



Análise dos efeitos do jogo Clipsitacídeos (Clipbirds) sobre a aprendizagem de estudantes do ensino médio acerca da evolução

Analysis of the effects of the game Clipbirds on high school students' evolution learning

Marta Moniz Freire Vargens

Universidade Federal da Bahia
mvargens@yahoo.com.br

Charbel Niño-El-Hani

Universidade Federal da Bahia
charbel.elhani@pq.cnpq.br

Resumo

Conteúdos de evolução são centrais no conhecimento biológico, porém, sendo abstratos e complexos, trazem dificuldades para o ensino e a aprendizagem. Considerando jogos educativos como potenciais ferramentas para ensino e aprendizagem de evolução, avaliamos a eficácia de um jogo sobre seleção natural (Clipsitacídeos) no contexto do ensino médio. Embora tenham ocorrido ganhos, com o jogo, na aprendizagem dos alunos sobre evolução, uma comparação com uma intervenção que serviu de controle mostrou que esta contribuiu de forma semelhante para a aprendizagem. Diante deste resultado, discutimos o papel de fatores relativos ao contexto de ensino das escolas, como o tempo dedicado aos conteúdos de evolução e o preparo dos docentes para utilizar ferramentas como os jogos. Dificuldades encontradas na compreensão conceitual de evolução foram consistentes com aquelas observadas em outras investigações. Isso reforça a importância de continuar investigando a implementação de abordagens que permitam superar estas dificuldades.

Palavras-chave

Evolução; Jogos educativos; Ensino Médio.

Abstract

Evolution contents are central in biological knowledge; however, they are abstract and complex and, thus, bring difficulties to teaching and learning. Since we regard educational games as potential tools to promote evolution learning, we evaluated the efficacy of using a game about natural selection (*Clipbirds*) in high schools. Even though there were gains in evolution learning among the students who used the game, a comparison with an intervention employed as a control showed that the latter contributed in a similar way to learning. Given these results, we discuss the role of factors related to the context of school teaching, as the time devoted to evolutionary contents and the preparation of teachers to use tools such as educational games. Difficulties in conceptual understanding about evolution were consistent with those observed in other studies. This reinforces the importance of continuing to investigate the implementation of approaches to overcome these difficulties.

Keywords

Evolution; Educational games; High school.

Introdução

A afirmação de Dobzhansky (1973) de que ‘nada na biologia faz sentido exceto sob a luz da evolução’ dimensiona, por si só, a posição central que os conteúdos de evolução ocupam no conhecimento biológico. Hoje, a teoria evolutiva darwinista desempenha um papel central no pensamento biológico, não apenas por integrar diversas áreas da biologia, como também por relacionar esta ciência a campos tão diversos quanto a economia, a matemática e a computação (FUTUYMA, 2002; MAYR, 1998). Com isso, mais do que um fim em si mesma, a aprendizagem bem sucedida de biologia evolutiva pode tornar os estudantes mais capazes de aprender conteúdos tanto de biologia, quanto de outras ciências.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999) reconhecem o papel do pensamento evolutivo como um eixo organizador do ensino de biologia. Outro aspecto deste documento que põe em destaque o ensino de evolução reside na recomendação de integração do cotidiano social ao conhecimento escolar, em todas as disciplinas (BRASIL, 1999). Afinal, o ensino da teoria darwinista da evolução, em particular, tem sido considerado fundamental numa educação para a cidadania, em particular, para a tomada de decisões em situações sócio-científicas, muitas delas vividas no cotidiano (Sadler, 2005). A compreensão satisfatória de diversos processos biológicos que têm impacto social depende do pensamento evolutivo, a exemplo da resistência bacteriana a antibióticos e das pandemias provocadas por vírus emergentes (FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005) ou do melhoramento genético de plantas e animais utilizados pelos seres humanos (Bull e WICHMAN, 2001; FUTUYMA, 2002). Além disso, a teoria darwinista se tornou em tempos recentes, por meio da filogenética, um dos fundamentos do monitoramento de doenças e da identificação de espécies para finalidades médicas, farmacológicas e

de conservação (BULL e WICHMAN, 2001). Também recentemente, estudos de bioinformática baseados na aplicação do pensamento darwinista se tornaram centrais no planejamento de protocolos biotecnológicos usados na produção de novos medicamentos e enzimas industriais, na defesa contra pragas agrícolas e microorganismos patogênicos resistentes, e até mesmo no desenvolvimento de novas tecnologias computacionais (BULL e WICHMAN, 2001; MEYER e EL-HANI, 2005). No caso da evolução biológica, a integração do conhecimento escolar com o cotidiano tem, pois, uma dimensão muito mais ampla do que se costuma reconhecer. Sua compreensão pode empoderar os cidadãos, tornando-os capazes de intervir frente a desafios com conseqüências diretas para sua qualidade de vida.

Na mesma proporção da sua importância, estão as dificuldades de ensino e aprendizagem de evolução, sobretudo porque muitos dos conceitos relacionados a este campo são tanto complexos quanto abstratos. Estas dificuldades são reconhecidas pelos PCNEM (BRASIL, 1999, Parte III, p.9): 'A percepção da profunda unidade da vida, diante da sua vasta diversidade, é de uma complexidade sem paralelo em toda a ciência'. Dawkins (1986) afirma que a seleção natural é um conceito que muitos acreditam entender, mas poucos realmente entendem. Tidon e Lewontin (2004) fornecem apoio a esta idéia, ao mostrar que os sujeitos de sua pesquisa consideram fácil diferenciar a teoria lamarckista e a darwinista, porém, suas respostas a este respeito são em geral equivocadas. As concepções de estudantes sobre evolução têm sido extensamente investigadas, com o objetivo de conhecer como elas se relacionam com possíveis dificuldades na aprendizagem, bem como de orientar a construção de propostas pedagógicas que possam contribuir para o ensino acerca deste campo central da biologia (BISHOP e ANDERSON, 1990; BIZZO, 1994; CLOUGH e WOOD-ROBINSON, 1985; DEMASTES et al., 1995; SHTULMAN, 2006). Em termos gerais, os resultados obtidos nestas pesquisas mostram que os alunos tendem a compreender 'evolução biológica' como sinônimo de 'progresso', 'crescimento' ou 'melhoramento', e a 'adaptação' é vista, nesse contexto, como um 'processo teleológico e individual', que ocorre durante o transcorrer da vida dos organismos individuais. Parte destes resultados pode ser atribuída à forma distorcida como este conhecimento aparece na escola, envolto numa série de problemas quanto à formulação de suas idéias centrais e à estrutura teórica que as relaciona. Problemas conceituais do mesmo gênero foram observados tanto em professores de biologia (TIDON e LEWONTIN, 2004), como em livros didáticos brasileiros de biologia destinados ao ensino médio (ROCHA et al., 2007). Além disso, há uma série de obstáculos ontológicos e epistemológicos à aprendizagem de evolução, como o pensamento essencialista; a confusão entre ontogenia e filogenia; a ausência de explicações históricas para muitos aspectos dos sistemas vivos abordados no conhecimento escolar; o finalismo; o supernaturalismo e a conseqüente reação ao discurso naturalista da ciência, sobretudo devido a conflitos com outras visões de mundo, como aquelas pautadas nas religiões cristãs; e as confusões semânticas envolvidas no uso do vocabulário evolutivo (Sepúlveda e El-Hani, no prelo).

Apesar do expressivo esforço, nas últimas décadas, para sanar ou diminuir os problemas encontrados no ensino e na aprendizagem de evolução (ALBERTS e LABOV, 2004; ALTERS e NELSON, 2002), os resultados alcançados, em termos da melhoria na compreensão dos conceitos evolutivos, continuam aquém do esperado (ALTERS e

NELSON, 2002; TIDON e LEWONTIN, 2004). Para Carneiro (2004), a despeito da reconhecida centralidade da biologia evolutiva no conhecimento biológico, ela ainda não representa em muitos países, nos currículos educacionais e na concessão de verbas para pesquisa, uma prioridade à altura de sua importância intelectual e de seu potencial para contribuir com as necessidades da sociedade.

Na área de educação em ciências, avanços teóricos e empíricos vêm contribuindo, de forma generalizada, para a melhoria do ensino e da aprendizagem de conteúdos científicos. A idéia de que o conhecimento é transmitido pelo professor e assimilado, passivamente, pelo aluno foi substituída, desde a década de 1970, por uma compreensão de que o processo de construção de conceitos é resultante da interação ativa do sujeito com o objeto de estudo, sendo esta interação mediada, de modo fundamental, pelo professor. Ou seja, de acordo com essa visão, o professor é um mediador do processo de aprendizagem e o aluno assume papel fundamental nas interações entre ensino e aprendizagem. Um dos referenciais teóricos que levaram a esta mudança foi a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), desenvolvida por David Ausubel e colaboradores (AUSUBEL et al., 1980; ver também MOREIRA e MASINI, 1982). Nesta teoria, considera-se que um novo conceito que um estudante está em processo de aprender deve ser 'ancorado' a esquemas conceituais já existentes em sua estrutura cognitiva, ou seja, em suas concepções prévias, para que a aprendizagem significativa possa ocorrer. Por meio deste processo, o novo conceito é aprendido e o conhecimento é transformado. Se as novas informações não interagem de modo substantivo com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, eles são memorizados e facilmente esquecidos, num processo que Ausubel denomina aprendizagem mecânica.¹

Dois dos principais pressupostos desta teoria são que: i) o material didático deve ser relevante e adequado à estrutura cognitiva do aprendiz; e ii) o aluno deve ter disposição de relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária o novo conteúdo aos seus conhecimentos preexistentes. Portanto, para que ocorra uma aprendizagem significativa, e não somente mecânica, é importante tanto a apresentação de um material logicamente significativo quanto a motivação em aprender por parte do aprendiz (AUSUBEL et al., 1980).

