

ANÁLISE DE UMA ESTRATÉGIA LÚDICA PARA O ESTUDO DA ORIGEM DA MITOCÔNDRIA NO ENSINO MÉDIO

Leandra M.C. Melim¹

Gutemberg G. Alves², Tânia Araújo-Jorge³, Mauricio R.M.P. Luz⁴, Carolina N. Spiegel⁵

¹Instituto Oswaldo Cruz/ lemelim@gmail.com

²Universidade Estácio de Sá/ Curso de Ciências Biológicas / Instituto Oswaldo Cruz, Laboratório de Biologia Celular, Setor de Inovações Educacionais/ gutemberg.alves@docente.estacio.br

³Instituto Oswaldo Cruz/ Laboratório de Biologia Celular, Setor de Inovações Educacionais/ taniaaj@ioc.fiocruz.br

⁴Instituto Oswaldo Cruz / Setor de Biologia, Colégio de Aplicação, Universidade Federal do Rio de Janeiro / mauluz@ioc.fiocruz.br

⁵Universidade Federal Fluminense/Departamento de Biologia Celular e Molecular/ Instituto Oswaldo Cruz cspiegel@ioc.fiocruz.br

Resumo

Investigamos o uso de uma estratégia lúdica no Ensino Médio, envolvendo o aprendizado baseado na solução de problemas, no ensino da teoria endossimbiótica da origem da mitocôndria na célula eucariota. Este tema envolve não apenas a biologia celular, mas também evolução e interações ecológicas, sendo abordado através de aplicações do *Caso* “O Hóspede do Barulho” pertencente ao jogo didático “*Célula Adentro*”, em diferentes escolas do Ensino Médio. “*Célula Adentro*” é um jogo de tabuleiro com caráter investigativo, que procura estimular o raciocínio e a interatividade em sala de aula. Em uma análise através de questionários, os alunos demonstraram grande aceitação desta estratégia e, apesar de terem considerado o *Caso* com um grau de dificuldade médio, conseguiram, em sua maioria, solucionar o problema proposto, além de aplicar o conteúdo aprendido em uma pergunta relacionada. Nossos resultados indicam a validade desta estratégia para a discussão da teoria endossimbiótica no Ensino Médio.

Palavras-chave: biologia celular e molecular, ensino baseado na solução de problemas, Ensino Médio, jogos.

Abstract

In this work, we have investigated a ludic strategy for high school students, involving problem-based learning, to teach the endosymbiotic origin of mitochondria on eukaryotic cells. This theme, which involves not only cell biology, but also evolution and ecologic interactions, was approached in different high schools through the *Case* "O Hóspede do Barulho" (The Inside Job), belonging the board game “*Célula Adentro*” (Discovering the Cell). “*Célula Adentro*” is an investigative game, which attempts to stimulate reasoning and interactivity in the classroom. On a questionnaire-based analysis, students demonstrated great acceptance for this strategy and, although considering a medium level of difficulty for the *Case*, the majority of students were able to solve the proposed problem, as well as applying the learned content in a related question.

Our results suggest the validity of this strategy in the discussion of the endosymbiotic theory for high school students.

Keywords: cell and molecular biology, games, high school, problem-based learning

Introdução

Certos meios de aquisição de conhecimento são facilitados quando tomam a forma aparente de atividade lúdica, pois os alunos ficam entusiasmados ao receberem a proposta de aprender de uma forma mais interativa e divertida (Campos *et al.*, 2003). Dentro do contexto educacional, destaca-se o papel dos jogos, que apresentam entre suas principais vantagens o fato dos estudantes tornarem-se participantes mais ativos e não apenas observadores: eles tomam decisões, resolvem problemas e reagem aos resultados de suas decisões (Lewis *et al.*, 2005). O jogo não é o fim visado, mas o eixo que conduz a um conteúdo didático determinado. Ele resulta de um empréstimo da ação lúdica para servir à aquisição de informações (Kishimoto, 1993). Além disso, jogos promovem a cooperação nos grupos (Chung, 1996) e criam um nível de envolvimento dos estudantes que, segundo Boruchovitch (1999), contribuem para o ensino efetivo. Os jogos didáticos permitem ainda que diversos objetivos pedagógicos relacionados à cognição, afeição, socialização, motivação e criatividade sejam atingidos (Miranda, 2001).

