar a semente uma estrutura viva e que conseqüentemente, respira.

A interpretação de experimentos, avaliada na questão, causa dificuldade para os candidatos, especialmente quando está integrado a conteúdos de outra disciplina, no caso a

química. A abordagem dos conteúdos em sala de aula são, freqüentemente, fragmentados e relacionados aos temas específicos tratados pela disciplina, no caso a Biologia. Apenas 33% dos estudantes acertaram a questão, é um indicador de que possivelmente os estudantes não tem oportunidade de trabalhar em sala de aula com temas integradores.

A questão seguinte exige conhecimento de conceitos de adaptação, evolução dos grandes grupos vegetais e conhecimento sobre características morfológicas e histológicas dos vegetais:

UFMG/ 1994/Caderno A

Todas as alternativas contêm adaptações evolutivas que permitem a sobrevivência dos vegetais fora do ambiente aquático, exceto

- a) Epiderme impregnada de cutina.
- b) Presença de parede celular.
- c) Presença de raiz.
- d) Tecidos condutores: xilema e floema.
- e) Troncos recobertos de súber.

Os dados mostram que a questão apresentou alto grau de dificuldade com grande discriminação dos candidatos. Entretanto, a alternativa **A** teve um índice de atração muito alto (25%) indicando a dificuldade dos candidatos em relação a temas de Biologia Vegetal, especialmente adaptação. Pesquisas em ensino de ciências identificam uma tendência dos estudantes explicarem os fenômenos de adaptação e sobrevivência dos seres vivos em termos finalistas (TAMIR, 1994) e em termos causais (FERRARI e CHI, 1998).

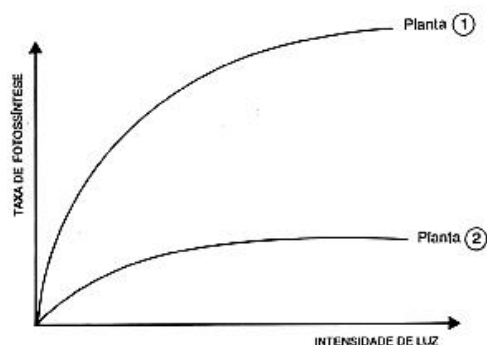
O conceito de adaptação é de modo geral compreendido incorretamente como uma modificação no ser vivo em relação a uma alteração no ambiente. Pesquisas relacionadas às concepções alternativas tem evidenciado a tendência dos estudantes em pensar que as modificações exercidas pelo ambiente sobre os seres vivos são diretamente transmitidas por reprodução, às gerações seguintes SANTOS(1991).

Difícilmente os estudantes relacionam adaptação à seleção natural. Os resultados das pesquisas realizadas por FERRARI e CHI (1998) mostram que estudantes de nível médio consideram a seleção natural como um evento complexo. Tendem a não entender os processos de equilíbrio na natureza tais como as relações presa-predador.

Esta tendência é verificada também em professores e livros didáticos de Biologia o que poderia justificar as dificuldades dos alunos. Veja por exemplo uma referência extraída de um livro didático de Biologia: "O termo "adaptação" (do latim *adaptare*, tornar apto) significa, para os biólogos, a capacidade que todo ser vivo tem de se ajustar ao ambiente, isto é, de mudarem em resposta a uma alteração ambiental".

O objetivo da questão, a seguir, é avaliar o conhecimento do candidato com relação ao papel da luz como fator determinante da fotossíntese e da distribuição dos vegetais em diferentes ambientes.

UFMG/1995/Caderno A



Observe o gráfico referente à taxa de fotossíntese de duas espécies de plantas adultas, 1 e 2 em diferentes intensidades de luz.

Com base no gráfico e em seus conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar-se que:

- a) 1 pode ser cultivada no interior de uma casa.
- b) 1 provavelmente é uma umbrófila.
- c) 2 pode ser arbusto da Mata Atlântica.
- d) 2 pode ser uma espécie do cerrado.
- e) 2 possui maior eficiência fotossintética.

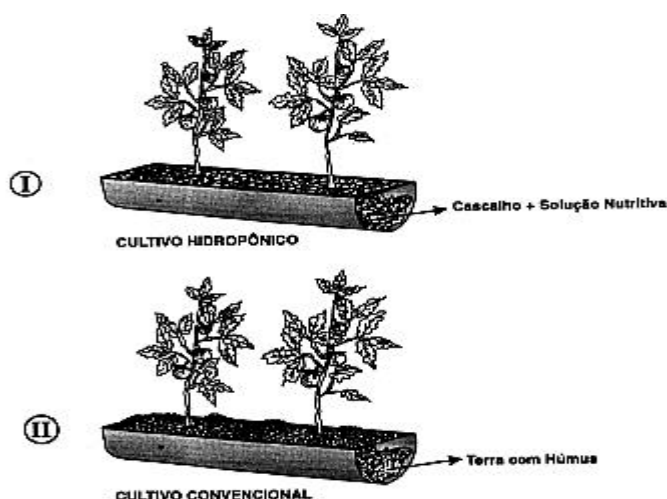
As alternativas A,C e D apresentaram índices muito próximos de atração. Estes resultados apontam para uma dificuldade na interpretação de gráficos relacionado às características dos ecossistemas brasileiros.