Neste contexto, ferramentas estimulantes, que promovam relações entre aquilo que é familiar e o que ainda é desconhecido, tornando mais fácil o acesso a conteúdos científicos abstratos, constituem materiais potencialmente significativos. Os jogos constituem um destes materiais. Cabrera (2006), por exemplo, afirma que a ludicidade é uma estratégia instrucional eficiente, que atende aos pressupostos mencionados, mostrando-se capaz de promover a aprendizagem significativa no ensino médio de biologia. Spigolon (2006), por sua vez, sugere que as motivações dos alunos devem ser aproveitadas em favor da sua própria aprendizagem, sendo os jogos educativos encarados como um dos recursos que, na prática pedagógica, podem se mostrar

¹ Não podemos nos estender nesse ponto no presente artigo, mas é importante ressaltar que aprendizagem mecânica e significativa não são, na TAS, dois tipos de aprendizagem mutuamente excludentes. Um indivíduo pode se encontrar, no início de uma tarefa, mais próximo de uma aprendizagem mecânica e, posteriormente, compreender de modo significativo o que está sendo trabalhado. Por isso, pode-se pensar em uma dimensão da aprendizagem na qual seja possível passar continuamente da aprendizagem mecânica à significativa.

motivadores para os estudantes. Não se deve perder de vista, contudo, que, não obstante a importância do jogo como ferramenta de motivação, ele pode ter também outros papéis importantes no processo educacional, por exemplo, de natureza cognitiva, assim como possui um valor educativo em si próprio, independentemente do conteúdo disciplinar que se pretende ensinar com ele.

Para Piaget, a atividade lúdica é o berço obrigatório das atividades intelectuais da criança, ligada diretamente ao desenvolvimento mental na infância. Ele afirma que:

O jogo é, portanto, sob as suas duas formas essenciais de exercício sensório-motor e de simbolismo, uma assimilação do real à atividade própria, fornecendo a esta seu alimento necessário e transformando o real em função das necessidades múltiplas do eu. Por isso, os métodos ativos de educação das crianças exigem todos que se forneça às crianças um material conveniente, a fim de que, jogando, elas cheguem a assimilar as realidades intelectuais que, sem isso, permanecem exteriores à inteligência infantil. (PIAGET, 1976, p.160)

A maioria dos teóricos que aborda a importância da ludicidade na aprendizagem enfatiza as primeiras fases do desenvolvimento, como pode ser visto em autores como Piaget, Wallon, Vygotsky e Bruner (ANCINELO e CALDEIRA, 2006). Portanto, é de se esperar que haja um maior investimento em pesquisas sobre o uso de jogos no ensino e na aprendizagem em crianças. Mas, ainda que jogos e brincadeiras sejam de fato fundamentais no período de desenvolvimento infantil, seu potencial de ensino continua presente em todas as fases da vida e, por isso, necessita ser investigado em todas as etapas escolares. Além disso, o papel educativo do jogo reside em auxiliar positivamente não só a formação cognitiva, como também o desenvolvimento social e moral dos indivíduos (KISHIMOTO, 1993). Como comenta Almeida (1998, p. 13):

A educação lúdica está distante da concepção de passatempo ou diversão superficial. Ela é uma ação inerente na criança, no adolescente, no jovem e no adulto e aparece sempre como forma transacional em direção a algum conhecimento, que se redefine na elaboração constante do pensamento individual em permutações com o pensamento coletivo.

Todas as pessoas tendem a jogar de forma natural e espontânea, devido às relações entre o jogo e o prazer. Entretanto, este mesmo caráter lúdico, que atualmente é uma das principais razões para a investigação de jogos no ensino e na aprendizagem em sala de aula, promove a idéia de 'não-educação' e a conseqüente discriminação destes como ferramentas didáticas. Muitos pais ainda são resistentes à inclusão de jogos no currículo escolar, justificando que a 'escola é lugar de aprender e não de brincar' (SPIGOLON, 2006). Há, conseqüentemente, um preconceito contra o uso de jogos na sala de aula e, em particular, de jogos eletrônicos (PRENSKY, 2006). Com isso, demorou-se muito a aceitar a utilização dos jogos como elemento educativo e, conseqüentemente, seu papel no ensino é ainda hoje pouco explorado (CAMPOS, et al., 2003; KISHIMOTO, 1990).

No ensino de biologia, os investimentos em pesquisas sobre jogos didáticos são ainda tímidos, principalmente se comparados a outras áreas, como a física e a matemática (FERREIRA e CARVALHO, 2004; GRANDO, 2000). Como uma tendência na área, destacam-se trabalhos simplesmente descritivos das atividades lúdicas desenvolvidas pelos

docentes, concentrando-se especialmente no ensino de genética (SBG, 2009). Entre os poucos estudos sobre jogos voltados para a ecologia e evolução, há os que seguem a mesma linha descritiva (LAUER, 2000; MORI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008; SANTOS FILHO et al., 2008) e outros que já apresentam algum critério para avaliação da ferramenta proposta (CAMPOS et al., 2003; MENDES et al., 2007).

Considerando o pequeno número de trabalhos que avaliam o resultado do uso de jogos no ensino de biologia e, principalmente, no ensino de evolução, este trabalho buscou investigar empiricamente a eficácia de um jogo educativo elaborado com a finalidade de contribuir para o ensino e a aprendizagem de evolução (Clipsitacídeos²), de modo a fazer frente às dificuldades enfrentadas na promoção de uma aprendizagem significativa dos conteúdos deste campo da biologia. Além disso, ao realizar este estudo, estávamos também interessados em analisar as dificuldades na compreensão conceitual relativa à evolução que seriam porventura apresentadas pelos estudantes participantes, que freqüentavam uma escola da rede pública estadual de ensino, O Colégio da Polícia Militar (CPM), Unidade Dendezeiros, na cidade de Salvador-BA. Outro interesse residia em dar continuidade aos testes do questionário CINS (*Conceptual Inventory of Natural Selection*, Anderson et al., 2002), particularmente no contexto brasileiro, de modo a contribuir para o aperfeiçoamento da própria ferramenta de coleta de dados.

Metodologia

Para investigar a efetividade do jogo educativo Clipsitacídeos, utilizamos uma abordagem quali-quantitativa, com um desenho experimental. A avaliação da aprendizagem foi feita com base na realização de pré- e pós-teste, com o questionário CINS (*Conceptual Inventory of Natural Selection*, ANDERSON et al., 2002). A intervenção foi composta de duas atividades, sendo que a segunda variava entre duas condições: (1) Aula expositiva; (2a) Experimento - aplicação do jogo, ou (2b) Controle - elaboração de um cartaz. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes do 2º ano do ensino médio, que eram, na ocasião do estudo, adolescentes com faixa etária entre 16 e 19 anos.

O jogo

O jogo Clipsitacídeos foi desenvolvido por Al Janulaw e Judy Scotchmoor, da Universidade da Califórnia, em Berkeley (JANULAW e SCOTCHMOOR, 2003). O ponto de partida para o desenvolvimento do mesmo foi uma atividade comumente aplicada em sala de aula, denominada 'Batalha dos Bicos' (ver, por exemplo, MORI et al., 2008). Nela, os alunos (representando pássaros de diferentes espécies) competem entre si,

² Livre tradução de *Clipbirds*, nome dado originalmente ao jogo por Janulaw e Scotchmoor (2003).

tentando pegar vários objetos (alimentos) com uma grande variedade de 'bicos', incluindo tesouras, colheres, alicates etc. A abordagem tradicional do jogo enfatiza aspectos ecológicos relacionados à competição inter-específica, mas não trata de modo claro da variação existente dentro de uma população, que é fundamental para a compreensão da evolução em termos darwinianos. No jogo Clipsitacídeos, por sua vez, os 'bicos' (representados por cliques) são todos iguais, apresentando apenas variação de tamanho. Essa variação de tamanho resulta, ao longo do jogo, em modificações nas proporções de aves com 'bicos' grandes, médios e pequenos, em resposta ao tipo de alimento disponível nas diferentes populações. Desta forma, mesmo que uma população não interfira no resultado da outra, os alunos se engajam, no desenvolvimento do jogo, numa dinâmica competitiva, a fim de alcançar melhores resultados (sobrevivência e reprodução) para suas respectivas populações. Contudo, como o jogo é realizado com equipes de alunos, podemos reconhecer, em sua dinâmica, interações tanto competitivas quanto cooperativas, ainda que estas últimas não ocorram no nível representacional do jogo (ou seja, com os pássaros), mas ao nível da interação entre os estudantes.³

Devido a restrições estabelecidas pela análise estatística a ser feita, foi adotado um número menor de jogadores, em relação às instruções originais, para se obter um número suficiente de réplicas e chegar a um desenho experimental mais adequado (ver item 2.4). Em vez de cada jogador representar apenas um dos pássaros de sua população, como na forma original do jogo, ele se reveza no papel dos diferentes indivíduos (com bicos grandes, médios e pequenos) na mesma população.

Além disso, os cliques usados originalmente na atividade foram substituídos por cliques niquelados, com formato diferente, pelo fato de o clipe indicado ser caro e difícil de encontrar em Salvador, onde realizamos a investigação. Por conseqüência, tivemos também de encontrar alternativas de 'alimentos', que se adequassem ao novo 'bico'. Um teste piloto desta forma modificada do jogo levou aos mesmos resultados de variação populacional esperados para a atividade original.