Diversas estratégias educativas envolvendo jogos e atividades lúdicas têm sido descritas na literatura para melhorar o desempenho dos estudantes (Lewis *et al.*, 2005) em temas relacionados à biologia celular e molecular. Dentre estas iniciativas, podemos destacar jogos de genética para crianças baseadas em histórias fictícias (Davies, 2005), jogos interativos abordando a síntese de proteínas (Lewis *et al.*, 2005), jogos de cartas e palavras cruzadas estimulando a discussões em fisiologia e biologia celular (Franklin *et al.*, 2003) e jogos *on-line* de neurociências discutindo conhecimentos sobre drogas entorpecentes para adolescentes (Miller *et al.*, 2006).

O jogo formulado por nossa equipe (Spiegel *et al.* 2001; Cardona *et al.*, 2007) se fundamenta no aprendizado baseado na solução de problemas (Silva & Núñez, 2002), na medida em que propõe problemas (*Casos*) de caráter investigativo, relacionados à biologia celular e molecular. Uma vez que instiga os jogadores a desenvolverem suas próprias teorias relacionando resultados de diferentes pesquisas, pode-se dizer ainda que este jogo compartilha algumas características com o método de ensino baseado na investigação (Chinn & Malhotra, 2002; Zion *et al.*, 2004). Na formulação didática das situações-problema propostas, procuramos nos basear nas reflexões metodológicas de Silva & Núñez (2002), levando em conta o nível cognitivo dos jogadores e a orientação para uma busca investigativa, mantendo caráter dinâmico e envolvendo estratégias adequadas que impliquem em uma nova construção do conhecimento na busca da solução. Estratégias de ensino envolvendo situações-problema estão de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2000a). que preconizam:

“A aprendizagem de concepções científicas atualizadas do mundo físico e natural e o desenvolvimento de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas [...] de forma a aproximar o educando do trabalho de investigação científica tecnológica”.

Dentro das orientações educacionais complementares aos PCNs para a área de Biologia (BRASIL, 2000b), destaca-se também o papel do jogo dentre as estratégias que propiciam a instalação de uma relação dialógica em sala de aula e, por isso, podem ser privilegiadas no ensino da Biologia:

“Os jogos e brincadeiras são elementos muito valiosos no processo de apropriação do conhecimento. Permitem o desenvolvimento de competências no âmbito da comunicação, das relações interpessoais, da liderança e do trabalho em equipe, utilizando a relação entre cooperação e competição em um contexto formativo. O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica e prazerosa e participativa, de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos”.

As abordagens utilizando jogos didáticos ajudam a enriquecer o currículo formal ao expor os estudantes a formas mais criativas de aprendizado e introduzir um elemento lúdico na aula, reduzindo o tédio e reavivando o entusiasmo entre estudantes (Subramaniam *et al.*, 1999). No entanto, existem poucos dados em relação à percepção dos estudantes quanto à utilidade destes jogos em seu aprendizado (Franklin *et al.*, 2003) e o quanto estes favorecem a construção do conhecimento pelos estudantes, principalmente os relacionados ao ensino de biologia (Maffei & Carvalho, 2003). Portanto, nos preocupamos em avaliar a aplicabilidade do jogo e sua contribuição para a aprendizagem de um tema que envolve não apenas a biologia celular, mas também aspectos de evolução e interações ecológicas.

A origem evolutiva da mitocôndria em células eucariotas explicada pela teoria de endossimbiose (Sagan, 1967) é um assunto que integra diversos conteúdos de Biologia do Ensino Médio: está relacionado tanto à biologia celular quanto a aspectos ecológicos, uma vez que trata de interações harmônicas entre seres vivos, além de trabalhar conceitos evolutivos como pressão seletiva, e discutir importantes aspectos da origem da vida na Terra primitiva. O estudo deste tema envolve conhecimentos sobre as alterações da atmosfera terrestre, o surgimento dos primeiros seres fotossintetizantes, a produção e toxicidade dos radicais livres derivados do oxigênio, entre outros conteúdos, permitindo o estabelecimento do conceito de co-evolução entre os seres vivos e o meio ambiente. Esta riqueza de aspectos da biologia e o conjunto de evidências a nível celular tratados no *Caso “O Hóspede do Barulho”* do jogo *“Célula Adentro”*, fazem deste uma interessante opção para uma discussão científica e ao mesmo tempo lúdica da teoria endossimbiótica da origem da mitocôndria nas células eucarióticas. Neste trabalho procuramos analisar a aplicabilidade e aceitação deste *Caso* entre os alunos do Ensino Médio, assim como se os alunos conseguem aprender e aplicar os conteúdos de biologia através deste jogo educativo.