Pesquisas mostram que os estudantes dos diferentes graus de ensino básico tem dificuldade em reconhecer as características do cerrado. Dizem por exemplo que as plantas do cerrado possuem adaptações para falta de água e que o leão é um animal típico do cerrado. (Martins, 1999).

A questão a seguir avalia o conceito de nutrição dos vegetais através da interpretação de um sistema hidropônico.

UFMG/ 1997/Caderno B

A figura abaixo representa o cultivo de tomates em um sistema hidropônico I e em um canteiro adubado II.



Verificou-se que a produção de tomates em I e II não apresentou diferenças quantitativas nem qualitativas. Com relação aos cultivos I e II, é incorreto afirmar que:

- A. A absorção da matéria orgânica e de sais minerais resulta na mesma produtividade.
- B. A produtividade, tanto em I quanto em II, é resultante da fotossíntese.
- C. Húmus contém substâncias que, após decomposição, liberam nutrientes para o solo.
- D. Solo e a solução nutritiva atendem, qualitativamente, às necessidades da planta.

Na alternativa **A** é possível analisar a concepção dos estudantes de que a planta absorve matéria orgânica através das raízes. Os dados indicam que somente 16% dos estudantes considerou esta alternativa incorreta, enquanto 59% considerou incorreta a alternativa **B**. Isto aponta para a dificuldade de compreensão deste tema pelos estudantes de nível médio. Pesquisas em Ensino de Ciências (WANDERSEE 1983; DRIVER et alii, 1994) tem revelado as mesmas concepções e dificuldades no entendimento da nutrição dos vegetais por estudantes de outros países. DRIVER et al (1994) e BELL e BROOK (1985) identificaram junto a estudantes de escolas secundárias explicações de que as plantas retiram substâncias orgânicas (açúcares e proteínas) do solo. Alguns estudos indicam que as explicações heterotróficas ocorrem concomitantemente com as idéias de fotossíntese. Nas atividades de ensino observa-se nos estudantes a idéia de que o alimento das plantas é o material que elas absorvem. Os estudantes entendem ainda que a água, os minerais e o dióxido de carbono são alimentos para as plantas e que estão relacionados com a obtenção de energia. Consideram que a água é absorvida através das folhas e que água e CO_2 estão envolvidos com os processos de embebição e transpiração, respectivamente, permanecendo sem se transformarem durante este processo. TAMIR (1989) em sua pesquisa verificou que as crianças pensavam que a luz absorvida pelas plantas é alimento e os minerais absorvidos do solo, além de serem alimento, contribuem diretamente para a fotossíntese.

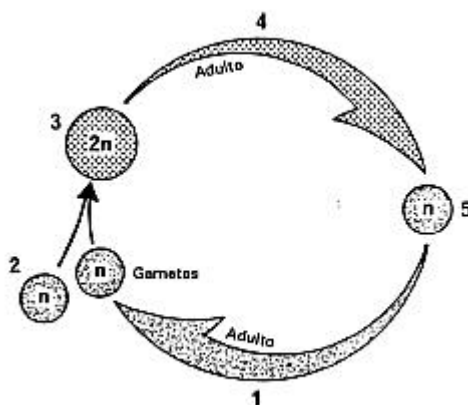
A fotossíntese é tida como um dos assuntos mais importantes e difíceis na Biologia (EISEN, 1993). Além da dificuldade em diferenciar respiração e fotossíntese (CAÑAL, 1999) há também, grande resistência por parte dos alunos, em compreender a relação entre a fotossíntese e a produção de energia (alimento das plantas, produzido por elas mesmas), assim como os aspectos químicos desta (elementos envolvidos na produção de energia), como foi citado por LUMPE, 1995.

Análise de livros didáticos tem revelado que o conceito de nutrição dos vegetais é visto de modo simplificado, em unidades separadas, e com grande ênfase no processo geral. A fotossíntese é tratada a nível bioquímico e em estruturas celulares, sem contexto de vivência do aluno.

A questão a seguir avalia os conceitos de divisão celular e sua relação com a reprodução da célula

UFMG/1994 - Questão 07 /Caderno B

Observe o esquema.



Com base na análise do esquema e em seus conhecimentos sobre o assunto, pode-se afirmar que

- nas Angiospermas, a fase 4 é muito desenvolvida.
- nas Briófitas, a formação de 3 independe da água.
- nas Briófitas, a fase 1 é dependente de 4.
- nas Pteridófitas, a fase mais longa está representada em 1.
- nas Pteridófitas, a meiose ocorre na fase 1.