A versão final das instruções entregues aos alunos, constando dos tipos de alimentos utilizados e respectivas disponibilidades para cada população de 'pássaros', se encontra disponível no *site* do periódico (<http://revistas.if.usp.br/rbpec>, Anexo I). Com exceção das alterações acima descritas, o conteúdo original da atividade foi preservado.

Nesta atividade, os tópicos relevantes para discussão, em termos dos conteúdos de evolução, são os seguintes:

- As extinções são uma ocorrência natural;
- A evolução resulta – em parte, mas de modo importante – de seleção agindo sobre variantes presentes numa população;
- Características podem persistir nos organismos de uma população porque são de alguma forma vantajosas;

³ As instruções originais, a proposta da atividade e as orientações para preparação e desenvolvimento da mesma podem ser encontradas em Janulaw & Scotchmoor (2003).

- Características herdadas podem afetar as chances de sobrevivência e reprodução do organismo;
- A seleção age sobre a variação que existe numa população;
- A proporção de indivíduos com características vantajosas pode aumentar devido às suas maiores chances de sobrevivência e reprodução;
- A especiação requer isolamento reprodutivo.

O jogo utilizado aborda a evolução num contexto darwiniano, ou seja, tomando como base o pressuposto de que pequenas variações fenotípicas intra-populacionais são a base para processos de seleção natural e são, ao mesmo tempo, afetadas por este processo, o que resulta em mudanças na distribuição das características geração após geração. Outro pressuposto do jogo é o de que, na presença de isolamento reprodutivo, processos seletivos tipicamente resultam em populações distintas e podem levar à origem de novas espécies. Ou seja, com o passar do tempo, devido ao acúmulo gradual de modificações resultantes da ação da seleção diferencial sobre as variantes nas duas populações, acrescido de isolamento reprodutivo (uma idéia adicionada à teoria posteriormente a Darwin, mais especificamente, na teoria sintética), pode ocorrer a formação de duas populações distintas a partir de uma população ancestral, e, eventualmente, de novas espécies. É importante notar que a seleção diferencial é resultado direto da eficácia diferencial dos distintos 'bicos' na obtenção de alimentos, que estão disponíveis de modo diferente nos ambientes das duas populações. Apenas neste contexto é que as características de determinado bico podem ser vantajosas. Sendo assim, um tipo de bico particular pode não ajudar à sobrevivência do organismo em outro ambiente, no qual a distribuição de alimentos é distinta. No caso dos clipsitacídeos, as duas populações de 'pássaros' sofrem sucessivas modificações na disponibilidade de alimentos (sementes maiores e menores, mais ou menos disponíveis para cada população) e, com isso, diferentes tamanhos de bico deverão, em princípio, ser favorecidos nas duas populações.

Contexto do estudo

O Colégio da Polícia Militar (CPM)-Unidade Dendezeiros, localizado em Salvador-BA, foi criado em 1957, tendo como principal objetivo propiciar instrução aos filhos de policiais militares e civis, bem como de servidores públicos federais, estaduais e municipais, oferecendo a educação básica, do 1º ano do Ensino Fundamental à 3ª série do Ensino Médio, incluindo o pré-vestibular. É um colégio de grande porte, com três pavilhões e uma população escolar estimada de três mil alunos, distribuídos em três turnos.

O CPM tem como objetivo principal, conforme estabelecido no seu Projeto Político-Pedagógico, a promoção de um ensino de qualidade, preservando os princípios de civismo e patriotismo, bem como as tradições históricas da Instituição Policial-Militar da Bahia, assim como contribuindo para o desenvolvimento da formação integral do educando e seu preparo para o exercício da cidadania. Atendendo à comunidade residente em Salvador e nas cidades circunvizinhas, a escola funciona em sistema de externato e o ensino é gratuito. O alunado era, até o ano de 1993, constituído apenas de estudantes do sexo masculino. Contudo, no ano de 1994, estudantes do sexo

feminino passaram a ser também admitidas no Colégio. Os estudantes que freqüentam o CPM são oriundos de uma diversidade de estratos sócio-econômicos.

A escola conta com uma equipe de professores civis e militares. Os primeiros são lotados na Secretaria de Educação do Estado da Bahia, representando a maioria dos docentes, enquanto os últimos são policiais militares que ministram aulas em regime especial de ensino, com a devida formação e habilitação para tal atividade.

No turno que os estudantes que participaram da investigação freqüentavam (matutino), de modo geral havia, na época do estudo, equivalência entre a idade dos alunos e a série em que estudavam, com certa homogeneidade com relação à idade dentro das turmas. Entre os estudantes participantes, não houve diferença significativa no que diz respeito ao gênero.

O instrumento de coleta de dados

Para avaliar as modificações sofridas pelo conhecimento dos alunos em decorrência das intervenções, no caso do jogo e da confecção de cartazes, foi utilizado o questionário CINS (*Conceptual Inventory of Natural Selection*), desenvolvido e validado por Anderson et al., (2002), traduzido por C. N. El-Hani, e adaptado e testado no contexto brasileiro por C. N. El-Hani e C. Sepulveda, na UFBA e na UEFS, respectivamente.

Este instrumento aborda os seguintes conteúdos: (i) Os recursos são limitados em relação ao tamanho das populações (Recursos Limitados); (ii) A população sofre mudanças ao longo do tempo (Mudanças na População); (iii) Cada indivíduo, dentro da população, tem uma chance de sobrevivência distinta e nem todos os indivíduos de uma população sobreviverão ou contribuirão com descendentes para a próxima população (Sobrevivência Limitada); (iv) Uma parte da variação fenotípica da população pode ser passada para os descendentes, uma vez que alguns traços são hereditários (Variação Hereditária); (v) Os organismos de uma população não são todos iguais em relação a uma característica e, portanto, observamos variação dentro da população (Variação na População); (vi) Dado que os organismos apresentam variação fenotípica e os recursos são limitados, há uma sobrevivência diferencial dos organismos na população (Sobrevivência Diferencial); (vii) Os diferentes indivíduos deixam diferentes números de descendentes para a próxima geração da população, apresentando potencial biótico distinto (Potencial Biótico); (viii) As populações são estáveis, dentro de um determinado espaço de tempo (Populações são Estáveis); (ix) Em geral as variações se originam, em última análise, de mutações espontâneas, que não respondem às necessidades dos organismos (Origem da variação); (x) As espécies se originam do acúmulo diferencial de modificações nas populações descendentes de uma população ancestral, na presença de isolamento reprodutivo (Origem das espécies).

Nota-se, portanto, significativa superposição entre os conteúdos trabalhados no jogo e avaliados no instrumento de coleta de dados, justificando, dessa maneira, a utilização do mesmo para a avaliação da aprendizagem dos alunos ao longo das intervenções.

O questionário CINS possui originalmente 20 questões de múltipla-escolha, abordando 10 conceitos em 10 questões paralelas, duas para cada conceito (*'two-tier questions'*).

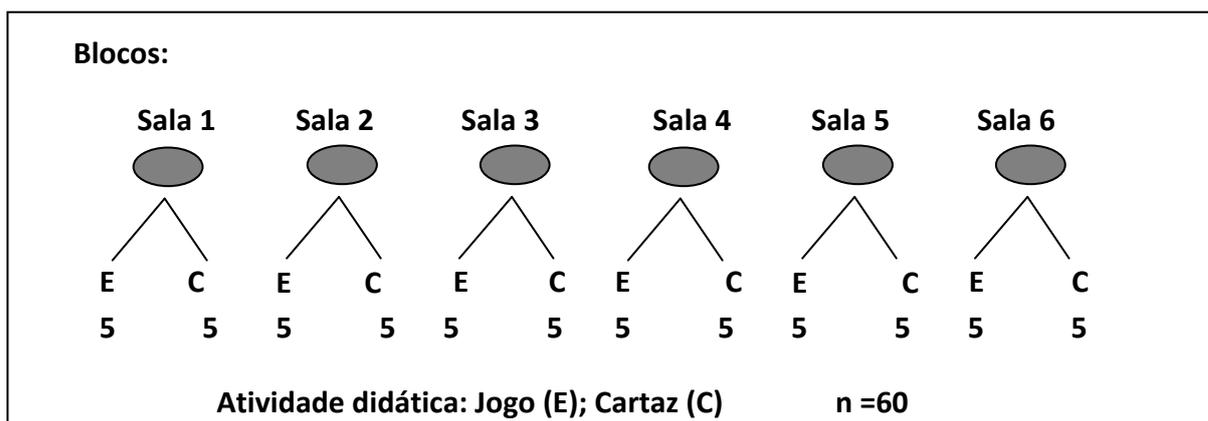
A fim de aumentar o engajamento dos alunos ao respondê-lo, sem perder sua eficiência como instrumento de coleta de dados, as questões referentes aos quatro últimos conceitos ('Potencial Biótico', 'Populações são Estáveis', 'Origem da Variação' e 'Origem das Espécies') foram suprimidas, reduzindo-se o questionário para 12 questões⁴. Os três primeiros conceitos eram os que se mostravam menos próximos daqueles abordados no jogo. Por sua vez, o conceito 'Origem das Espécies', apesar de relativo ao jogo, é apresentado em uma das questões do instrumento original através da pergunta 'O que levou as populações de pássaros com formas e tamanhos diferentes de bicos a tornarem-se espécies distintas distribuídas nas várias ilhas?' Considerando que este é exatamente o cenário do jogo Clipsitacídeos e que os alunos que tivessem jogado poderiam ter vantagem ao responder tal questão, as questões sobre este conceito também foram retiradas, com o intuito de minimizar este viés.