Materiais e métodos

O Jogo

O objetivo principal deste jogo é solucionar o *Caso* em questão. Para isso, cada dupla de jogadores deverá coletar as *Pistas* que estão distribuídas ao longo do tabuleiro, reunir as informações e escrever sua própria solução para o problema (Spiegel *et al.*, 2001). Os jogadores podem percorrer caminhos diferentes no tabuleiro e seguir em qualquer direção. Depois de terminado o jogo, o professor deverá discutir com todos os participantes a solução do *Caso* e as informações contidas nas *Pistas*.

Na introdução do *Caso “O Hóspede do Barulho”* há uma breve descrição do assunto destacando-se o aparecimento da respiração nos seres aeróbicos e como este fato foi importante na evolução das espécies. Considerando o papel essencial da mitocôndria no desenvolvimento dos seres mais complexos, os alunos deverão então descobrir como a mitocôndria surgiu na célula eucarionte.

Cada uma das dez *Pistas* distribuídas nas organelas em destaque no tabuleiro contém informações relacionadas ao *Caso* e irão ajudar os estudantes a resolverem o problema proposto. À medida que os jogadores vão coletando as *Pistas*, eles devem fazer anotações e discutir com sua dupla. Não existe uma ordem certa em que as *Pistas* são coletadas e não obrigatoriamente todas elas serão necessárias para elaboração da solução. A **Tabela 1** mostra o conteúdo encontrado em cada *Pista*, que pode conter textos, gráficos, figuras, esquemas e/ou tabelas e tem por objetivo incentivar o aluno a interpretar a linguagem científica.

Tabela 1: Conteúdo dos cartões de Pistas do Caso “Hospéde do Barulho”

Pista	Assunto	Função no jogo
1	Texto + Gráfico: Surgimento do oxigênio na atmosfera	Mostrar o aumento dos níveis de oxigênio na atmosfera e explicar o seu efeito nocivo.
2	Texto + Imagem microscopia eletrônica: Surgimento de bactérias aeróbias	Informações sobre o surgimento das bactérias aeróbias, destacando sua forma de respirar semelhante à mitocôndria.
3	Texto: Efeitos do oxigênio	Explicar as conseqüências do surgimento do oxigênio para os seres vivos.
4	Texto + Imagem microscopia eletrônica: Tamanho das mitocôndrias	Mostrar que o tamanho das mitocôndrias é parecido com o das bactérias.
5	Texto: Ribossomos	Informações sobre a função dos ribossomos e sua sensibilidade a certos antibióticos.
6	Texto + Esquema: DNA	Mostrar que nas células eucariontes o DNA é linear, enquanto que nas bactérias, ele é circular.
7	Texto + Imagem microscopia de fluorescência e eletrônica: DNA mitocondrial	Mostrar que a mitocôndria possui seu próprio DNA e que este DNA é circular.
8	Texto + Imagem microscopia eletrônica: Fagocitose	Informações sobre o processo de fagocitose, mostrando como exemplo a fagocitose de bactérias.
9	Texto + Imagem microscopia eletrônica: Estrutura da mitocôndria	Mostrar que a mitocôndria possui duas membranas diferentes entre si.
10	Texto + Figura: Simbiose	Explicar o que é simbiose, usando como exemplo a simbiose entre cupins e protozoários.

