

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA

MARCO ANTONIO FERREIRA RANDI

**“CRIAÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE AULAS COM
JOGOS COOPERATIVOS DO TIPO RPG PARA O ENSINO DE
BIOLOGIA CELULAR”**

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato (a)
Marco Antônio Ferreira Randi
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Tese apresentada ao Instituto de
Biologia para obtenção do Título de
Doutor em Biologia Celular e
Estrutural, na área de Biologia
Celular.

Orientador: Prof. Dr. Hernandes Faustino de Carvalho

Campinas, 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
ROBERTA CRISTINA DAL' EVEDOVE TARTAROTTI – CRB8/7430
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP

R158c	<p>Randi, Marco Antonio Ferreira, 1965- Criação, aplicação e avaliação de aulas com jogos cooperativos do tipo RPG para o ensino de biologia celular / Marco Antonio Ferreira Randi. – Campinas, SP: [s.n.], 2011.</p> <p>Orientador: Hernandes Faustino de Carvalho. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.</p> <p>1. Jogos de representação. 2. RPG (Jogo). 3. Aprendizagem por atividades. 4. Jogos em grupo. 5. Biologia celular – Estudo e ensino. I. Carvalho, Hernandes Faustino, 1965-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.</p>
-------	--

Informações para Biblioteca Digital

Título em Inglês: Creation, application and evaluation of RPG-based classes for cell biology teaching

Palavras-chave em Inglês:

Theatrical games

Role-playing game

Group games

Active learning

Cellular biology – Study and teaching

Área de concentração: Biologia Celular

Titulação: Doutor em Biologia Celular e Estrutural

Banca examinadora:

Hernandes Faustino de Carvalho [Orientador]

Patrícia Gama

Claudia dos Santos Mermelstein

Angelo Luiz Cortelazzo

Eduardo Galembeck

Data da defesa: 26-08-2011

Programa de Pós Graduação: Biologia Celular e Estrutural

Campinas, 26 de agosto de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hernandes Faustino de Carvalho (Orientador)



Assinatura

Prof. Dr. Angelo Luiz Cortelazzo



Assinatura

Profa. Dra. Claudia dos Santos Mermelstein



Assinatura

Profa. Dra. Rosane Moreira Silva de Meirelles

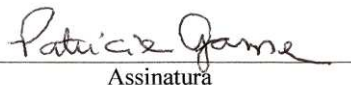
Assinatura

Prof. Dr. Eduardo Galembeck



Assinatura

Profa. Dra. Patrícia Gama



Assinatura

Profa. Dra. Dora Maria Grassi Kassade

Assinatura

Profa. Dra. Taize Machado Augusto

Assinatura

A João, Pedro e Ruth, pela eterna companhia e
porque me são eternos.

Agradecimentos

- Aos meus pais e irmãos, que me acompanham desde sempre em minha jornada dentro disso que chamamos de vida.
- Ao Prof. Dr. Hernandes Faustino de Carvalho, apenas pelo fato de ter aceitado o desafio de ter-me como seu orientado, e por ter me concedido total liberdade no desenvolvimento desse estudo.
- Aos professores Dra. Claudia Mermelstein, Dra. Rosane Moreira Silva de Meirelles e Dr. Luis Antonio Violin Dias Pereira, pela análise prévia do trabalho e pelas importantes sugestões e contribuições feitas.
- Aos professores Dra. Claudia Mermelstein, Dra. Patrícia Gama, Dr. Angelo Luiz Cortelazzo e Dr. Eduardo Galembeck, por terem aceitado participar da banca de defesa pública desse trabalho.
- À Líliam Alves Senne Panagio, amiga de tempos e secretária do Programa de Pós Graduação em Biologia Celular e Estrutural; sem seu apoio e disposição, mesmo à distância, essa tese não existiria, por certo.
- Aos professores Ruth J. G. Schadeck, Célia R. C. Franco, Silvia M. S. C. Cadena, Maria Berenice R. Steffens, Lucelia Donatti, Marcia H. Mendonça, Ricardo F. Perez, Anderson J. M. Andrade, Hernandes, F. de Carvalho, Edson R. Pimentel, Shirlei M. Recco-Pimentel, Laurecir Gomes, Luciana Bolsoni Lourenço, Fosca Pedini Pereira Leite, Elenice A. de Moraes Ferrari, Ana Cristina Seixas Greca, todos pela colaboração ao ceder suas aulas para que a pesquisa fosse realizada.
- Aos colegas Alessandra M. Cavichia, Cintia C. Palu e Francisco Filipak Neto, co-criadores das aulas-aventuras utilizadas nesse estudo.
- Aos alunos e colegas, muitos para nomear, pela disposição em tomarem com seriedade e muita competência o papel de educadores, ajudando na aplicação das aulas e contribuindo com seus relatos e entrevistas que compõem parte importante do corpo desse estudo.
- Aos amigos Alexandre Bruni Cardoso, Taize Machado Augusto e Gustavo, e a todos da república em Barão Geraldo, pela sempre pronta e grata acolhida que me deram em suas casas enquanto estive em Campinas realizando esse estudo.

- Aos colegas do Departamento de Biologia Celular da Universidade Federal do Paraná, por me garantirem a possibilidade de realizar esse estudo concedendo-me afastamento total de minhas atividades profissionais e por assumirem minha carga didática.
- Aos sempre colegas da Biologia Celular, do (agora) Departamento de Anatomia, Biologia Celular e Fisiologia e Biofísica da Universidade Estadual de Campinas, pelo apoio sempre presente durante toda a minha estada na Unicamp, desde a graduação.
- Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Estrutural da Universidade Estadual de Campinas, que me possibilitou chegar até aqui.
- Ao auxílio financeiro CAPES/PROEX.

Resumo

O aluno que se envolve com seu processo de aprendizagem aprende melhor. A partir dessa premissa, nosso objetivo no presente estudo foi desenvolver, aplicar e avaliar uma nova ferramenta didática em disciplinas de Biologia Celular, baseada em aulas com RPG (*roleplaying game*). O RPG é um sistema de jogo cooperativo onde os participantes têm objetivos comuns e precisam atuar em grupo para alcançá-los. Aplicado à educação, acreditamos que funciona como um facilitador da aprendizagem ativa, sendo o aluno o construtor de seu conhecimento enquanto participa da aula, orientado pelo professor. A criação e aplicação dessas aulas constitui desafio estimulante para professores, e a formação de professores também constituiu foco dentro desse estudo. A metodologia incluiu: pesquisas teóricas sobre o assunto a ser trabalhado na aula (um processo celular como síntese de ATP, por exemplo) e subsequente criação da aula na forma de uma aventura; testes das aulas criadas; aplicação das aulas a alunos de nível superior em diferentes cursos em três diferentes universidades; avaliação dos resultados através de notas em provas regulares das disciplinas, questionários, construção de mapas conceituais, depoimentos dos alunos e dos professores participantes, e observações dos alunos durante as aulas. Também foi avaliada a retenção do conteúdo em médio prazo, pela aplicação de um teste sem aviso prévio, um ano após a aula ter sido ministrada. Para comparar as médias de desempenho dos alunos as turmas foram divididas de forma que, enquanto metade dos alunos participou da aula com uso do RPG (GRPG), a outra metade participou de uma aula expositiva “tradicional” (GC). GC e GRPG tiveram notas iguais nas avaliações formais, exceto por uma questão na qual o GC teve melhor desempenho, embora ambos os grupos tenham tido notas muito baixas. Na avaliação de médio prazo, o GRPG foi melhor em duas questões. A maioria dos alunos que participaram do GRPG considerou que essa é uma boa metodologia didática que deve ser utilizada em sala de aula; entende que ela deve ser utilizada como ferramenta complementar à aula expositiva; sentiu-se estimulada a ler mais sobre os temas das aulas. Os alunos sentiram-se mais seguros em responder questões sobre os temas de Biologia Celular após as aulas com RPG. A análise dos mapas conceituais, construídos pelos alunos antes e depois da aula com RPG, permitiu concluir que novos conceitos foram incorporados à teia de conhecimento dos alunos, e que houve melhora significativa na forma como os conceitos foram correlacionados nos mapas. Professores e estudantes (voluntários e bolsistas, de graduação e pós-graduação), que atuaram como professores nas aulas consideraram essa ferramenta didática como um bom instrumento de aprendizagem. Nós concluímos que a aula com RPG é uma metodologia didática que pode trazer benefícios em termos da construção de conteúdos em Biologia Celular e é um potencial promotor da aprendizagem ativa e do desenvolvimento de habilidades como cooperação e criatividade.