Cada questão possui uma alternativa correta (à qual é atribuído o escore de 1 ponto), sendo as demais inadequadas ou incorretas (0 ponto). Esta pontuação permite a obtenção de um escore total para o questionário, fornecendo dados quantitativos, que foram usados nas análises estatísticas. As alternativas inadequadas foram elaboradas a partir de concepções alternativas (distratores) geralmente empregadas pelos estudantes⁵.

Desenho experimental

Inicialmente, contava-se com a participação de seis turmas do 2º ano do Ensino Médio. Em cada turma, foram escolhidos aleatoriamente dez alunos voluntários para participar da pesquisa, totalizando 60 alunos. Para uniformizar mais a amostra e minimizar as variáveis de confusão, nenhuma das turmas deveria ter abordado previamente conteúdos de evolução em sala de aula.

O experimento foi planejado em blocos (TROCHIM, 2006; UNDERWOOD, 1997) (Figura 1), de acordo com as seguintes etapas:



⁴ O questionário utilizado se encontra disponível no *site* do periódico (<http://revistas.if.usp.br/rbpec>, Anexo II).

⁵ Os conceitos científicos e as concepções alternativas utilizadas no CINS podem ser examinados no *site* do periódico (<http://revistas.if.usp.br/rbpec>, Anexo III).

Figura 1. Desenho experimental em blocos. Desenho em blocos com dois fatores (1º fator = sala, 2º fator = abordagem de ensino), com seis níveis no tratamento: 1 – Salas (1, 2, 3, 4, 5, 6), dois níveis no tratamento; 2 – Atividade didática (experimental - E e controle - C) e 12 réplicas.

Etapa 1 – Pré-teste: Todos os alunos participantes foram submetidos ao questionário CINS, como meio de avaliar seus conhecimentos prévios, antes de qualquer contato com o jogo ou com a atividade usada como controle.

Etapa 2 – Intervenção: Esta etapa foi composta por duas atividades, sendo as atividades 2.2 e 2.3 usadas alternativamente.

2.1. Aula: Numa situação escolar real, a apresentação dos conceitos geralmente precede o uso de qualquer atividade. Assim, primeiramente, todos os alunos assistiram juntos a uma exposição didática introdutória, apresentando a teoria evolutiva num contexto darwiniano e destacando a seleção natural como um dos principais mecanismos subjacentes ao processo evolutivo. Os objetivos específicos desta aula foram: i) caracterizar as populações naturais, associando suas propriedades a pressupostos da teoria evolutiva darwiniana; ii) fornecer explicação inicial sobre seleção natural e adaptação, contextualizando historicamente a teoria de Darwin e Wallace; iii) aplicar os conceitos apresentados a exemplos diversos, incluindo o caso dos bicos dos tentilhões das Galápagos; e iv) identificar as concepções prévias dos estudantes e apresentar as explicações científicas aceitas, relativas à operação do mecanismo da seleção natural. Desta forma, os conceitos básicos, requeridos para o desenvolvimento adequado das atividades didáticas (jogo ou cartaz), foram apresentados igualmente a todos os participantes. Esperava-se, desse modo, aumentar a probabilidade de que diferenças encontradas entre os grupos controle e experimental fossem atribuíveis à utilização da ferramenta em si, e não ao conteúdo abordado durante a intervenção didática. A aula foi ministrada pela pesquisadora aos estudantes que compunham ambos os grupos (C e E).

2.2. Experimento – Jogo: Após a exposição, os alunos de cada turma foram divididos em quantidades iguais, formando-se aleatoriamente grupos experimentais (E) e controles (C) (Figura 1). Os grupos experimentais foram separados dos demais e, a cada um deles, foi fornecido um kit com os materiais do jogo e as instruções para realização do mesmo. Os grupos deveriam compreender o jogo sozinhos, sendo esclarecidas somente dúvidas mais básicas.

2.3. Controle – Cartaz: Enquanto os grupos experimentais tinham acesso ao jogo Clipsitacídeos, os outros alunos (dos grupos C) foram orientados a elaborar um cartaz sobre os mesmos conteúdos trabalhados no jogo. Foi pedido a cada um deles que representassem, em uma cartolina, da forma como quisessem (esquema, desenho, texto etc.), os conceitos aprendidos na aula. Foi dito a eles que poderiam utilizar o exemplo dos bicos dos pássaros, apresentado na aula, para organizar os conceitos. A atividade controle foi necessária por proporcionar o mesmo tempo de interação dos grupos com conteúdos de evolução e, conseqüentemente, a mesma oportunidade de negociação de significados. A escolha da confecção de cartazes como atividade controle se deu por esta ser uma atividade comumente empregada em salas de aula. Assim como no caso dos grupos (E), todos os grupos (C) trabalharam independentemente.

Etapa 3 – Pós-teste: Logo após a intervenção, todos os alunos responderam novamente ao questionário CINS.

Cada atividade teve a duração de aproximadamente 50 minutos, chegando-se, assim, a um total de três tempos de aula (150 minutos).

A metodologia utilizada no estudo buscou acomodar, da melhor maneira possível, uma série de variáveis que interferem em investigações realizadas no contexto real das salas de aula da educação básica (Brown, 1992). Apesar da influência de tais variáveis, consideramos que os resultados, tendo em vista o número de réplicas utilizado e a cautela por nós empregada na interpretação dos achados, forneceram indícios suficientes para avaliar os efeitos do jogo Clipsitacídeos sobre a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio acerca da evolução.

Análise dos resultados

Para verificar se houve diferença significativa nos ganhos de conhecimento sobre evolução entre os alunos que trabalharam com o jogo Clipsitacídeos (E) e os que confeccionaram cartazes (C), as diferenças das médias dos escores dos questionários do pré- e do pós-teste dos grupos foram comparadas através de uma ANOVA de 2 Fatores. Esta mesma análise permitiu examinar se houve influência da variação das respostas das diferentes salas nos resultados dos testes. Os dados foram analisados através do programa estatístico SYSTAT 8.0. A significância adotada foi de $\alpha = 0,05$.

Além disso, os questionários foram avaliados quanto à taxa de consistência das respostas em relação a cada conteúdo, assim como quanto ao nível de dificuldade encontrado pelos estudantes em cada questão. A taxa de consistência corresponde à proporção de respostas corretas em apenas uma das questões relativas ao mesmo conceito (questões paralelas), enquanto o nível de dificuldade foi medido pela proporção de respostas corretas para cada questão.

Resultados e Discussão

Avaliação da eficácia do jogo Clipsitacídeos como ferramenta didática

Dos 60 alunos inicialmente comprometidos com a pesquisa (ou seja, aqueles que participaram da *Etapa 1*), somente 32, de 5 salas, finalizaram a *Etapa 3*. Durante as *Etapa 2* e *3*, 40 alunos participaram do estudo, garantindo número suficiente e balanceado para a realização das atividades; porém, ao final da *Etapa 3*, a quantidade de respondentes do pós-teste foi menor. Isso se deveu a desistências, que são comuns em estudos que contam com a participação de voluntários (Trochim, 2006). Devido a tais desistências, o desenho experimental foi modificado para 5 níveis e 10 réplicas.

Os resultados dos escores obtidos pelos alunos no pré- e pós-testes são apresentados na Figura 2. A diferença entre os escores foi positiva para quase todos os estudantes (apenas 6 tiveram resultados negativos). Em relação às turmas, a diferença da média dos escores foi positiva em todas as cinco salas. Isso indica que, após a intervenção, a maioria dos alunos respondeu corretamente a um número maior de questões.

Quando comparados os escores dos grupos controle (cartaz) e experimental (jogo), a diferença de valores entre os alunos que jogaram e que fizeram cartazes não foi significativa (ANOVA, $F_{4,4} = 0,289$; $p = 0,871$). Esta análise mostrou também que possíveis diferenças entre as salas não tiveram influência sobre o resultado (ANOVA, $F_{4,1} = 0,001$; $p = 0,977$). Estes achados sugerem que houve um aparente ganho de aprendizagem em evolução através da aplicação da intervenção e que ambas as atividades, jogo e cartaz, contribuíram de forma semelhante na promoção desta aprendizagem.