Esta questão foi considerada muito difícil e com boa discriminação, entretanto as alternativas **A**, **C** e **E** obtiveram índices de atração próximos (em torno de 20%).

A abordagem dos conceitos de mitose e meiose em sala de aula remete para algumas considerações. É comum em atividades de ensino a referência à divisão celular como uma seqüência de acontecimentos celulares sem ênfase no comportamento e produtos cromossômicos. Assim o estudante tem domínio memorístico das diferentes fases da divisão celular sem perceber os principais acontecimentos envolvidos nestas divisões celulares: a manutenção do número de cromossomos, na mitose, e a redução e recombinação dos cromossomos na meiose.

Assim sendo, é extremamente difícil aplicar estes conceitos em situações problema como o indicado na questão. O estudante é convidado a reconhecer o ciclo reprodutivo de diferentes vegetais e as fases em que os processos de divisão celular ocorrem. Nosso entendimento é que os estudos desses conceitos deveriam acontecer em atividades de ensino-aprendizagem que propiciassem sua aplicação em contextos de vivência e não como sugerido

nos materiais didáticos disponíveis, em que o processo ocorre numa célula hipotética, completamente desarticulado dos processos de reprodução dos seres vivos.

Questões que exploram aplicação de conhecimentos científicos em textos literários também apresentam dificuldades no entendimento e resolução. A questão seguinte avalia a capacidade do estudante em reconhecer o contexto referenciado pelo poeta.

UFMG/1997 -Questão 16/Caderno B

A estrofe abaixo foi extraída do poema, "Jogos Frutais", de João Cabral de Melo Neto.

"Está desenhado a lápis
de ponta fina,
tal como a cana-de-açúcar
que é pura linha."

O termo "pura linha" a que se refere o poeta corresponde ao tecido vegetal:

- a) colênquima
- b) esclerênquima
- c) meristema
- d) parênquima

No contexto referenciado pelo poeta: cana de açúcar - pura linha, os estudantes são convidados a reconhecer o tipo de tecido vegetal presente na "pura linha" da cana de açúcar. Todas as alternativas apresentaram índice de atração muito próximos. Por esta razão a questão foi considerada muito difícil e com baixo índice de discriminação dos candidatos.

Reconhecemos que no estudo de morfologia e anatomia, dentre outros temas de biologia vegetal, em situações de sala de aula, o estudante é raramente convidado a identificar órgãos e tecidos vegetais que fazem parte de seus alimentos. Causa estranheza aos estudantes quando questionados se ingerem diariamente tecidos vegetais.

Considerações finais

Para YIP (1998) as concepções dos estudantes derivam de: 1) idéias elaboradas no cotidiano e que são levadas para sala de aula; 2) idéias elaboradas durante as atividades em sala de aula e 3) conceitos errôneos propagados pelos professores e livros didáticos. As concepções dos estudantes identificadas na primeira categoria são geralmente elaboradas a partir de suas experiências de vida e são de uso indiscriminado na linguagem cotidiana. Conceitos de vida, animal, planta, fotossíntese, respiração, trocas gasosas, estão inseridos no contexto real da vida dos estudantes e são identificados em situações anteriores as atividades de ensino (MINTZES et al, 1991; DRIVER et al, 1994). Por sua vez, as atividades de ensino têm se mostrado ineficientes para promover mudança conceitual. Os estudos de NUSBAUM, 1985, identificam a complexidade e a resistência de mudança conceitual por parte dos estudantes. Estas sobrevivem a muitos estágios da instrução formal.

Entretanto, há autores que consideram que um número significativo de concepções prévias podem não estar relacionadas com as experiências pessoais dos estudantes (VEIGA et al, 1989). Conceitos de divisão celular, funcionamento do néfron, circulação sanguínea

exigem maior grau de abstração e estão mais distantes das experiências dos estudantes, tendo portanto, menor chance de se fixarem como concepções espontâneas. Para YIP (1998) as idéias relacionadas a conceitos dessa natureza são desenvolvidas por atividades de ensino aprendizagem ineficientes tais como: a falta de entendimento de instruções das atividades; a identificação de pré-requisitos para a construção do conceito; ênfase exagerada a informação factual o que leva os estudantes a incorporarem conceitos isolados sem compreensão ou integração dos mesmos.

Outra origem das concepções espontâneas podem estar relacionadas a baixa competência dos professores para ensinar certos conceitos. Eles podem propagar uma visão errada ou incompleta para os estudantes através de instruções incorretas ou uso não crítico de certos textos didáticos (SANDERS, 1993). Este tipo de concepção é mais comum entre os estudantes que assumem um modo de aprendizagem com total aceitação da informação transmitida pelo professor sem questionamento.