Abstract

Student who gets involved with their learning process learns better. Starting from this premise, the aim of this study was to develop, implement and evaluate a new teaching method in the disciplines of cell biology, the RPG-based class. The RPG (role-playing game) is a cooperative game where the players have common goals and must work together actively to achieve the goals. Each student builds his own knowledge while participating in the classroom guided by the teacher. Creating and implementing these classes was an exciting challenge for teachers, and teacher training using this approach was also a focus of this study. The methodology included: theoretical research on the topics of cellular biology (a cellular process such as ATP synthesis, for example) and the subsequent creation of the class in the form of an RPG adventure, testing the created classes, and applying the material to students of higher education in three different universities. The students attended either an RPG-based class (GRPG) or a lecture (GC) on specific cellular biology topics. Pre- and post-class questionnaires, conceptual maps, regular exam scores and on an unannounced test one year later (medium-term retention) were compared to assess student attitudes and learning in the two groups. The evaluation also consisted of testimonials from students, interviews with participating teachers, and observations of students during class. GC scored better than GRPG in 1 of 20 regular exam questions, but the score for this one question was very low in both groups. In the medium-term evaluation the RPG group showed higher scores on 2 of 22 questions and left fewer questions unanswered. Most students who participated in the GRPG considered that this is a good teaching/learning method, that it should be used as a complementary tool to lecture, and felt more confident and encouraged to read more about the class topics. The analysis of concept maps constructed by students before and after school, shows that new concepts were incorporated into the web of knowledge of students, and a significant improvement in the concepts' connections were established as assessed by concept maps. Teachers and students who acted as teachers in the RPG-based classes considered this a good teaching/learning tool, and were willing to apply this tool in their own classrooms. Our results showed that RPGs is quantitatively as good as formal lectures, but can be an educational tool that gives students the chance to learn actively and potentially lead to a better retention of the acquired knowledge.

Sumário

Resumo	ix
Abstract	x
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas	xiv
Lista de abreviações e siglas.....	xv
Introdução	1
Objetivos	19
Objetivo Geral.....	19
Objetivos Específicos.....	19
Encaminhamento Metodológico	21
Instituições participantes e grupos experimentais	21
Criação de aulas no formato de RPG	22
Treinamento de mestres/narradores	22
Aplicação das aulas	23
Avaliação	26
Formação de professores	29
Resultados	31
Observações gerais.....	31
As aulas sobre síntese de ATP	33
As aulas sobre ciclo celular	38
As aulas sobre endocitose e digestão celular	42
A aventura sobre comunicação intercelular	46
Notas nas avaliações normais das disciplinas.....	47
Avaliação de médio prazo	49
Participação dos alunos nas aulas – Relatos dos narradores	52
Entrevista semiestruturada.....	55
Formação de Professores	59
Discussão	63
Avaliação das respostas aos questionários (síntese de ATP e ciclo celular)	65
Mapas conceituais - endocitose e digestão	68
Pequenas diferenças entre instituições	69
Desempenho nas avaliações formais.....	70
Avaliação de médio prazo	72
Avaliações qualitativas.....	74
Formação de professores	80
Considerações finais.....	81

Referências Bibliográficas	89
Apêndices	101
1. Exemplo de aventura: síntese de ATP	101
2. Exemplo de fichas de personagens: síntese de ATP	113
3. Resumo da apresentação sobre o estudo, feita aos alunos.	118
4. Questionário de avaliação: síntese de ATP	120
5. Questionário de avaliação: ciclo celular	121
6. Entrevista semiestruturada: questões	122
7. TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	123
8. Mini aventura sobre divisão celular, produzida por alunos de licenciatura	124

Lista de Figuras

- Figura 1 – Esquema demonstrativo da distribuição dos alunos nos grupos referência (GC) e RPG (GRPG) numa turma de cem alunos. Como a participação nas aulas com RPG foi voluntária, alguns alunos assistiram aulas expositivas em ambos os temas, no semestre. 25
- Figura 2 - Percepção dos alunos quanto ao uso do RPG em sala de aula. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG sobre síntese de ATP. As respostas foram escolhidas de acordo com a seguinte escala: 1 = discordo completamente; 2 = discordo parcialmente; 3 = neutro ou sem opinião; 4 = concordo parcialmente; 5 = concordo completamente. As letras de cada gráfico correspondem às asserções apresentadas no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 239$. A asserção A não foi representada graficamente, mas pode ser encontrada no apêndice 4 e na descrição dos resultados. 35
- Figura 3 – Conhecimento específico dos alunos sobre síntese de ATP. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG. As respostas foram escolhidas de acordo com a seguinte escala: 1 = discordo completamente; 2 = discordo parcialmente; 3 = neutro ou sem opinião; 4 = concordo parcialmente; 5 = concordo completamente. A identificação de cada gráfico (letra) corresponde à identificação das asserções no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 239$ 37
- Figura 4 – Percepção dos alunos quanto ao uso do RPG em sala de aula. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG sobre ciclo celular. Os alunos responderam de acordo com a seguinte escala: 1=discordo completamente; 2=discordo parcialmente; 3=neutro ou sem opinião; 4=concordo parcialmente; 5=concordo completamente. A identificação de cada gráfico (letra) corresponde à identificação das asserções no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 137$. A asserção A não foi representada graficamente, mas pode ser encontrada no apêndice 5 e na descrição dos resultados. 39
- Figura 5 – Conhecimento específico dos alunos sobre ciclo celular. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG. Os alunos responderam de acordo com a seguinte escala: 1 = discordo completamente; 2 = discordo parcialmente; 3 = neutro ou sem opinião; 4 = concordo parcialmente; 5 = concordo completamente. A identificação de cada gráfico (letra) corresponde à identificação das asserções no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 137$ 41
- Figura 6 – Mapa conceitual construído por uma equipe de alunos antes de aula com RPG sobre o tema endocitose e digestão celular. Compare com a figura 6, da mesma equipe de alunos. O mapa foi reproduzido nessa figura com o uso do software IHMC CMapTools. 44
- Figura 7 – Mapa conceitual construído por uma equipe de alunos depois de aula com RPG sobre o tema endocitose e digestão celular. Compare com a figura 5, da mesma equipe de alunos. O mapa foi reproduzido nessa figura com o uso do software IHMC CMapTools. 45