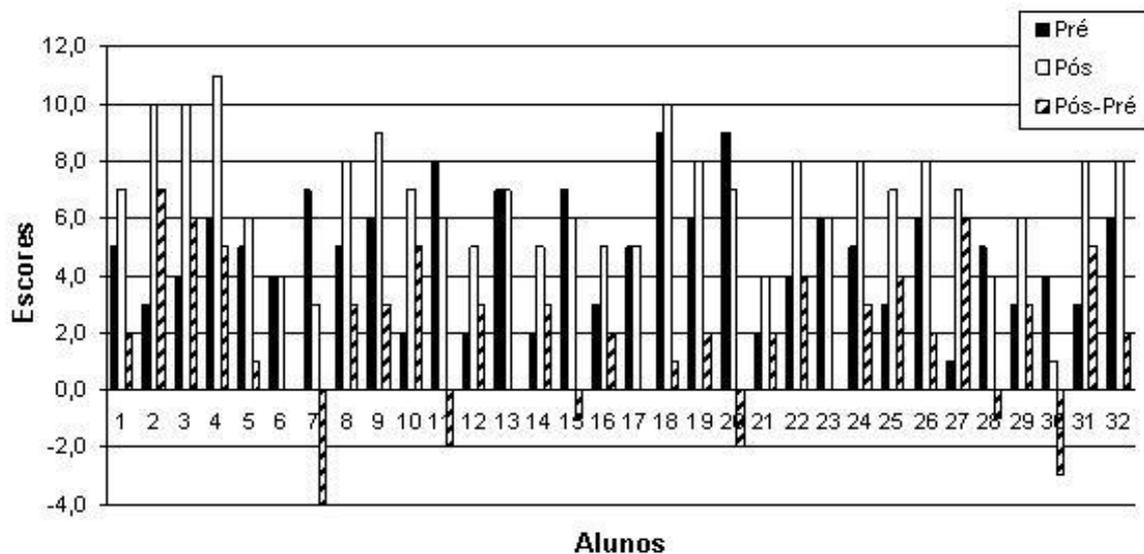


Figura 2: Distribuição dos escores por aluno no pré-teste, pós-teste e diferença entre pós- e pré-testes

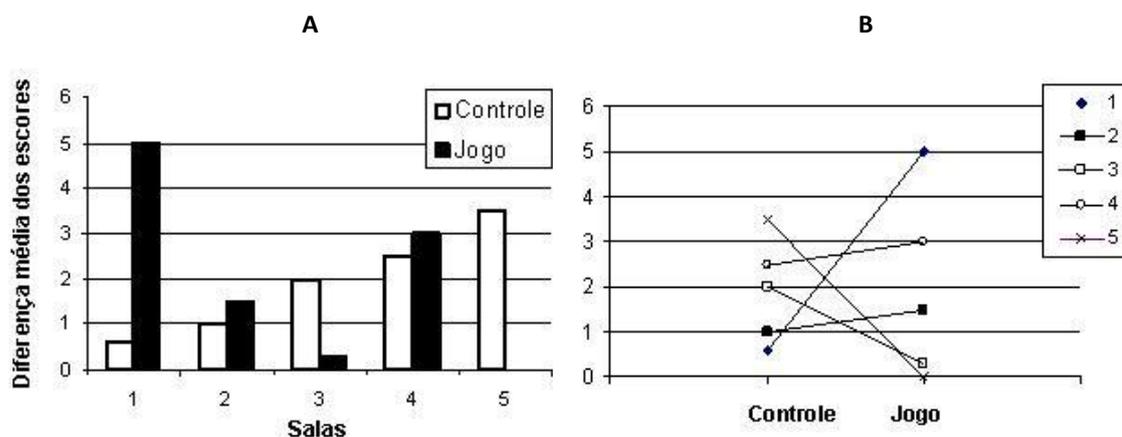


Figura 3. (A) Distribuição da média dos escores por sala (1-5), nos grupos controle e jogo; (B) Gráfico de dispersão da diferença média dos escores por sala (1-5), nos grupos controle e jogo.

Primeiramente, vale ressaltar que, apesar de os PCNEM (BRASIL, 1999) sugerirem o uso de atividades lúdicas no ensino de ciências e do crescente desenvolvimento de jogos educativos para uso em sala de aula, poucos estudos testaram de modo rigoroso a efetividade de tais jogos. Os procedimentos de avaliação empregados muitas vezes

são subjetivos e poucos trabalhos têm a efetividade de seus resultados avaliada com base em métodos confiáveis (CABRERA, 2006; MENDES et al., 2007). Estudos que avaliam a eficácia de jogos com adolescentes são ainda mais raros (CAMPOS et al., 2003; SPIEGEL et al., 2008, CABRERA, 2006). Tendo em vista que uma investigação sobre a eficácia de uma ferramenta pedagógica é um estudo sobre uma relação de causa e efeito, estudos experimentais ou *quasi*-experimentais, com abordagem qualitativa, são necessários, não obstante a importância de realizar esses estudos no contexto de salas de aulas reais e as dificuldades que seguem de tal desenho, e tampouco a importância de conduzir, também, estudos qualitativos que aprofundem a compreensão dos fenômenos de ensino e aprendizagem envolvidos. Estudos experimentais ou *quasi*-experimentais requerem, ainda, número suficiente de réplicas, de modo a acomodar as variáveis que interferem em investigações realizadas em sala de aula.

Atualmente, a expansão da pesquisa sobre jogos eletrônicos educativos tem preenchido algumas das lacunas citadas anteriormente, investigando-se mais sobre como adolescentes aprendem por meio de jogos e promovendo-se mais avaliações dos jogos desenvolvidos, em vez de dar-se atenção somente ao próprio desenvolvimento (ver revisão em Garris et al., 2002). Porém, de forma geral, as avaliações ainda dão maior ênfase à empatia e jogabilidade do que ao ganho de conhecimento pelos alunos (CAMPOS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2008). Neste estudo, buscamos preencher esta lacuna, avaliando se o jogo Clipsitacídeos atende ao seu propósito educativo, através de um teste empírico no qual buscamos empregar uma abordagem metodológica rigorosa (TROCHIM, 2006; UNDERWOOD, 1997).

Os resultados encontrados nos levam a discutir alguns aspectos sobre a utilização de jogos educativos em sala de aula. Uma primeira observação que pode ser feita, em relação a características de jogos didáticos que devem ser preservadas para que eles tenham função educativa, pode ser derivada do argumento de Kishimoto (1993) de que o jogo educativo possui duas funções que devem estar em constante equilíbrio: a função lúdica, que está ligada à diversão, ao prazer e até ao desprazer, e a função educativa, que objetiva a ampliação dos conhecimentos dos educandos. Ela considera duas conseqüências de um desequilíbrio destas funções:

O desequilíbrio entre estas funções provoca duas situações: não há mais ensino, há apenas jogo, quando a função lúdica predomina ou, o contrário, quando a função educativa elimina todo hedonismo, resta apenas o ensino. (KISHIMOTO, 1993, p.19)

Muitas vezes, os professores 'impõem' uma atividade 'lúdica' aos alunos, acreditando que esta, por si só, contribuirá para a aprendizagem. No entanto, considerando que o prazer da participação (e, conseqüentemente, a motivação para a aprendizagem) se origina da liberdade do ato lúdico, a obrigatoriedade rompe este caráter livre e pode até mesmo anular o prazer (BROUGÈRE 1997; SPIGOLON, 2006; TISERA, 2006). Assim como nos deparamos, nesta pesquisa, com dificuldades de participação dos voluntários e desmotivações, os professores devem estar atentos a tais dificuldades ao realizar procedimentos semelhantes. Poderá ser mais proveitoso buscar consenso em relação à atividade a ser aplicada e, quando possível, apresentar outra opção aos

alunos mais insatisfeitos. Neste sentido, a depender da motivação, uma atividade convencional poderá ser tão educativa quanto uma lúdica, ou mesmo mais educativa.

Outro aspecto relevante diz respeito a como o jogo Clipsitacídeos contribui para o desenvolvimento social e moral dos jogadores, na medida em que este pode ser considerado um dos papéis do jogo nos processos educativos (KISHIMOTO, 1993). Parece-nos que, na medida em que o jogo combina, em sua dinâmica, interações competitivas e cooperativas, uma de suas contribuições se refere à compreensão, pelos estudantes, de como se entrelaçam e, também, entram em tensão, elementos de competição e de cooperação na vida dos seres humanos. Isso pode favorecer, por sua vez, a formação dos estudantes para o trabalho em equipe, que tem como um de seus pilares fundamentais, a busca de um equilíbrio entre estas duas inclinações fundamentais.

Um obstáculo importante no trabalho com os conteúdos no Ensino Médio, que afeta muito o ensino de evolução, se refere ao pouco tempo dedicado a cada assunto no currículo. Para conseguir cumprir o cronograma didático, os professores muitas vezes acabam apresentando conteúdos de forma acelerada e superficial, em decorrência da quantidade excessiva de conteúdos nos currículos. Tidon e Lewontin (2004) apontam que, num universo de mais de 200 aulas de biologia para o Ensino Médio, 65% dos professores chegam a dedicar somente 10 aulas para o ensino de evolução. Neste estudo, o tempo dedicado ao experimento, apesar de ser correspondente àquele usado nas escolas para aulas de evolução, se mostrou insuficiente para promover um melhor aproveitamento do jogo. Após jogarem Clipsitacídeos, as instruções orientavam os alunos a discutirem os resultados obtidos. Assim como muitas vezes ocorre em uma sala de aula real, observou-se que esta última etapa foi negligenciada pela maioria dos grupos participantes. Neste caso, o planejamento estabelecido para o experimento tinha a intenção de minimizar ao máximo a interferência nos diferentes grupos, de modo que não podíamos intervir e estimular os estudantes para que as discussões fossem mais aprofundadas. Entretanto, em sala de aula, a postura do professor deve ser oposta, sendo esta inclusive uma das orientações para a aplicação do jogo original (JANULAW e SCOTCHMOOR, 2003). A inclusão de atividades não convencionais, como os jogos didáticos, deve ser vista e planejada como atividade vinculada ao ensino do conteúdo, e não como algo 'extra', que irá 'tomar' o (pouco) tempo disponível para esta tarefa. Para isto, é necessário considerar, ainda na elaboração da intervenção didática, quais conteúdos abordados podem ser divididos entre aulas expositivas e a utilização de um jogo, por exemplo.