Nessa pesquisa identificamos um grau de dificuldade dos estudantes em resolver questões que requerem conhecimento da Biologia Vegetal; tais como a morfologia externa, a reprodução e a estrutura interna das plantas. Resultados dos vestibulares de outras Universidades identificam esta mesma dificuldade em relação aos temas de Biologia Vegetal. A última análise comentada da prova de Biologia da UNICAMP, publicada em 1999, relata o baixo rendimento dos candidatos nas questões relativas a esta temática.

Entrevistas, contatos pessoais e cursos oferecidos para professores da rede pública de Minas Gerais tem revelado que os temas de Biologia Vegetal são mais complicados para serem abordados em sala de aula. É prática comum do professor deixarem estes temas para serem trabalhados no final do semestre. Os resultados obtidos em nossa pesquisa apontam não só para um cuidado especial que se deve tomar em relação às concepções dos estudantes, como também para uma atenção à formação dos professores de Biologia. É preciso rever nosso ensino de modo a torná-lo mais adequado e próximo à vivência dos estudantes de modo a propiciar a externalização dos conhecimentos prévios dos alunos e escolhermos estratégias de ensino que confrontem estas concepções com o conhecimento científico.

YIP (1998) sugere como estratégia para enfrentamento dessas dificuldades um planejamento e estrutura curricular com atividades de ensino usando uma abordagem construtivista, conflitos cognitivos, mapas conceituais, uso de analogias e demonstrações. Outro aspecto a ser considerado é a formação do professor de Biologia. É fundamental programas de formação continuada buscando uma competência do professor para o ensino de conceitos biológicos a partir de uma reflexão de suas próprias concepções.

Bibliografia

AMEH, C. & GUNSTONE, R.(1985). Teacher's concepts in science. *Research in Science Education*. 15. 151-157.

BARKER, M. E CARR, M. (1989). Photosynthesis –can our pupils see the wood for the trees? *Journal of Biological Education* 23 (1):41-4.

BELL, B. (1985). Students understanding of plant nutrition. In Bell, B.et alii. Learning, Doing and understanding in science, *The Proceedings of a Conference*, 11-13 July 1984, Woolley Hall, Nr. Wakefield, SSCR, London, pp 36-9.

BELL, B.F. & BROOK, A (1984). The construction of meaning and conceptual change in classroom stings: *Case studies in plant nutrition*, CLIS, Leeds, University of Leeds.

BLOOM, J. (1989). Preservice elementary teachers' conceptions of science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*. 11, 401-415.

CAÑAL, P.(1999). Photosynthesis and "inverse respiration" in plants: na inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21 (4)363-71.

DRIVER, R. et AL. (1994). *Making sense of secondary science – research into children's ideas*. Routledge. London and New York.

DRIVER, R. et ALII.(1984). Science em Schools at age 15: Report No 2, Assessment of Performance Unit, Department of Education and Science, HMSO, London.

EISEN, Y. & STAVY, R. (1993). How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15,117-125.

ENOCHS, L. & GABEL, D. (1984). Preservice elementary teachers' conceptions of volume. *School science and Mathematics*, 84, 670-680.

LUMPE, AT. & STAVY, JR (1995) Peer collaboration and photosynthesis. *Journal of research in Science Teaching*. Vol 32, 1, 71-98.

NUSSBAUM, J. (1985) The particulate nature of matter in the gaseous phase. In Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A (Ed.). *Children's ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.

SIMPSON, M. AND ARNOLD, B. (1982). The inappropriation use of subsumes in Biology learning, *European Journal of Science Education*, 4(2) : 173-82.

SMITH E. & ANDERSON C.(1984). Plants as producers. A case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 685-698.

STAVY, R.& EISEN, Y.& YAAKOBI, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*. Vol 9, 1, 105-115.

TAMIR, P. (1989). Some issues related to the use of justifications to multiple choice answers, *Journal of Biological Education* 11 (1) : 48-56.

_____(1991) Professional and personal knowledge of teachers and teacher educators. *Teaching and Teacher Education*, 7,263-268.

VEIGA, M. COSTA PEREIRA, D. AND MASKILL, R. (1989) Teachers'language and pupils'ideas in science lessons: can teachers avoid reinforcing wrong ideas? *International Journal of Science Education*, 11, 465-479

WANDERSEE, J.H. (1983). Student's misconceptions about photosynthesis: A cross-age study. In H. Helms & J.D.Novak (eds). *Proceedings of the International Seminar on*

Misconceptions in Science and Mathematics (pp 441-166). Ithaca. NY: Department of Education. Cornell University.

YIP, DIN-YAN. (1998). Identification of misconceptions in novices biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20, 461-477.

_____. Teacher's misconceptions of circulatory system. *Journal of Biological Education*, 32, 207-215.