Lista de Tabelas

- Tabela 1 – Turmas às quais foram ministradas as aulas com RPG nas diferentes instituições durante o projeto. ¹ = turmas que não foram divididas em dois grupos; ² = curso de especialização (pós-graduação *lato sensu*). Exceto para as turmas de especialização em Biologia Celular e Tecidual, todas as disciplinas foram ofertadas no primeiro ano do curso.....24
- Tabela 2 – notas obtidas na construção de mapas conceituais antes e depois de aula com RPG sobre o tema endocitose e digestão celular. Valores expressos como média + erro padrão da média.43
- Tabela 3 – Notas (numa escala de zero e dez) obtidas pelos alunos em questões de avaliações formais (provas). GC = grupo com aulas tradicionais; GRPG = grupo com aulas usando o RPG. Os valores representam as médias \pm erro padrão da média.48
- Tabela 4 – Notas (numa escala de zero a dez) obtidas pelos alunos em questões de uma avaliação aplicada um ano após as aulas sobre o tema, para a qual os alunos não foram avisados. GC = grupo com aulas tradicionais; GRPG = grupo com aulas usando o RPG. Os valores representam as médias \pm erro padrão da média. N.A. = não avaliada.50
- Tabela 5 – Percentual de alunos que não responderam (deixaram em branco) a cada questão da avaliação aplicada um ano após as aulas sobre o tema. Os alunos não foram avisados que a avaliação seria aplicada. GC = grupo com aulas tradicionais; GRPG = grupo com aulas usando o RPG. Os valores representam o percentual em relação ao número de alunos de cada grupo (n).51

Lista de abreviações e siglas.

ATP – Adenosina trifosfato

GC – grupo de referência, que assistiu a uma aula expositiva

GRPG – grupo tratamento, que fez aula com RPG

PBL – Problem Based Learning

RPG – Roleplaying Game (Jogo de interpretação de personagens)

TIC – Tecnologias de informação e comunicação

Introdução

Ser um professor no século 21 não pode se resumir a ensinar fatos aos estudantes, mas sim permitir que esses desenvolvam, compreendam e internalizem os conteúdos, habilidades e competências necessárias ao prosseguimento de suas vidas profissionais, assim como assimilando valores e princípios éticos. O aluno que está hoje na sala de aula é diferente daquele de algumas décadas atrás:

“Nosso aluno é um sujeito aflito, ansioso, pouco paciente, fruto de um tempo em que a velocidade é a tônica. Para ele, o conhecimento tomado como informação se inclui entre os produtos descartáveis e a sala de aula é um espaço muito restrito para dar conta do desafiante mundo em que ele vive.”(Souza e Vieira, 2009, p. 16)

Um dos maiores desafios pedagógicos atuais parece ser o de resgatar o estímulo e o interesse dos alunos por aprender. Cada vez mais, os docentes têm que dispor e saber usar metodologias que atraiam a atenção dos estudantes e que, ao mesmo tempo, facilitem e tornem efetivo o processo de ensino-aprendizagem. Novas tecnologias têm sido incorporadas, em especial aquelas ligadas às tecnologias de informação e comunicação (TIC), como a criação de softwares didáticos (Yokaichiya, Fraceto *et al.*, 2004), o uso de multimídias e hipertextos (Magalhães, 2004; Yen-Shou, Hung-Hsu *et al.*, 2011), o uso da internet e da enormidade de informações que nela estão depositadas. Há iniciativas nesse sentido, como as do professor Leopoldo de Meiss, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que coordena um grupo de produção de mídias com filmes e animações para o ensino de Biologia Celular, que tiveram grande êxito nas salas de aula e são usadas em muitas universidades brasileiras.

Mesmo assim, a sala de aula ainda se constitui no principal momento da relação professor/aluno na grande maioria das instituições educacionais, entendida como a situação em que o professor não dispõe desses recursos tecnológicos o tempo todo, mas sim do giz, do quadro de giz e do livro didático. Alternativas que possam ser utilizadas dentro da sala de aula e que não necessariamente incluam recursos tecnológicos, às vezes financeiramente inviáveis, devem sempre ser estimuladas e bem vindas como norteadoras de um processo democrático de educação.

No ensino de Biologia a situação não é diferente. As dificuldades surgem do despreparo dos professores para compreender, mais que simplesmente reproduzir, os conceitos

gerais e a atualização de conceitos. Cada vez mais o livro didático funciona como o principal (e por vezes único) suporte ao professor (Teixeira e Neto, 2006; Xavier, Freire *et al.*, 2006), tornando necessárias constantes revisões desses materiais. A contextualização do material didático com a realidade vivenciada pelo estudante também é muitas vezes negligenciada (Xavier, Freire *et al.*, 2006).

Ensinar (e aprender) Biologia Celular não é tarefas simples, especialmente porque essa disciplina lida com muitos conceitos abstratos. Biologia Celular trata aspectos microscópicos e submicroscópicos da vida, como moléculas e energia, e esses conceitos podem ser de difícil compreensão, especialmente para alunos que estão iniciando um curso de graduação. Assim, mesmo com o uso de aulas repletas de materiais em multimídia (como filmes, animações), é geralmente difícil para os estudantes compreenderem os temas abordados (Songer e Mintzes, 1994; Wyn e Stegink, 2000; Hudson, 2003). A simples apresentação da informação frequentemente não é suficiente; os estudantes precisam se envolver e estarem interessados no assunto para que o aprendizado efetivo aconteça (DiCarlo, 2006). Para isso são desenvolvidas aulas práticas que levam o aluno a tomar contato mais próximo com o material aprendido, atlas virtuais disponibilizados *on-line* para que os estudos possam ser estendidos para fora do ambiente da sala de aula (p.ex. Montanari, Timm *et al.*, 2007) e outras atividades, como dramatização (Mello e Cortelazzo, 2006).

É crescente o apelo para que os alunos sejam os principais atores de sua aprendizagem. Cada vez mais se compreende a importância do aprendizado centrado no aluno, e não no professor, como estratégia na construção de uma educação melhor e mais eficiente (Hansen e Stephens, 2000; Maudsley, Strivens *et al.*, 2000; Allen e Tanner, 2005; DeBourgh, 2008; Armbruster, Patel *et al.*, 2009). Revistas científicas de alto fator de impacto (JCR), não necessariamente ligadas à área de educação, como Science e Nature, têm dedicado suas páginas para discutir o tema e fazem a mesma proposta: uma educação centrada no aluno (Powell, 2003; Handelsman, Ebert-may *et al.*, 2004; Willingale-Theune, Manaia *et al.*, 2009). É curioso notar que esse é um tema atual em nível mundial; ou seja, é uma proposta que ainda não parece estar implantada, pelo menos de forma eficiente, mesmo em supostos centros de referência mundial em produção de conhecimento e tecnologias.

Diferentes professores usam diferentes abordagens em sala de aula, mas a formação docente no ensino superior ocorre, geralmente, pela reprodução de uma cultura na qual o

professor ensina com base em sua experiência como aluno. Isso ocorre, principalmente, nos cursos que não possuem licenciatura, nos quais o profissional que atua como professor geralmente não teve a formação adequada em seu currículo, seja na graduação ou na pós-graduação, para exercer seu papel em sala de aula. Assim, observa-se um predomínio de aulas nas quais o professor praticamente profere uma palestra, numa situação quase de “mão-única” com o professor falando e os alunos escutando (Cezar, Guimarães *et al.*, 2010).