Avaliação do jogo

O jogo foi testado com dez turmas do Ensino Médio de quatro diferentes escolas da rede privada e duas da rede federal. Durante as partidas do *Caso* “O Hóspede do Barulho”, que duravam cerca de 50 minutos cada, as duplas fizeram suas anotações no *Caderno de Anotações* e avaliaram as *Pistas* quanto ao grau de compreensão. Para cada *Pista* a dupla marcou em uma escala de 1 a 7 o quanto compreendeu da *Pista* que acabara de ler, sendo 1 equivalente a *compreendeu tudo* e 7 equivalente a *não compreendeu*. Foi feita uma análise de variância (ANOVA) para verificar se existia uma diferença significativa no grau de compreensão entre as pistas. A mesma escala (1-7) foi utilizada para a avaliação do grau de dificuldade do *Caso*, sendo 1 equivalente a *muito fácil* e 7 equivalente a *muito difícil*. Após o jogo e a discussão com os membros da nossa equipe, os participantes receberam um questionário para estimar sua opinião se aprenderam algo de novo, o quê aprenderam de novo, se gostariam de ter mais aulas deste tipo e por quê. Os questionários foram analisados a fim de testar a aplicabilidade e aceitação do *Caso*. O questionário incluía ainda uma pergunta que tinha por objetivo avaliar se os alunos conseguiam aplicar o conteúdo em um problema relacionado ao *Caso*. A pergunta relacionada consistia em uma tabela com algumas organelas (Vacúolo, Cloroplasto e Retículo Endoplasmático) e suas respectivas características estruturais e funcionais. Baseados nesta informação, os estudantes tiveram que identificar qual organela que, assim como a mitocôndria, poderia ter sua origem explicada através da endossimbiose de bactérias, justificando a resposta dada. Uma semana após o jogo, um grupo de alunos de uma única escola foi submetido a uma

prova, onde, dentre outras questões, foi apresentada uma questão adicional e optativa, que era exatamente a mesma pergunta do *Caso* do jogo. A questão da prova teve como objetivo avaliar se os estudantes aprenderam ou reforçaram algum conceito e conhecimento na área. Ao total foram analisados 105 *Cadernos de Anotações* respondidos pelas duplas/trios, 210 questionários individuais e 79 questões de prova.

Resultados e Discussão

Através da análise do *Caderno de Anotações* concluímos que mais da metade das duplas (66.7%, $n = 105$) conseguiu solucionar o *Caso* sem a ajuda do professor (**Figura 1**). Ao escrever a solução, os estudantes estão reproduzindo no papel suas próprias idéias e conclusões e não meramente repetindo uma informação que lhes tenha sido passada em sala de aula pelo professor, contida em algum livro ou mesmo nas *Pistas*. Para achar a solução, é preciso interpretar as *Pistas*, organizar as idéias e elaborar a sua própria resposta. Rivard (1994) reconhece a necessidade da escrita, não como uma mera reprodução do que se lê, mas como meio para gerar uma solução pessoal. Dessa forma, ao escrever sobre um conceito, o aluno evidencia o modo como seu conhecimento está organizado, sendo estimulado a desenvolver o raciocínio e interligar conceitos (Leite & Almeida, 2001). Segundo Gomes e Boruchovitch (2005) as atividades com jogos se constituem em oportunidades de utilização da leitura e da escrita de forma contextualizada. A atividade da leitura, assim como de jogos, envolve raciocínio e exige comportamento estratégico.

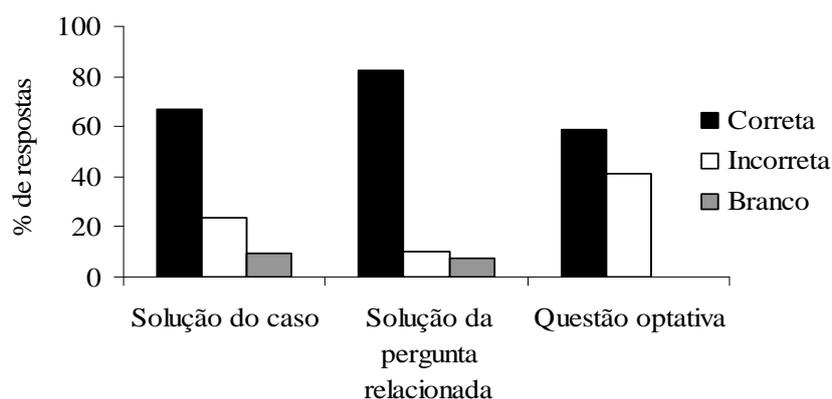


Figura 1: Porcentagem de respostas relativas à solução do *Caso* (dupla/trio), “pergunta relacionada” imediatamente após o jogo (individual), e pergunta central do *Caso* em uma questão de prova optativa uma semana após a partida (individual).

A análise dos questionários individuais revelou que 82.4% ($n = 210$) dos estudantes responderam corretamente à pergunta relacionada após a discussão conjunta do *Caso* entre o professor, membros de nossa equipe e os alunos (**Figura 1**). A discussão entre os alunos e o professor após o término da atividade é de suma importância, visto que o índice de acertos da pergunta relacionada é maior do que o índice de acertos do jogo. Franklin *et al.* (2003) destaca a importância deste tempo de discussão para haver uma troca entre o professor e os alunos a fim de esclarecer as dificuldades e confusões que possam ter surgido durante o jogo. Após o esclarecimento das dúvidas, os estudantes podem ter a certeza de que entenderam corretamente os conceitos e que poderão aplicá-los no futuro. As autoras ressaltam também que enquanto na teoria este ponto é aceito, na prática ele é geralmente negligenciado, “deixando os estudantes confusos”.