Outro fator a ser considerado quanto à análise da eficácia do jogo testado diz respeito às adaptações realizadas na versão original, que podem ter exercido influência sobre os resultados das frequências populacionais dos 'pássaros' encontradas pelos alunos e, conseqüentemente, em toda proposta conceitual do jogo. Entretanto, os resultados do experimento confirmaram o padrão encontrado no piloto: ao final da 4ª temporada, todos os cinco grupos experimentais apresentaram uma maior população de pássaros com bicos grandes e pequenos nas terras dos lados leste e oeste, respectivamente. Este é o resultado esperado (e induzido pela diferença na distribuição dos 'recursos') na aplicação do jogo original. Todavia, mesmo no contexto original, algumas variações deste padrão são possíveis, devido a diferenças das características dos próprios jogadores (força, agilidade e escolha das sementes). No estudo que realizamos,

contudo, a única diferença observada foi em relação à maior frequência de indivíduos de bicos médios na última temporada. Acreditamos que esse resultado pode ser atribuído, em parte, ao uso de 'sementes' de pinheiro. Apesar de essas sementes terem sido incluídas no intuito de dificultar sua coleta por outros tamanhos de bico, com exceção dos bicos grandes, é de se esperar que imperfeições naturais da semente tenham possibilitado a captura das mesmas por alunos que estavam manuseando bicos com outros tamanhos.

Os resultados acima sugerem que os alunos, que nunca haviam tido contato com conteúdos específicos de evolução, foram capazes de apresentar melhoras na compreensão dos mesmos a partir de uma intervenção didática que envolvia o uso de atividades lúdicas. Entretanto, não foi possível atribuir ao jogo Clipsitacídeos eficiência distinta ao de outra atividade, comumente empregada em salas de aula, a elaboração de cartazes. Isso não significa que o jogo deixe de possuir potencial de ensino, mas que os professores e pesquisadores devem considerar outros fatores do cotidiano escolar que venham a influenciar a eficácia de seu uso.

3.2. Concepções dos alunos sobre seleção natural

O questionário CINS, desenvolvido por Anderson et al. (2002), tem como proposta acessar o entendimento dos estudantes sobre seleção natural de forma tão eficiente quanto em entrevistas orais, diferenciando-se de testes anteriores por ter sido elaborado com base em dados empíricos resultantes de pesquisas efetivamente realizadas, em vez de situações hipotéticas. Por ser recente, mesmo validada, esta ferramenta continua em teste (Nehm & Schonfeld, 2008). No contexto brasileiro, ela ainda não foi muito explorada (El-Hani et al., 2006). Os resultados obtidos no presente estudo contribuem tanto para o aperfeiçoamento da ferramenta em si, quanto para dar acesso a dados acerca da compreensão dos estudantes sobre evolução.

O questionário original possui 20 questões (2 para cada conceito). Neste trabalho, utilizamos uma versão reduzida do CINS, abordando apenas 6 conceitos, em 6 questões paralelas, totalizando 12 questões (ver Metodologia). As seis questões paralelas apresentam os mesmos distratores, diferindo entre si basicamente pela espécie descrita no cenário (tentilhões, lebigas e lagartos). Os escores totais de cada questão são apresentados na Tabela 1.

Analisando os dados obtidos no pré- e no pós-teste, relacionados aos diferentes conceitos abordados, identificamos alguns padrões semelhantes a achados descritos na literatura. Segundo Settlage e Jensen (1996), é comum que os estudantes respondam às perguntas sobre a seleção natural de maneiras diferentes, dependendo do cenário apresentado. Este parece ter sido o caso dos alunos investigados no presente estudo. Aproximadamente 40% das respostas dos alunos foram adequadas em apenas uma das alternativas, entre as duas relativas ao mesmo conceito, tanto no pré- quanto no pós-teste (Tabela 2).

Isso corresponde a uma taxa alta de discrepância nas respostas, especialmente se comparada à taxa de 20% encontrada por Settlage e Jensen (1996), num estudo com graduandos de biologia, avaliados por um mesmo tipo de questionário sobre seleção natural, de múltipla escolha com questões paralelas. É de se esperar, no entanto, que

graduandos de biologia apresentem melhores resultados do que alunos do Ensino Médio, que tiveram contato limitado com o ensino de evolução. Apesar de possíveis comparações, estes resultados apontam dificuldades, em ambos os níveis educacionais, na compreensão de conceitos relacionados à evolução, de modo a generalizá-los independentemente do cenário no qual eles se apresentam. De acordo com Smith e Siegel (2004), a compreensão apropriada de uma teoria científica deve implicar, entre outras habilidades, a capacidade do estudante de aplicar a teoria numa variedade de situações, tanto acadêmicas quanto não-acadêmicas. Para alcançar este objetivo, é preciso trabalhar com generalizações a partir de casos específicos, trazendo à tona e discutindo as concepções prévias dos estudantes (Alters et al., 2002).

Questão	Escore	
	Pré	Pós
1	16	24
2	6	6
3	20	28
4	17	19
5	11	15
6	16	24
7	4	9
8	11	23
9	2	14
10	28	29
11	13	5
12	11	18
Total	155	214

Tabela 1. Escores totais por questão do CINS, no pré- e no pós-teste (n=32).

Conceito*	N		%	
	Pré	Pós	Pré	Pós
1	13	11	41	34
2	4	3	13	9
3	20	16	63	50
4	10	13	31	41
5	21	16	66	50
6	11	12	34	38
Total	79	71	41	37

Tabela 2. Escores totais por questão do CINS, no pré- e no pós-teste (n=32).

O grau de dificuldade apresentado pelos alunos nas diferentes questões também fornece informações sobre seu entendimento dos diferentes conceitos abordados no questionário. Questões paralelas apresentaram níveis de dificuldade diferentes em todos os conceitos (Tabela 3). Os resultados apresentados pelos estudantes investigados no presente estudo foram semelhante àqueles encontrados por Anderson e cols. (2002), em pelo menos 7 das 12 questões (2, 3, 4, 6, 10, 11, 12). A questão 2, referente a 'Mudanças na População', merece destaque, tendo sido classificada por Anderson e cols. (2002) como 'particularmente difícil'. Neste estudo, encontramos graus praticamente idênticos de dificuldade para a mesma questão, não havendo sequer melhora no pós-teste. A questão 7, sobre o mesmo conceito, esteve entre as

mais difíceis, tanto no pré- quanto no pós-teste. Estes dados reforçam não só a observação original de que a questão 2 é particularmente difícil para os estudantes, mas também que o conceito 'Mudanças na População' coloca, de modo geral, dificuldades para a compreensão da seleção natural.

Anteriormente a Darwin (1809-1882) e Wallace (1823-1913), teorias evolutivas como a de Lamarck (1744-1829) entendiam a transformação dos seres vivos a partir de um foco em processos individuais, que têm lugar na ontogenia. Todo o processo evolutivo era modelado no desenvolvimento individual do organismo e as mudanças sofridas pelas espécies eram tratadas como conseqüências diretas de mudanças individuais. Se quisermos usar termos contemporâneos, a mudança filogenética era entendida como conseqüência de um acúmulo de mudanças ontogenéticas. A teoria darwiniana da evolução trouxe uma mudança conceitual tanto em relação à unidade que evolui quanto ao mecanismo subjacente ao processo evolutivo: de um lado, ela alterou o foco da explicação evolutiva do indivíduo para a população; de outro, passou de um mecanismo transformacional, que procurava explicar a evolução dos seres vivos com base em mudanças simultâneas e conjugadas, que ocorreriam em todos e em cada um dos seres vivos, para um mecanismo variacional, baseado na seleção natural, no qual mudanças ocorrem em populações em virtude de mudanças nas proporções de seus componentes, decorrentes da sobrevivência e sucesso reprodutivo diferenciais, graças a variações intra-específicas preexistentes (BOWLER, 2003; MARTINS, 1997; MEYER e EL-HANI, 2005; CAPONI, 2006). Porém, ainda hoje, concepções como 'uso e desuso', 'herança de caracteres adquiridos', 'mudança por necessidade', assim como visões finalistas e transformacionais são verificadas entre os estudantes, como alternativas ao pensamento evolutivo variacional (ALTERS e NELSON, 2002; BISHOP e ANDERSON, 1990; CLOUGH e WOOD-ROBINSON, 1985).

Item	Conceito	Dificuldade (% respostas corretas)		
		Anderson*	Pré	Pós
1	Recursos são limitados ^a	61	50	75
8	Recursos são limitados ^c	52	34	72
2	Mudanças na população ^a	18	19	19
7	Mudanças na população ^b	28	13	28
3	Sobrevivência limitada ^a	67	63	88
9	Sobrevivência limitada ^c	42	6	44
4	Varição hereditária ^a	55	53	59
11	Varição hereditária ^c	39	41	16
5	Varição da população ^b	67	34	47
10	Varição da população ^c	81	88	91
6	Sobrevivência diferenciada ^b	56	50	75
12	Sobrevivência diferenciada ^c	39	34	56

Tabela 3. Comparação do grau de dificuldade apresentado pelos alunos investigados em cada item do pré- e do pós-teste, no presente estudo (n= 32) e no trabalho de Anderson et al. (2002) (n= 206). Espécie utilizada na abordagem do item: atentilhões; blebistes; clagarto. *Dados apresentados em Anderson et al. (2002).