Existem muitas formas alternativas a esse modelo de simples “transmissão” de conteúdos, geralmente desenvolvidas por iniciativas pessoais dos professores, mais que por um programa institucional das universidades (Cunha, 2001; Moran, 2004). Podem ser citadas as aulas em que os alunos apresentam seminários, quando então a participação do professor é menor; aulas dialogadas, onde o professor constantemente estimula o debate entre os alunos e deles com o professor; aulas práticas, quando os alunos são incitados a investigar material prático além do livro texto ou da simples explicação do professor; estudos de caso, quando os alunos são confrontados com problemas sobre um tema que devem solucionar.

Várias são as abordagens utilizadas para se tentar focar a educação na participação ativa do aluno, como por exemplo o PBL (*Problem Based Learning*) (Allen e Tanner, 2003a; Abeyratne, 2008), o uso de sistemas eletrônicos de resposta, também conhecidos por “*clickers*” (Wood, 2004; Caldwell, 2007; DeBourgh, 2008), a teatralização (Hoffman, Utley *et al.*, 2008; Ross, Heys *et al.*, 2010) e a representação de personagens (*role playing*) (Donahue e Parsons, 1982; DeNeve e Heppner, 1997; Armstrong, 2002; Ahsen, 2008).

Em todos os casos podem ser encontrados exemplos de sucesso e de fracasso na aplicação de uma metodologia didática, inclusive quando o tema são as aulas clássicas expositivas; há professores que conseguem envolver emocionalmente e afetivamente os alunos numa simples aula expositiva, e esses têm muito sucesso em conseguir uma educação de qualidade. Porém, ainda pode-se esperar que as aulas que requeiram maior participação do aluno em seu aprendizado, com envolvimento emocional e afetivo, levem a uma melhora no rendimento acadêmico.

Uma estratégia ainda pouco explorada no ensino superior é o uso de jogos que permitam trabalhar os conteúdos necessários à formação profissional. Algumas iniciativas importantes têm acontecido, inclusive realizadas por grupos brasileiros (da S. Cardona, Spiegel *et al.*, 2007; Spiegel, Alves *et al.*, 2008), para a introdução de metodologias ligadas aos jogos no ensino de Biologia Celular.

O jogo, segundo santo Agostinho *apud* Neves (2006) está ligado ao aprendizado, pois “o lúdico é eminentemente educativo no sentido em que constitui a força impulsora de nossa curiosidade a respeito do mundo e da vida, o princípio de toda a descoberta e toda a criação”.

A interface que se estabelece entre os participantes de um jogo pode ter caráter competitivo ou cooperativo, e as diferenças entre esses levam a crer que o segundo é mais adequado para o processo de construção do conhecimento (Riyis, 2006). Estudos já demonstraram que, através de atividades lúdicas, o educando explora muito mais sua criatividade, melhora sua conduta no processo de ensino-aprendizagem e sua autoestima. Sabemos também que um indivíduo criativo é fundamental para nossa sociedade, pois é ele quem faz descobertas, inventa e promove mudanças (Neves, 2006). O grande educador e biólogo Jean Piaget, em seus trabalhos empíricos, conseguiu demonstrar o que outros já haviam postulado antes dele: de que a criança constrói o conhecimento a partir de provocações que lhe são fornecidas, mas que ela responde na medida de suas necessidades de aquisição de novos conhecimentos para seguir em frente; os jogos geralmente funcionam como uma boa provocação, não apenas para crianças, mas também para adolescentes e adultos, quando levados a termo com objetivos claros (às vezes nem tanto) de explorar o conhecimento.

Essas características fazem do jogo em sala de aula mais uma forma de aprendizagem que de ensino, como já destacou Iturra (2009):

O ensino é repetir, criando uma subordinação; a aprendizagem é descobrir, criando uma relação de comunicação.

O jogo é de fato mais antigo que a cultura, pois esta, mesmo em suas definições menos rigorosas, pressupõe sempre a sociedade humana; por outro lado, os animais brincam/jogam independentemente de nossa interpretação sobre eles possuírem o que chamamos de cultura; gatos e novelos de lã, filhotes de cachorros e de leões se mordendo e jogando-se uns sobre os outros são demonstrações próprias do que se pode entender como jogo. Mesmo em suas formas mais simples, em nível animal, o jogo é mais do que um fenômeno fisiológico ou um reflexo psicológico. É uma função significativa, isto é, encerra um determinado sentido (Huizinga, 2005). Dançar é um jogo, as relações políticas o são. Enfim, jogar é a vida.

Huizinga (2005) propõe uma definição do que podemos entender por jogo, no sentido a

que estamos mais habituados: “*uma atividade ou ocupação geralmente voluntária, exercida dentro de certos limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias.*” Ele é acompanhado de um sentimento de tensão, de alegria e de uma consciência de ser diferente da vida cotidiana. O jogo é muito envolvente, geralmente levando o jogador a uma imersão profunda nesse espaço-tempo que é uma partida qualquer. Peça a alguém que está participando de um jogo (uma partida de War[®] ou truco, por exemplo) para que pare de jogar e saia antes do final; a probabilidade de que sua solicitação seja atendida é, geralmente, muito pequena. Justamente porque os participantes sabem, de antemão, quais serão as regras, que há um limite temporal e espacial para o acontecimento é que o jogo tem a característica de levar o jogador a um processo de imersão naquele momento em que joga.

O jogo como um instrumento pedagógico tem sua evolução demarcada em seis períodos nos quais, ligado à educação, flutua entre uma necessidade e uma futilidade. É o que propõe Reis (2006) em seu trabalho sobre uma cronologia dos jogos. Resumidamente, os primeiros relatos registrados do uso de jogos educativos na sociedade ocidental se dão na Grécia Antiga, onde o jogo era visto como sinônimo de educação (*Paidia* = jogos; *Paidéia* = educação). Já em Roma, os jogos se transformam em espetáculos para as massas, como no famoso Coliseu Romano, e perdem bastante do enfoque pedagógico grego. A Companhia de Jesus (Idade Média) passa a utilizar o jogo para educar como, por exemplo, ensinar a gramática do latim. No século 17 um grande debate social é travado ao redor dos jogos; enquanto Diderot, em sua *Encyclopedia*, o menciona dentro do verbete *prazer* como hábito frívolo que serve para relaxamento, e o relaciona a perigosos jogos de azar, importantes filósofos, como Locke, defendem que “a escola deveria ser um local de jogos”. No final do século surgem cada vez mais preceptores e ocorre uma expansão no uso de jogos na classe alta da sociedade. A seguir ocorre a “*ruptura romântica*”, quando a criança passa a ser vista como portadora de uma natureza boa; e, após a Revolução Francesa, surge um período de grandes inovações pedagógicas. Froebel inventa, na França, o Jardim de Infância, uma “pré-escola onde se deve fundamentalmente brincar”. Jean-Paul Richter escreve um tratado no qual enfatiza os jogos como caminho para a educação. Na França também são inventadas as *salas de asilo*, precursoras das atuais creches, onde as crianças pequenas eram educadas através de jogos e brincadeiras. Karl Groos defende a teoria do pré-exercício, uma explicação biológica para a necessidade do jogo como preparação para atividades sérias.