A **Figura 1** mostra ainda os resultados obtidos, uma semana após o jogo, com os alunos de uma única escola, onde a professora incluiu em sua prova bimestral uma questão optativa idêntica à pergunta central do jogo. Podemos observar que 58,6 % dos alunos ($n = 70$) foram capazes de responder à pergunta corretamente, incluindo uma justificativa satisfatória. Vale observar que nesta escola a discussão do *Caso* após o jogo foi realizada em apenas 15 minutos, devido a limitações de tempo em sala de aula. Por ser uma questão optativa, as respostas em branco ($n= 9$) foram suprimidas da nossa análise, pois não sabíamos se o aluno não respondeu porque não sabia, porque não teve tempo suficiente para responder ou porque não quis.

Outro item avaliado foi a dificuldade de resolução da situação-problema encontrada pelos estudantes. A análise do grau de dificuldade das *Pistas* e do *Caso* tinha como objetivo verificar se o conteúdo abordado no jogo era adequado para os alunos do Ensino Médio. A média obtida para a dificuldade das *Pistas* foi de 2.6, enquanto a média observada para a dificuldade do *Caso* foi de 3.9 (Figura 2). Esses resultados indicam que a dificuldade do jogo foi considerada mediana pelos estudantes, ou seja, a situação problema não é tão fácil que não provoque dificuldades, nem tão difícil que esteja fora do alcance cognitivo dos estudantes. Isto sugere que o problema esteja situado na chamada “zona de desenvolvimento proximal” de Vigotsky (Silva & Núñez, 2002). O fato dos estudantes terem achado o grau de dificuldade do *Caso* maior do que o das *Pistas* sugere que a dificuldade do jogo esteja mais relacionada ao raciocínio e correlação das informações do que à compreensão de cada conteúdo apresentado.

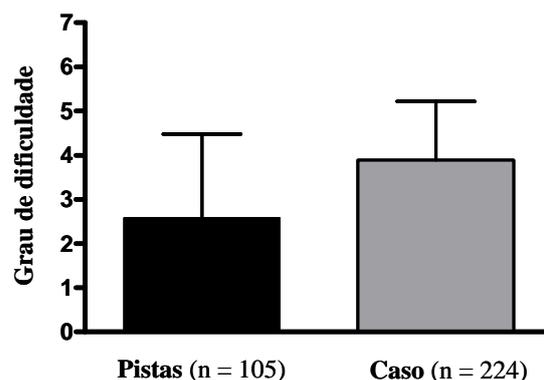


Figura 2: Percepção dos alunos em relação ao grau de dificuldade das pistas e do caso.

De acordo com Lemke (1990), a “sociedade da informação” do século XXI irá requerer dos estudantes um novo grau de alfabetização científica, com o desenvolvimento de habilidades que dêem sentido às múltiplas formas de representação científica, tais como gráficos, tabelas e imagens, além da capacidade de criticar argumentos científicos. Squire & Jan (2007) hipotetizam que o aprendizado por jogos pode ajudar os estudantes a desenvolverem e aplicarem novas habilidades, particularmente àquelas envolvendo a argumentação científica. Apesar do “*Célula Adentro*” ter incluído propositalmente em suas *Pistas* diferentes notações científicas como gráficos, tabelas, micrografias, não foi avaliada a potencialidade destas no desenvolvimento de habilidades pelos estudantes. É curioso notar que estas pistas não apresentavam grau de dificuldade significativamente diferente daquelas contendo apenas textos (ANOVA, $p < 0,005$).

O objetivo principal do jogo era motivar e estimular os estudantes a aprender a biologia celular através de uma estratégia alternativa. Portanto, consideramos relevante questioná-los sobre novos aprendizados obtidos através do jogo (**Tabela 2**). Verificamos que 85.6% dos estudantes afirmaram ter aprendido algo de novo justificando em 90.3% das respostas que aprenderam algo relacionado ao conteúdo de biologia:

“Aprendi a relação entre a mitocôndria e a célula eucariótica”.