No CINS, algumas destas concepções são apresentadas como distratores nas questões 2 e 7, referentes a 'Mudanças na População': 'a) Mudanças na população ocorrem através de mudanças graduais em todos os membros da população'; 'b)

Comportamentos aprendidos são hereditários'; e 'c) Mutações ocorrem em função de necessidades da população'. Muitos autores atribuem ao pensamento evolutivo anterior à seleção natural as dificuldades perpetuadas até hoje na compreensão de como ocorrem as mudanças evolutivas nas populações, tendendo a caracterizá-las como 'lamarckianas' (a exemplo de ALTERS e NELSON, 2002; BISHOP e ANDERSON, 1990; CLOUGH e WOOD-ROBINSON, 1985). Kampourakis e Zogza (2007) argumentam, contudo, que esta caracterização é muitas vezes indevida, inclusive por não se tratarem todas de idéias encontradas de fato nos trabalhos originais de Lamarck. Estes autores sugerem que tais concepções devem ser investigadas com base no ambiente intelectual ao qual o aluno está exposto, em vez de simplesmente qualificá-las como 'lamarckianas'. Entendido nesses termos, o pensamento finalista e antropomórfico parece prevalecer na biologia porque (i) organismos parecem ser orientados, em seu comportamento e em sua fisiologia, por metas; (ii) as pessoas tendem a projetar suas experiências pessoais sobre fenômenos que percebem no mundo; (iii) estes pensamentos têm aparente valor explicativo; e (iv) há valor heurístico nas abordagens finalistas (ZOHAR e GINOSSAR, 1998). Isso reafirma a idéia de que, para conseguir alcançar adequado entendimento sobre como a evolução é explicada em termos científicos, é preciso abordar os conceitos a partir do entendimento original dos alunos, discutindo, por exemplo, o papel do acaso no processo evolutivo e a natureza não teleológica da evolução, quando entendida em termos darwinistas. Ao final, os alunos deverão ser capazes de compreender que não existe, de uma perspectiva científica, nem um plano predeterminado, nem um resultado final necessário na história da vida (KAMPOURAKIS e ZOGZA, 2007).

Analisando os diferentes graus de dificuldade entre questões paralelas, os valores mais discrepantes foram observados nos conceitos 'Sobrevivência Limitada' e 'Variação na População'. Em ambos os pares (questões 3-9 e 5-10), a diferença entre as questões foi maior do que 50% no pré-teste, persistindo alta no pós-teste (acima de 40%). No primeiro par, o fato de a questão 9 introduzir um distrator diferente da sua questão paralela pode ter sido responsável pela diferença encontrada. A alternativa que afirma que 'mutações são respostas a variações ambientais específicas', mesmo que contida numa questão sobre 'Sobrevivência Limitada', representa uma concepção alternativa ao conceito 'Origem da Variação'. Compreender a idéia de que o surgimento de variação nos traços não responde às necessidades dos organismos, frente a um dado regime seletivo, aparece como uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos estudantes também em outros estudos (BISHOP e ANDERSON, 1990; DEMASTES et al., 1995). Por envolverem conhecimentos que estavam além do enfoque do jogo investigado, as questões originais relativas ao conceito 'Origem da Variação' foram excluídas do questionário e, durante a intervenção didática, o tema foi abordado somente na medida do necessário para a integração dos conteúdos apresentados. Apesar de os alunos terem apresentado uma maior dificuldade para responder a questão 9 no pré-teste e da breve abordagem na aula expositiva (Etapa 2.1) dos conteúdos referentes à 'Sobrevivência Limitada', houve substancial melhora no pós-teste, indicando tratar-se realmente mais de um problema de compreensão do conceito do que de dificuldade da própria questão, como foi o caso da questão 2 ('Mudanças na População').

Em relação ao conceito 'Variação na População' (questões 5 e 10), prevalece nos estudantes a idéia de que as variações afetam apenas externamente os indivíduos (Alters & Nelson, 2002). A maior diferença na formulação das questões 5 e 10 é a de que, na primeira, uma das alternativas distratoras proclama que 'todos são idênticos internamente e apresentam variações externas', sendo que na segunda afirma-se o inverso, que 'todos são idênticos externamente e apresentam variações internas'. Enquanto uma alternativa aborda diretamente a concepção alternativa dos alunos, sua correspondente, apesar de também inadequada em termos científicos, nega esta concepção, tornando mais fácil a escolha por eliminação. Isso realmente parece ter ocorrido, uma vez que a questão 10 foi a que apresentou a maior proporção de respostas corretas.

A questão 11 (sobre 'Variação Hereditária') foi a única a apresentar maior dificuldade no pós-teste, em relação ao pré-teste. Este fato pode ser discutido em termos de um resultado da análise de componentes principais (PCA) realizada na própria validação do questionário (ANDERSON et al., 2002), no qual esta questão se agrupou com aquelas relativas à 'Origem da Variação', ao invés daquelas concernentes à 'Variação Hereditária', como originalmente planejado. Como visto anteriormente, este parece ser um ponto de grande dificuldade para os alunos. Além disso, a alternativa mais escolhida (c - 60%) no pós-teste corresponde, novamente, à idéia de que mudanças na população ocorrem através de transformações graduais nos indivíduos. Esta idéia predominante entre os estudantes foi verificada também por Shtulman (2006), num estudo que evidenciou as dificuldades de se adotar o pensamento populacional e variacional, de modo a superar o pensamento transformacional. Sendo assim, na presente investigação, a partir da incerteza da resposta prévia (pré-teste) e de este assunto não ter sido aprofundado durante as intervenções, houve uma migração para a alternativa (c), que corresponde exatamente ao conceito 'Mudanças na População', cujas questões tiveram os menores índices de aproveitamento, entre todas as questões do CINS que utilizamos.

Deste modo, os conceitos que apresentaram maiores dificuldades de aprendizagem foram 'Mudanças na População' e 'Origem da Variação'. Este último, mesmo não possuindo questões específicas na versão reduzida do questionário CINS, mostrou-se de difícil compreensão quando apresentado de alguma forma em outras questões sobre conceitos relacionados ('Sobrevivência Limitada' e 'Variação Hereditária'). Tanto 'Mudanças na População' quanto 'Origem da Variação' estão entre os conceitos que trazem maiores dificuldades de entendimento para os estudantes (SEPULVEDA e EL-HANI, no prelo). Ao mesmo tempo, estes são conceitos centrais para o entendimento do pensamento evolutivo. Na tentativa de sanar estas dificuldades, podemos destacar a necessidade de (1) analisar causal e historicamente o fenômeno da adaptação biológica; (2) focar o desenvolvimento histórico do darwinismo; (3) promover uma melhor compreensão da natureza da ciência; (4) tecer conexões entre conhecimento prévio e conhecimento a ser aprendido; e (5) tornar mais preciso o significado que termos que também frequentam a linguagem cotidiana assumem no contexto do discurso científico (SEPULVEDA e EL-HANI, no prelo).

Conclusões e sugestões

Os resultados deste estudo apontam para a necessidade de avaliar mais profundamente a eficácia de ferramentas lúdicas elaboradas para o ensino de biologia e, particularmente, de evolução. Apesar de não termos encontrado diferença significativa entre o uso do jogo e a atividade controle, foram observados ganhos de conhecimento sobre evolução na aplicação da intervenção como um todo. Diante destes resultados, discutimos alguns fatores presentes no contexto do ensino, que não o jogo em si, que podem ter interferido na capacidade deste de proporcionar maiores ganhos de conhecimento. Em particular, destacamos a necessidade de respeito ao caráter livre do ato lúdico e de preparo dos professores e pesquisadores para que sejam atingidos os benefícios desejados.

Entre as sugestões para trabalhos futuros, indicamos primeiramente a necessidade de haver maior envolvimento dos professores no processo da pesquisa, em particular, na condição de responsáveis pela aplicação da intervenção. Caso seja possível, vale a pena realizar o experimento em diferentes turmas de um mesmo docente (da mesma série, até mesmo em diferentes escolas), a fim de investigar a eficácia do jogo em diferentes contextos, com diferentes alunos, ao mesmo tempo em que se evita introduzir o viés de trabalhar com professores diferentes. Além disso, neste estudo, o jogo teve de ser adaptado para um menor número de alunos e seria indicado que trabalhos futuros pudessem testá-lo também no contexto original, com turmas inteiras participando. Isso demanda, contudo, haver um número suficiente de turmas que constituam réplicas necessárias a um desenho experimental ou *quasi*-experimental consistente.

É recomendável, ainda, a aplicação de ferramentas de avaliação de aprendizagem significativa juntamente com o questionário CINS, como, por exemplo, mapas conceituais. Porém, o sucesso deste método depende de se prover treinamento no uso da ferramenta antes do início do experimento, tempo para sua elaboração durante o experimento e, novamente, do comprometimento e da disponibilidade dos professores e estudantes.

As dificuldades apresentadas pelos estudantes investigados no que diz respeito à compreensão dos conteúdos de evolução foram compatíveis com aquelas observadas em outros trabalhos, o que sugere a necessidade de atenção no ensino de conceitos relativos ao pensamento evolutivo. Faz-se necessário reforçar o ensino de conceitos relativos a 'Mudanças na População' e o conceito 'Origem da Variação' também merece atenção.

Nunca é demais lembrar que, para muitas pessoas, o Ensino Médio será a primeira e última oportunidade de aprendizagem de evolução. Diante da importância deste conteúdo para a compreensão dos conceitos biológicos, que cumprem papel central no entendimento de várias questões sócio-científicas muito relevantes na atualidade, é preciso continuar investigando estratégias que possam melhorar a aprendizagem a seu respeito.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de Mestrado e de Produtividade em Pesquisa (Nível 1-D) concedidas; ao CNPq, à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo financiamento de projetos; aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento (UFBA); e ao Prof. Dr. Pedro Luís Bernardo da Rocha e à Prof^a. Msc. Ana Maria Rocha de Almeida pelas valiosas contribuições durante a condução deste estudo.