No século 20 o jogo volta a ser encarado como um processo importante na formação infantil, e pesquisadores como Piaget e Vygotsky (1986) ressaltam a sua importância na introdução da criança na sociedade e na necessidade da interação para a aprendizagem. Além desses, outros pesquisadores começaram a estudar o jogo ligado à educação e os debates sobre sua inserção no processo educativo se acirraram (Reis, 2006).

Alguns teóricos do século 20 levantaram críticas quanto ao uso de jogos na educação; Pauline Kergomard dizia que o jogo perdia a espontaneidade e por isso, se levado para a escola, deixava de ser jogo; algumas correntes defendiam que o jogo tinha que, por princípio, ser inútil e, portanto, estar fora do contexto educacional. Apesar dessas críticas, os jogos educativos continuaram a tomar espaço e, no século 21, eles são apontados não como uma possibilidade, mas como uma necessidade (Nascimento-Júnior, 2006; Fittipaldi, 2007).

Uma das características mais marcantes do jogar é a sensação de envolvimento provocada nos participantes. A aventura que é “sair do mundo real” por vezes permite uma imersão que pode levar a uma elaboração de conhecimentos de forma mais fácil e permanente (Silva, 2008), além de poder ajudar a moldar algumas características de personalidade dos jogadores (Rosa, 2008) ou mesmo trazer alguns aspectos curativos (Hughes, 1998) a partir dessa imersão.

Jogos podem ter características de competição (como nos esportes, geralmente) ou de cooperação. Rubem Alves (1998) descreve os relacionamentos do casamento fazendo uma analogia entre uma partida de tênis e um jogo de frescobol, apontando de maneira lúdica as diferenças entre a competição e a cooperação. Normalmente a cooperação leva à harmonia e a um maior envolvimento dos participantes, enquanto a competição gera o(s) excluído(s) (perdedor), desarmonizando as relações entre as pessoas. Enquanto a competição normalmente gera tensão, a cooperação gera descontração. O trabalho cooperativo tem o forte componente da inclusão, da situação em que o outro é necessário para que as coisas aconteçam de forma bem sucedida. Cooperação na sala de aula é uma proposta não apenas para a aprendizagem de conteúdos, mas que também contribui para a formação cidadã. Uma sociedade onde todos cooperam tende a produzir um futuro melhor que uma sociedade baseada na competição. Não é preciso procurar muito para encontrar evidências disso; nosso mundo atual é fortemente baseado nas relações de competição e isso tem levado as pessoas a um sentimento de insatisfação cada vez maior.

Vários estudos demonstraram o aumento do rendimento dos alunos quando trabalham cooperativamente (ou mesmo colaborativamente) em sala de aula, e essa é uma alternativa ao ensino por simples transmissão de conteúdos que tem ganhado cada vez mais as páginas dos periódicos especializados (Tanner, Chatman *et al.*, 2003; Hijzen, Boekaerts *et al.*, 2007). Por exemplo, Bilgin e Geban (2006) realizaram atividades de aprendizagem de conceitos de equilíbrio químico, comparando alunos de salas de aula que trabalharam cooperativamente ou não, e mostraram que uma melhor aprendizagem desses conceitos aconteceu naquelas turmas que trabalharam de forma cooperativa. McCarthy e Anderson (2000) também chegaram a resultados semelhantes numa pesquisa com alunos de História e de Ciências Políticas. Esses autores propõem que formas alternativas de ensino como o uso de *role-playing* ou trabalhos colaborativos levam a uma aprendizagem ativa e mais consistente; alunos que participaram de aulas usando essas metodologias tiveram desempenho melhor em testes padronizados que aqueles que participaram de aulas expositivas. Um dado interessante apresentado por Giuliodori e colaboradores (2008) foi de que alunos com piores rendimentos em avaliações formais beneficiam-se mais do trabalho colaborativo que os alunos de alto rendimento escolar. Também na formação de professores e na construção de currículos o trabalho cooperativo tem sido analisado e proposto como essencial para o sucesso (Maudsley, Strivens *et al.*, 2000; Handelsman, Houser *et al.*, 2002; Priest, Segrott *et al.*, 2007; Gillies e Khan, 2008).

O *Roleplaying Game*, mais conhecido por sua sigla RPG, pode ser traduzido livremente como jogo de representação ou jogo de interpretação de personagens. É um jogo onde pessoas se reúnem em torno de contar uma história criada por um deles ou publicada em um livro, e vivenciada por personagens construídos pelos demais, os quais interagem e montam uma aventura cujo final será decidido pelos jogadores. Sua criação é atribuída a Gary Gygax e Dave Arneson, pelo livro-jogo que lançaram com o título “Dungeons & Dragons” (Gygax e Arneson, 1974); o primeiro desses jogos propunha aventuras semelhantes às do mundo criado pelo filólogo J.R.R. Tolkien em “O Senhor dos Anéis”, onde personagens representando humanos, anões, elfos, goblins enfrentam “orcs” e dragões para cumprir diferentes missões, além da missão principal que encerra a história.

Durante uma partida de RPG clássico, ou também chamado “de mesa”, o mestre apresenta o cenário, a ambientação, as personagens que não são as dos jogadores (conhecidos por NPCs – *non-player characters*) e coloca as personagens dos jogadores dentro dessa história, desafiando-as a completar diferentes missões vencendo os mais variados obstáculos.

As ações de uma personagem são tomadas pelo jogador que a representa e, por princípio, o mestre não pode interferir nelas; mas as consequências das ações ficam a cargo do mestre, ou das regras estipuladas no jogo. Por exemplo, a personagem pode se ver frente a frente com um inimigo e ter que decidir se vai enfrentá-lo ou fugir dele. Quem decide se a personagem vai enfrentar ou fugir é o jogador. O mestre, então, anuncia a consequência da tentativa de fuga ou de enfrentamento baseada nas regras do jogo. Se a personagem é um humano e quer tentar atravessar uma parede, o mestre simplesmente decide (e comunica) que isso não vai acontecer; a personagem vai, no máximo, sair machucada da tentativa. Se ela quer conversar com o inimigo, isso pode acontecer sem problemas. Mas e se ela quer dar um soco no inimigo? Como decidir se teve sucesso ou não? E quanto dano esse soco pode causar? Aí entram regras pré-estabelecidas para a decisão da ação; o jogador pode, por exemplo, jogar dados (para criar uma situação de aleatoriedade) e, a partir do resultado desse lançamento, ter tido sucesso na tentativa. Podem também ser comparadas as forças dos que estão se enfrentando fisicamente, e a decisão ser baseado nisso. Esses são os fundamentos básicos do jogo.

Não é difícil envolver os jogadores numa aventura de RPG, especialmente quando ela é construída dentro do modelo da jornada do herói, proposto por Joseph Campbell (1995) e que serve de base para praticamente todos os mitos de heróis encontrados em todas as culturas humanas. Resumidamente, como proposto por Christopher Vogler (1997), uma aventura é composta de três atos. O primeiro é a apresentação, onde o herói começa como uma pessoa comum, em seu cotidiano, até que recebe um chamado para a aventura, tendo que ultrapassar um ponto sem retorno, o “portal” que o leva ao mundo oculto; o segundo ato é o do conflito, onde o herói passa por testes/provas que o qualificarão como digno de vencer a grande batalha contra seu antagonista; e finalmente, no terceiro ato – resolução – após vencer o grande inimigo, o herói retorna ao seu mundo inicial, mas agora transformado e capaz de resolver os seus problemas. É um roteiro clássico de aventuras narradas nas mais diferentes culturas e amplamente explorado em nossa cultura, com destaque para Hollywood em seus filmes como Guerra nas Estrelas ou Matrix. Uma narrativa clássica de jornada do herói que fundamentou a criação de muitas aventuras de RPG é o livro O Senhor dos Anéis, de John R. R. Tolkien.