Curiosamente, 5.6% das justificativas mostraram que uma parcela dos estudantes descobriu no jogo uma nova maneira de aprender biologia, como podemos observar em algumas das respostas dadas pelos próprios:

“O ensino dentro de uma proposta de brincadeira serve de objeto de fixação e, portanto qualquer conteúdo aplicado é melhor assimilado”

“Aprendi a estudar brincando”

“Aprendi que através de uma brincadeira fica até mais fácil aprender, porque sendo um jogo com pistas o aluno fica com vontade de querer saber a resposta”

“Aprendi que a biologia é fácil, apenas devemos dar mais atenção ao estudo”.

Alguns alunos espontaneamente declararam a percepção de estarem aprendendo com o jogo não apenas conteúdo, mas também habilidades específicas. Dentre essas justificativas, podemos destacar o trabalho em grupo, sendo o jogo um excelente promotor da interação entre os estudantes, como indicado pela afirmação:

“Aprendi a trabalhar em equipe e a trocar informações”

O jogo promove o debate entre as duplas e, ao seu término, entre o professor e os alunos, que se tornam mais participativos no processo de aprendizagem. O trabalho em grupo é benéfico para o aprendizado através de problemas ao permitir a formação de um clima apropriado de organização, responsabilidade e mesmo divisão de trabalho (Tingle & Good, 1990).

Tabela 2: Aceitação do jogo e percepção de aprendizado entre alunos do Ensino Médio

Apreendeu algo novo?	n = 209	Sim	85.6%
		Não	14.4%
O quê?	n* = 229	Conteúdo	90.3%
		Novos métodos de aprendizagem	5.6%
		Habilidades	3.2%
Gostaria de ter mais aulas deste tipo?	n = 210	Sim	93.8%
		Não	6.2%
Sim, por quê?	n* = 231	Divertido	27.3%
		Facilita o aprendizado	19.9%
		Dinâmico	16.5%
		Estimula o raciocínio, o trabalho em grupo e o interesse	12.6%
		Ajuda a fixar a matéria	8.2%
		Diversifica a aula	5.2%
		Outros	10.4%

n = número total de alunos; n* = número total de respostas

Na **Tabela 2** podemos também observar os resultados obtidos quanto à aceitação do jogo entre os estudantes, através da pergunta “Você gostaria de ter mais aulas com jogos deste

tipo?”, obtendo 93.8% de respostas positivas. Os estudantes deram várias justificativas que foram agrupadas em 7 categorias principais. No entanto, a maioria das respostas afirmava que o jogo era: (1) Divertido:

“Forma descontraída e atrativa de aprender”

“Porque aprendi a matéria de uma forma divertida”

(2) Facilitava o aprendizado:

“... deste modo absorve-se mais informações do que em uma aula teórica habitual”

“Pois estimula a aprendizagem, fica mais fácil aprender brincando”

(3) Dinâmico:

“Porque descontraí um pouco e aula fica mais dinâmica”

e (4) estimulava o raciocínio, o trabalho em grupo e o interesse:

“... prende a atenção e faz você pensar”

“Ajuda na união professor – turma”

“Porque com isso monta um grupo e faz com que a aula flua melhor ajudando quem não sabe”.

Uma pequena parcela afirmou também que o jogo ajudava a fixar a matéria:

“Jogar ao final de cada matéria para reunir as idéias do conteúdo”

e a diversificar a aula:

“Acaba com a rotina tediante [sic] livro-caderno-livro”

“A aula não fica na mesma”.

Na categoria outros, foram reunidas respostas como:

“As aulas são muito cansativas”

“É educativo”

“É uma ótima maneira de você interagir na aula”.

Levando em consideração todos os nossos resultados, podemos afirmar que o jogo destaca-se como uma estratégia alternativa de ensino, tendo ampla aceitação entre os estudantes, levando-os a participarem mais efetivamente das aulas e auxiliando-os na construção do conhecimento. O uso do *Caso* “O Hóspede do Barulho” foi válido no contexto da sala de aula,

servindo como veículo para despertar discussões que integrem assuntos relativos à biologia celular a temas mais abrangentes dentro do conteúdo de biologia do Ensino Médio.