Referências

- ALBERTS, B.; LABOV, J. B. From the National Academies: Teaching the science of evolution. **Cell Biology Education**, v. 3, n. 2, pp. 75-80, 2004.
- ALMEIDA, P. N. **Educação lúdica: técnicas e jogos pedagógicos** (9ª ed.). São Paulo: Loyola, 1998.
- ALTERS, B. J.; NELSON, C. E. Perspective: Teaching evolution In higher education. **Evolution**. v. 56, n.10, pp. 1891-1901, 2002.
- ANCINELO, P. R.; CALDEIRA, L. P. O papel dos jogos lúdicos na educação contemporânea In: XII Jornada de Educação, 12, 2006. **Atas...**, Santa Maria: UNIFRA, 2006.
- ANDERSON, D. L.; FISHER, K. M.; NORMAN, G. J. Development and evaluation of the Conceptual Inventory of Natural Selection. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 10, pp. 952–978, 2002.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional** (2 ed.). Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BISHOP, B. A.; ANDERSON, C. W. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 5, pp. 415-427, 1990.
- BIZZO, N. M. V. From Down House landlord to Brazilian high school students - What has happened to evolutionary knowledge on the way. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 5, pp. 537-556, 1994.
- BOWLER, P. J. **Evolution: The history of an idea** (3ª ed.). Berkeley-CA: University of California Press, 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SEF, Vol. 3, 1999.
- BROUGÈRE, G. **Brinquedo e cultura**. São Paulo: Cortez, 1997.
- BROWN, A. Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 2, pp. 141-178, 1992.

BULL, J. J.; WICHMAN, H. A. Applied evolution. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, p. 183-217, 2001.

CABRERA, W. B. **A ludicidade para o Ensino Médio na disciplina de Biologia: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006. 158f.'

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELICIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Cadernos dos Núcleos de Ensino**, p. 35-48, 2003.

CAPONI, G. El viviente y su medio: Antes y después de Darwin. **Scientiae Studia**, v. 4, n.1, pp. 9-43, 2006.

CARNEIRO, A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. 137f.

CLOUGH, E. E.; WOOD-ROBINSON, C. How secondary students interpret instances of biological adaptation. **Journal of Biological Education**, v. 19, n. 2, p. 125-130, 1985.

DAWKINS, R. Blind watchmaker. **New Scientist**, v.112, n. 1532, p. 65-65, 1986.

DEMASTES, S. S.; SETTLAGE, J.; GOOD, R. Students sonceptions of natural selection and its role in evolution - Cases of replication and comparison. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, n. 5, p. 535-550, 1995.

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in light of evolution. **American Biology Teacher**, v. 35, n. 3, p.125-129, 1973.

EL-HANI, C. N.; TAVARES. E. J. M.; COSTA, A. M; LIMA, J. G. B.; GOUVEA, P. C. L. Análise das concepções de estudantes de biologia da UFBA sobre evolução e seleção natural e de suas mudanças ao longo do curso. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, 7, 2006, Salvador. **Boletim de Resumos Eletrônicos do VII Seminário de Pesquisa e Pós-graduação da UFBA**. Salvador:UFBA, 2006. CD-ROM.

FERREIRA, M. C.; CARVALHO, L. M. O. D. A evolução dos jogos de Física, a avaliação formativa e a prática reflexiva do professor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, pp. 57-61, 2004.

FUTUYMA, D. J. (Ed.). **Evolução, Ciência e Sociedade**. São Paulo: SBG, 2002. Disponível em: <http://www.sbg.org.br/ebook/Novo/ebook_evolucao.pdf> Acesso em: 21/05/09.

GARRIS, R.; AHLERS, R.; DRISKELL, J. E. Games, motivation, and learning: A research and practice model. **Simulation & Gaming**, v. 33, n.4, p. 441-467, 2002.

GRANDO, R. C. **O conhecimento matemático e o uso de jogos na sala de aula**. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

JANULAW, A.; SCOTCHMOOR, J. **Clipbirds**. [S.l]: UCMP, 2003. Disponível em: <<http://www.ucmp.berkeley.edu/education/lessons/clipbirds>> Acesso em: 21/05/09.

KAMPOURAKIS, K.; ZOGZA, V. Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? **Science & Education**, v. 16, n. 3-5, p. 393-422, 2007.

KISHIMOTO, T. M. O brinquedo na educação: Considerações históricas. **Idéias**, v. 7, n. 1, pp. 39-45, 1990.

KISHIMOTO, T. M.. **Jogos tradicionais infantis: O jogo, a criança, a educação**. 8ª ed. Petrópolis: Vozes, 1993.

LAUER, T. E. Jelly Belly® jelly beans & evolutionary principles in the classroom: Appealing to the students' stomachs. **American Biology Teacher**, v. 62, n. 1, pp. 42-45, 2000.

MARTINS, L. A. C. P. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. **Episteme**, v. 2, n. 3, pp. 33-34, 1997.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: UnB, 1998.

MENDES, C. F.; BRAGA, N. M. P.; SOUSA, M. A. N. Jogo didático-ecológico aplicado a alunos do quinto ciclo: Conhecendo a nossa fauna. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8, 2007, Caxambu. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu: SBE, 2007.

MEYER, D.; EL-HANI, C.N. **Evolução: O sentido da biologia**. São Paulo: UNESP, 2005.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**. A teoria de David Ausubel (2ª ed.). São Paulo: Moraes LTDA, 1982.

MORI, L.; MIYAKI, C. Y.; ARIAS, M. C. Os tentilhões de Galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram. **Genética na Escola**, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2008.

NEHM, R. H.; SCHONFELD, I. S. Measuring knowledge of natural selection: a comparison of the CINS, and open response instrument, and oral interview. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, n.10, p. 1131-1160, 2008.

OLIVEIRA, M. V. D. M.; ARAÚJO, W. S. D.; OLIVEIRA, A. C. D.; SOARES, T. N. Jogo Galápagos: A extinção e a irradiação de espécies na construção da diversidade biológica. **Genética na Escola**, v. 3, n. 1, p. 49-57, 2008.

PIAGET, J. **Psicologia e pedagogia** (D. A. Lindoso & R. M. R. d. Silva, Trans.). Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1976.

PRENSKY, M. **Don't bother me mom—I'm learning!**: How computer and video games are preparing your kids for 21st century success and how you can help! St. Paul: Paragon House Publishers, 2006.

ROCHA, P. L. B. D.; ROQUE, N.; SILVA, S. A. H. D.; ROSA, V. L.; SOUZA, Â. M. F. L.; MARQUES, A. C.; et al. Brazilian High School Biology textbooks: Main conceptual problems in evolution and biological diversity. In: INTERNATIONAL MEETING ON CRITICAL ANALYSIS OF SCHOOL SCIENCE TEXTBOOKS, 2007, Tunísia. **International**

Meeting on Critical Analysis of School Science Textbooks. Tunis: University of Tunis, 2007.

SADLER, T. D. Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 2, p. 68-72, 2005.

SANTOS FILHO, J. W.; BRITO, C. E. N.; SANTOS, C. L.; ALVES, A. C. M.; SCHNEIDER, H. N. Jogo Tartarugas: Objeto de Aprendizagem na Educação Ambiental. In: SEMINÁRIO JOGOS ELETRÔNICOS, EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO, 4, 2008, Salvador. **Anais do IV Seminário Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação.** Salvador: RBJE, 2008.

SBG. Sociedade Brasileira de Genética. **Revista Genética na Escola.** Disponível em: <<http://www.sbg.org.br/GeneticaEscola2/web/menuRevista.html>> Acesso em: 21/05/09.

SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Controvérsias sobre o conceito de adaptação e suas implicações para o ensino de evolução. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 6, 2007, Florianópolis. **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação: Implicações para o ensino de evolução. In: ANDRADE M., A.; GALLEGU, P. (Orgs.) **Algunas problemáticas de investigación en la enseñanza de las ciencias en América Latina.** Bogotá, Colômbia: Fondo de Publicaciones Universidade Distrital Francisco José Caldas. (no prelo)

SETTLAGE, J.; JENSEN, M. Investigating the inconsistencies in college student responses to natural selection test questions. **The Electronic Journal of Science Education**, v.1, n.1, 1996.

SHTULMAN, A. Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. **Cognitive Psychology**, v. 52, p. 170-194, 2006.

SMITH, M. U.; SIEGEL, H. Knowing, believing, and understanding: What goals for science education? **Science & Education**, v.13, n.6, p.553-582, 2004.

SPIEGEL, C. N. ; ALVES, G. G.; CARDONA, T. D.; MELIM, L. M. C.; LUZ, M. R. M. P.; ARAÚJO-JORGE, T. C.; HENRIQUES-PONS, A. Discovering the cell: An educational game about cell and molecular biology. **Journal of Biological Education**, v. 43, n. 1, p. 27-35, 2008.

SPIGOLON, R. **A importância do lúdico no aprendizado.** 2006. 44p. Monografia (Curso de Pedagogia), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

TISERA, M. **Fragmentos de Homo ludens - Johan Huizinga (1968).** Lecturas. Buenos Aires: Emecé, 2006.

TIDON, R. LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 1, p.124-131, 2004.

TROCHIM, W. M. **The research methods knowledge base** (2nd Edition). 2006. Disponível em: <<http://www.socialresearchmethods.net/kb/>>. Acesso em: 21/05/09

UNDERWOOD, A. J. **Experiments in ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

ZOHAR, A.; GINOSSAR, S. Lifting the taboo regarding teleology and anthropomorphism in biology education - Heretical suggestions. **Science Education**, v. 82, n. 6, p. 679-697, 1998.

Recebido em agosto de 2009, aceito em maio de 2011.