Na verdade, o RPG não é um jogo na concepção tradicional que temos, pois não há um vencedor ou um perdedor, não é competitivo. Todos os participantes “jogam no mesmo time” e têm que cumprir as missões juntos, e a história é construída por todos eles durante a partida.

Definir o que é RPG, exatamente, não é tarefa fácil; muito se tem discutido sobre o assunto e uma definição razoável para o que será tratado nesse trabalho foi apresentada por Schmit:

Ser uma contação de histórias interativa, quantificada, episódica e participatória, com uma quantificação dos atributos, habilidades e características das personagens onde existem regras para determinar a resolução das interações espontâneas das personagens. Além disso, a história é definida pelo resultado das ações das personagens e as personagens dos jogadores são as protagonistas. (Schmit, 2008, p.36)

Outras formas encontradas de RPG são os eletrônicos, como alguns jogos *on-line* (MMORPG – *Massive Multiplayer On-line RPG*); LARP (*Live Action Role Paying*); e aventuras solo. Estes tipos não são o foco do presente trabalho e, portanto, não serão apresentados em detalhes.

O RPG de mesa tem características que o torna uma boa ferramenta educacional, especialmente por permitir que os jogadores desenvolvam algumas habilidades, tais como:

- **Socialização:** A própria atividade de RPG desenvolve a socialização. Os jogadores conversam entre si e com o mestre, trocando ideias e expondo as ações de seus personagens. Juntos, eles criam uma história. Eles também aprendem que seus atos trazem consequências, pois a história muda de acordo com as ações dos personagens.
- **Cooperação:** Para serem bem sucedidos diante dos desafios propostos pelo mestre na história, os jogadores têm de cooperar entre si. As habilidades de seus personagens são geralmente complementares. O desenvolvimento do espírito de equipe é importante num mundo centrado na competitividade, mas que leva ao estresse do indivíduo. Além disso, em ciência o espírito de equipe é cada vez mais necessário; raramente se vê um pesquisador atuando sozinho nos dias atuais.
- **Criatividade:** Os jogadores desenvolvem sua criatividade ao se imaginarem na história e ao decidirem como as suas personagens reagem e resolvem os desafios. Por outro lado, o mestre também precisa ser criativo, não apenas para compor a história da aventura, mas também para lidar com os imprevistos que podem acontecer durante uma partida, quando as personagens decidem tomar ações que não estavam originalmente previstas no “roteiro”. E a criatividade é outro fator que impulsiona sobremaneira a produção do conhecimento.
- **Interatividade:** Os jogadores estão constantemente interagindo entre si e com o mestre.

Atividades interativas, com uma participação ativa, comprovadamente levam a uma maior fixação de conteúdos e a uma aprendizagem mais significativa (Spiegel, Alves et al., 2008; Weerts, Miller *et al.*, 2009). Segundo Vygotsky (1998), o aprendizado de um indivíduo se dá quando ele interage com outras pessoas e o ambiente. Isso vale não apenas para as crianças, mas também para jovens e adultos.

Rocha (2006), em sua dissertação de mestrado, aborda esses e outros aspectos que são desenvolvidos pelos jogadores de RPG e que têm importância do ponto de vista educacional, como atenção e raciocínio, sociabilidade, trabalho em equipe, pesquisa e construção do conhecimento, experimentação do real pela fantasia, leitura e escrita. Essas características são importantes para a sua utilização na educação, ressaltando que o indivíduo é um sistema aberto que vai se reestruturando repetidas vezes tentando alcançar o estágio final, sem nunca consegui-lo. Para isto, o ser humano modifica o meio e assim tem de modificar-se novamente para adequar-se a esta nova situação e assim sucessivamente. Essa modificação constante e dinâmica pode acontecer através da fantasia, como sugere Hagen:

“contar histórias nos permite entender a nós mesmos, oferecendo-nos uma ferramenta com a qual explicar nossos triunfos e derrotas. Olhando para a nossa cultura, nossa família e nós mesmos em novos contextos, podemos compreender coisas que nunca havíamos percebido. É divertido porque é revelador, e estimulante porque é realista. O papel que esse hábito exerce em nossa cultura não pode ser acidental. As histórias são, de algum modo, fundamentais em nossa formação. Nossa obsessão por elas tem bons motivos: quanto a isso não há dúvida. Contar histórias faz parte da nossa natureza e exerce uma influência que não pode ser negada”(Hagen, 1994, p. 10).

A socialização proporcionada pelo RPG é também discutida no trabalho de Martins (2000), que usa como referencial teórico a Epistemologia Genética de Jean Piaget para embasar suas conclusões a respeito das características e potencial do jogo. Ele relata que o RPG tem como principais características: participação ativa; estímulo à criatividade e à fantasia, à leitura e à pesquisa; socialização e desenvolvimento da comunicação.

Para Andrade (2006), “o RPG pode trazer para a escola a interatividade, a participação no ensino”, fazendo com que o jogo promova uma educação libertadora, onde sua posição crítica e suas ações sejam mais responsáveis e conscientes. Andrade ainda ressalta que o RPG será o único jogo autorizado pela NASA para fazer parte de uma eventual missão tripulada a

Marte, citando que “até o clássico e respeitável xadrez foi rejeitado, pois já provocou problemas em outras missões tripuladas, como forte antagonismo e comportamento obsessivo”. Uma interessante experiência de mais de dez anos de uso do RPG em escolas públicas na Dinamarca é apresentada por Harder (2007), que relata como suas experiências em três diferentes tipos de curso a levaram à conclusão de que essa é uma ferramenta didática que traz prazer a todos os que dela fazem uso, professores e estudantes. Inclusive existe hoje uma escola na Dinamarca, que utiliza o RPG (geralmente na forma de *Live Action Roleplaying* – LARP) como base metodológica para suas atividades educacionais (<http://osterskov.dk/>).

O uso do RPG na educação tem sido explorado por um número cada vez maior de pesquisadores brasileiros, especialmente nesse início de século. Até 2007, pelo menos seis teses de doutorado e 29 dissertações de mestrado já haviam sido produzidas no Brasil (Schmit, 2008), além de alguns livros e vários trabalhos de conclusão de curso e monografias. O início desses estudos pela academia é marcado pela defesa da tese de doutorado de Sônia Rodrigues, *Roleplaying Game: a ficção enquanto jogo* (Rodrigues, 1997). Entretanto, foi provavelmente Alfeu Marcato quem deu o primeiro pontapé para inserir o RPG como ferramenta educacional, com seu livro *Saindo do Quadro* (Marcato, 1996). Nesse livro o autor aponta as qualidades do RPG para ser usado em sala de aula e apresenta propostas de seu uso, trazendo inclusive algumas aventuras prontas para serem utilizadas. Alguns RPGs paradidáticos foram lançados a partir de meados de 1999 e foram utilizados por educadores para atrair a atenção dos alunos sobre seus temas. Foram eles *Entradas e Bandeiras*, *O Descobrimento do Brasil* e *O Quilombo dos Palmares*, todos publicados pela editora Devir (Schmit, 2008).