Como consideração final, poderíamos afirmar que nossos resultados trazem à tona a importância da utilização de jogos na educação, suas possibilidades como estratégias de ensino, com o objetivo de construir conhecimentos, treinar habilidades já estudadas, aprofundar questões importantes e desenvolver estratégias de raciocínio lógico, como levantado anteriormente por Grübel & Bez (2006) e preconizado pelos PCNs para o ensino de biologia (Brasil, 2000 a,b). Além disso, destaca-se neste trabalho como o ensino na solução de problemas como forma de atividade criativa na construção do conhecimento e na compreensão do trabalho de produção de conhecimento pela ciência (Silva & Núñez, 2002).

Apoio

FIOCRUZ, CNPq e FAPERJ

Referências

- Boruchovitch, E. Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: considerações para a prática profissional. *Reflexão e Crítica*, 12, 361-376, 1999.
- BRASIL (2000a). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC.
- BRASIL (2000b). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemáticas e suas Tecnologias. Brasília: MEC.
- Campos, L. M. L., A. K. C. Felício & T. M. Bortoloto. A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem, *Caderno dos Núcleos de Ensino*, 35-48, 2003.
- Cardona, T. S., Spiegel, C. N., Alves, G. G., Ducommun, J., Pons, A. H., Araújo-Jorge, T. C. Introducing DNA Concepts to Swiss High School Students Based on a Brazilian Educational Game. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. No prelo. 2007.
- Chinn, C. A., Malhotra, B. A. Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, 86: 175-218, 2002.
- Chung, C. M., Mak, S. Y., Suen, Y. M., Sze, P. Game-Display Board Activities for Science Teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 5 (2), 141-154, 1996.
- Davies, G. Stories, fun and games: Teaching genetics in primary school. *Journal of Biological Education*, 40: 31, 2005.
- Franklin, S., M. Peat & A. Lewis. Non-traditional interventions to stimulate discussion; the use of games and puzzles. *Journal of Biological Education*, 37(2), 79-84, 2003.
- Gomes, M. A. M. & Boruchovitch, E. Desempenho no jogo, Estratégias de aprendizagem e compreensão na Leitura. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 21(3), 319-326, 2005.
- Grübel, J. M. & Bez, M. R. Jogos Educativos. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 4(1), 1-7, 2006.

- Kishimoto, T. M. Jogos Tradicionais infantis: o jogo, a criança e a educação. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993.
- Leite, M. S. S. C. P. & Almeida, M. J. B. M. Compreensão de Termos Científicos no Discurso da Ciência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23(4), 458-470, 2001.
- Lemke, J. Talking science: language, learning and values. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 1990.
- Lewis, A., M. Peat & Franklin S. Understanding protein synthesis: an interactive card game discussion. *Journal of Biological Education*, 39(3), 125-130, 2005.
- Maffei, E. M. D. & Carvalho, L. G. O ensino da transcrição e tradução por meio de modelagem no Ensino Médio. In: Encontro Regional de Ensino de Biologia, I EREBIO-Nordeste, CD-ROM, 2003
- Miller, L., Moreno, J., Willcockson, I., Smith, D. & Mayes, J. An online, interactive approach to teaching neuroscience to adolescents. *Cell Biology Education*, 5, 137-143, 2006.
- Miranda, S. No Fascínio do jogo, a alegria de aprender. *Ciência Hoje*, 28: 64-66, 2001.
- Rivard, L.P. A review of writing to learn in science: Implication for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9): 969-983, 1994.
- Sagan, L. On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology*. 14, 225–274, 1967.
- Silva, S. F. & I. B. Núñez. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes - reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*, 25(6B), 1197-1203, 2002.
- Spiegel, C. N; Alves, G. G.; Cardona, T. S.; Araújo-Jorge, T. C. *Célula Adentro* - uma estratégia lúdica para educação em Biologia Celular no Ensino Médio In: Encontro Regional de Ensino de Biologia, I EREBIO. p 411-414, 2001.
- Squire, K. D. & Jan, M. Mad city mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 5-29, 2007.
- Subramaniam R, Khang G. N. & Sai C. L. Word Juxtapoz – an innovative tool for promotion interest in biological education. *Journal of Biological Education*, 33, 103-104, 1999.
- Tingle, J.B. & Good, R. Effects of cooperative grouping on stoichiometric problem solving in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 671-683, 1990.
- Zion, M. M., Shapira, D., Slezak, M., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinovitch, R., Agrestl, B., Mendelovici, R. Biomind - A new biology curriculum that enables authentic inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 38 (2): 59-67, 2004.