Camargo (2006) utilizou o RPG em Educação Ambiental e demonstrou a importância que esse tipo de atividade tem no treinamento de pessoas (não necessariamente estudantes) para a tomada de decisões, que vai além do simples conhecimento técnico. A pesquisadora demonstrou ser possível desenvolver mecanismos de sensibilização dos participantes para os interesses envolvidos em questões complexas como o gerenciamento de recursos hídricos através do uso de RPG. Nesse mesmo sentido vemos o RPG ou, às vezes, o *roleplaying*, utilizados na área das ciências sociais (Armstrong, 2002; Bolton, 2002; Green, 2002a; Green, 2002b; Barreteau, 2003) e na educação sobre conflitos culturais (Donahue e Parsons, 1982; Alptekin, 1983; Parsons, 1983), entre outros.

Na área de ciências biológicas também existem trabalhos sobre o tema, alguns já realizados há tempos (Hardy e McMartin, 1971; Stamper, 1973; Hoffman, Brand *et al.*, 1985)

e outros mais recentes com teatralização (Wyn e Stegink, 2000; Chinnici, Yue *et al.*, 2004). Esses dois últimos autores realizaram atividades de representação com alunos para aprimorar a compreensão dos processos de divisão celular. Wyn e Stegink trabalharam com alunos do ensino médio (*high school* e *college*) e concluíram, a partir do resultado de avaliações formais (testes de respostas curtas, associações e desenhos esquemáticos), que alunos que participaram da aula com *roleplaying* tiveram melhor desempenho acadêmico que os que tiveram apenas aulas tradicionais. Também observaram que os professores envolvidos com as aulas demonstraram grande satisfação e interesse pela técnica de representação (Wyn e Stegink, 2000). O grupo de Chinnici trabalhou com alunos do nível *college* interpretando mitose e meiose e chegou a conclusões semelhantes após realizar um “teste surpresa” com os alunos, uma semana após a aula; alunos que participaram da representação tiveram melhor desempenho no teste (Chinnici, Yue *et al.*, 2004). Ross e colaboradores (Ross, Tronson *et al.*, 2008) utilizaram a técnica de *roleplaying* para que alunos de graduação pudessem aprofundar seu entendimento dos eventos metabólicos glicólise e ciclo de Krebs. As aulas foram realizadas na University of Western Sydney durante os anos 2004 e 2005, com mais de 400 alunos, e contaram com a ajuda de monitores, estudantes que foram previamente preparados para auxiliar os alunos na representação de moléculas participantes daqueles processos celulares. Os pesquisadores / professores realizaram uma pesquisa de respostas abertas com os alunos e concluíram que a atividade foi importante para a fixação dos conteúdos específicos na memória. Apesar da pesquisa não ter sido quantitativa, pelos depoimentos apresentados fica evidente que houve boa aceitação da metodologia pelos alunos. O ciclo de Calvin também foi explorado de forma semelhante por Firooznia (2007), com os alunos que participaram da encenação obtendo melhores notas em avaliações formais que os alunos que apenas assistiram a uma aula tradicional. Porém, em todos esses trabalhos o enfoque da metodologia foi a teatralização (*roleplaying*), não o jogo (*roleplaying game*).

As aventuras, no RPG, tendem a ser interdisciplinares por excelência, pois como são uma simulação da vida e o estudo da vida é interdisciplinar, a aventura também o é. O jogo, então, estimula essa relação de conteúdos normalmente separados artificialmente (Riyis, 2006). É possível uma única história abordar temas de várias disciplinas. O trabalho interdisciplinar é de extrema importância em todas as áreas do conhecimento. Na área da saúde, uma boa revisão sobre os prós e contras do uso da interdisciplinaridade em lugar do

ensino tradicional compartimentado é feita por Hall e Weaver (2001), que sugerem que ainda há muita pesquisa a ser realizada sobre o assunto, mas apontam na direção da interdisciplinaridade para a construção de um profissional mais embasado para enfrentar a realidade.

O RPG também desperta o interesse pela leitura e pela pesquisa. Após participar de algumas aventuras, a maioria dos jogadores geralmente sente o desejo de criar suas próprias histórias, ocupando o papel de mestre do jogo. Para isso deverá pesquisar sistemas de jogos, roteiros e informações que complementem sua história. É comum que os mestres estejam às voltas com livros de história, geografia ou ficção, buscando dados para suas próximas aventuras. Mesmo o jogador, nas aventuras pedagógicas, pode ser incentivado a fazer pesquisas para adquirir mais conhecimento e aumentar suas chances de contribuir com o grupo na próxima aventura (Machado, Souza *et al.*, 2004).

Em sua dissertação de mestrado, Braga afirma que o jogador de RPG sente-se atraído pela leitura para poder conhecer melhor o que se passa nessas aventuras imaginárias:

“é interpretando a cultura de grupos de jogadores de RPG que vejo a possibilidade da comunidade escolar construir pilares fortes para a educação necessária. O RPGista (jogador de RPG) aprende a conhecer além do que lhe é oferecido. Através do imaginário, da confortabilidade de uma cadeira, ele se envereda por leituras diversas, viaja para mundos distantes combinando sua realidade com a cultura geral.” (Braga, 2000, p. 90).

Andrade (2006) é outro entusiasta do uso do RPG como uma ferramenta pedagógica. Pode-se observar isso quando ele escreve sobre a participação do aluno no que está sendo aprendido por ele mesmo:

“O RPG pode trazer para a escola a interatividade, a participação no ensino. Da mesma forma que, no jogo, o jogador vai interferindo e mudando a história que vai sendo contada, na escola ele pode aprender ao mesmo tempo em que vai utilizando o que está sendo aprendido. [...] Ele deixa para trás o raciocínio linear da maioria dos jogos para assimilar um raciocínio totalitarista, que tenta agrupar ao mesmo tempo o cenário onde se encontra; os acontecimentos passados; as pessoas a sua volta, suas ações e intenções; os possíveis desdobramentos de cada um desses elementos; e as consequências das suas ações e das de seus companheiros”.

Para Marcatto (1996): *“transformar a aula em jogo facilita o envolvimento do aluno com o tema, tornando a aula mais agradável, divertida e produtiva”.* A teatralização pode ser

uma forma de estimular o desempenho comunicativo oral de estudantes (Lyon, 2004; Hoffman, Utley et al., 2008). Nos jogos de interpretação, como destaca Riyis (2006), a todo o momento os participantes precisam realizar a descrição oral das ações dos personagens. Observa-se então que a expressão oral, fundamental para o jogo, é estimulada o tempo todo.

Geralmente o que se observa na educação superior, como nos demais níveis, é certo grau de passividade dos alunos, atuando como expectadores sentados, ouvindo o mestre dizer todas as verdades sobre determinado assunto (Pontes, Rego *et al.*, 2006; Cezar, Guimarães et al., 2010). Entretanto, há ótimos educadores que foram formados dentro desse modelo, mas que não o reproduzem; esses educadores buscam inovar geralmente no sentido de fazer com que o aluno seja cada vez mais o instrumento de seu aprendizado, cada vez mais sendo agente atuante em sala de aula, e não mero expectador (Costa, Romano *et al.*, 2011).

A participação ativa do estudante no seu processo de aprendizagem torna o aprender muito mais interessante e proveitoso, possibilitando uma construção mais sólida dos conteúdos e uma formação mais completa do cidadão enquanto ser participativo. Sobre esse tema, Humberto Mariotti traz uma reflexão do participar junto:

“Ninguém faz nada sozinho. Precisamos do outro desde que nascemos: é ele quem confirma a nossa existência e a recíproca é verdadeira. Logo, não há desenvolvimento humano sem desenvolvimento interpessoal. Não se vive sem ajuda, toda a ajuda vem de alguém”
(Mariotti, 2000, p. 27).

A formação de professores tem sido alvo de debates recentes no sistema de ensino nacional, o que levou a novas propostas curriculares para os cursos de licenciatura nas universidades (Brasil, 2002). Entretanto, novas propostas não se concretizam por si; necessitam, sobretudo, de uma mudança de visão do que é educação. A formação clássica, dentro do paradigma tradicional proposto por Saviani (2008) é de uma educação onde os alunos sentam e ouvem e o professor, detentor da “verdade”, discursa seu vasto saber, sem muitas preocupações com os processos que levam à aquisição e manutenção do conhecimento pelos acadêmicos (Moreira, 2000). A permanência desse modelo, inclusive nas universidades, decorre principalmente dos processos institucionais e governamentais de avaliação e distribuição de recursos, que tendem a privilegiar a publicação de artigos científicos e pouco valorizar a atuação do professor em sala de aula (King, Learning *et al.*, 1993; Handelsman, Ebert-may et al., 2004). Isso leva os docentes a geralmente se preocuparem mais com a

produção científica específica, em seus laboratórios de pesquisa, do que a se dedicarem a melhorar sua atuação em sala de aula. Assim, funcionam como modelos para aqueles que estão em formação, que por sua vez tendem a reproduzir os processos de ensino/aprendizagem como conheceram. Parece ainda faltar muito para que alcancemos uma educação mais libertária e participativa, onde o estudante seja mais ativo e responsável pelo seu processo de aprendizagem.

Uma vez que a maioria dos atuais professores foi formada nessas condições, é natural reproduzirem-na, tanto pelo fato de ser o que conhecem como pelo fato de que o novo sempre gera angústia, ansiedade e resistência. Mariotti reforça essa propriedade que parece natural do humano, de resistir ao novo:

A perspectiva de modos diferentes de pensar provoca sempre uma enorme resistência. O "Já conheço", o "Não há novidade nisso", e expressões semelhantes são cautelas típicas desse condicionamento. Para nós, a crítica às ideias novas tornou-se uma reação automática. Estamos condicionados a concordar ou discordar de imediato. Aferrados à separação entre sujeito e objeto, dividimos tudo em dois lados, o certo e o errado, o falso e o verdadeiro e assim por diante. E o que não conseguimos segmentar é desqualificado ou descartado (Mariotti, 2000, p. 35).

Por exemplo, num trabalho conjunto entre a Sociedade Americana de Fisiologia (APS) e a Sociedade de Anatomia e Fisiologia Humana (HAPS), tentou-se implantar um projeto denominado Temas Integrativos em Fisiologia (ITIP) em algumas instituições de ensino norte americanas, com o objetivo de fazer com que os professores passassem a utilizar métodos de aprendizagem ativa (*active learning*) com os alunos. De 36 professores que se voluntariaram no início do projeto, apenas 8 efetivamente mudaram suas condutas dentro da sala de aula (Silverthorn, Thorn *et al.*, 2006). Em sua tese de doutorado Barros-Filho (Barros-Filho, 2002) faz um relato de sua experiência com a formação de professores de Física e conclui que há forte resistência dos licenciandos na implementação de novas propostas pedagógicas.

Mas não é por isso que não se pode mudar, tentar a novidade. Professores experientes fazem isso (Mazur, 2009) e geralmente ficam satisfeitos com os resultados. Uma opção para reverter esse quadro é o debate e a prática da formação de professores, principalmente nas universidades. Reflexões sobre o ensinar podem ser encontradas, por exemplo, no trabalho de Carvalho (2002) que, trabalhando com professores e acadêmicos de Licenciatura em Física,

apresentou resultados de dois diferentes projetos, com professores do ensino fundamental e do ensino médio, e discute os problemas com a resistência ao novo e as formas de superá-los. Ferenc (2005) discute os modelos que os professores universitários utilizam para construir seus próprios modelos de como ensinar, e mostrou que apesar da tendência maior dos professores a dedicação à pesquisa, isso não os desmotiva a construir seus modelos de como educar. Ela ainda chama a atenção para o fato de que devem ser criados os espaços adequados, nas universidades, para que os professores possam desenvolver melhor suas habilidades como educadores. Há ainda propostas mais contundentes e provocativas, como a aprendizagem significativa crítica proposta por Moreira (2000), que leva à reflexão do que e do como educar para além da simples reprodução dos modelos postos e que parecem funcionar quando analisados superficialmente.

A formação de professores não precisa ficar restrita às faculdades de Educação. Diversos projetos e programas de formação de professores estão sendo desenvolvidos por docentes não ligados diretamente às Faculdades de Educação, mas conhecedores dos conteúdos específicos de suas cadeiras e que aprendem ou aprenderam a educar ao longo de suas vidas como educadores e que, geralmente, são dessa forma vistos por seus alunos. O investimento nesses programas tem permitido aos alunos tomar contato com novas técnicas e métodos de se fazer a educação e de como avaliar esse fazer.

O estudante e futuro professor tem, então, a oportunidade de desenvolver estratégias de ensino diferentes e concretizar assim as novas necessidades da sociedade moderna. Eis aqui uma tentativa de resposta à pergunta circular de Karl Marx em suas teses sobre Feuerbach, “Quem educará os educadores?”. Edgar Morin repete esta pergunta em várias de suas obras, dizendo que a resposta...

“... consiste em pensar que, em diferentes lugares do planeta, sempre existe uma minoria de educadores, animados pela fé na necessidade de reformar o pensamento e em regenerar o ensino. São educadores que possuem um forte senso de sua missão.” (Morin, Ciurana et al., 2003)

Esses educadores se esforçam para criar novas oportunidades de se olhar para a educação como um processo, não como um produto, no qual sua participação leva à melhora do processo (Ferenc, 2005). Assim surgem as ideias; assim surgiu a ideia proposta no presente estudo, sobre o uso de jogos no processo educativo como forma de atender a essa

“necessidade” de dar novos ares à educação. Como propõe Neves:

“Diante desse quadro, a utilização de atividades lúdicas nas escolas, pode contribuir para uma melhoria nos resultados obtidos pelos alunos. Claro, que atividades de cunho lúdico não abarcariam toda a complexidade que envolve o processo educativo, mas poderiam auxiliar na busca de melhores resultados por parte dos educadores interessados em promover mudanças. Estas atividades seriam mediadoras de avanços e contribuiriam para tornar a sala de aula um ambiente alegre e favorável” (Neves, 2006)

A partir das reflexões postas, o presente trabalho teve como objetivos desenvolver materiais didáticos que permitam uma abordagem diferente para o ensino de Biologia Celular, em comparação com a aula expositiva simples. Não pretende negar o valor das diversas formas alternativas de envolver o aluno em seu aprendizado, pensando em uma educação significativa, mas apresentar uma metodologia alternativa que tem características importantes não apenas para a formação nos conteúdos específicos, como também para a formação de pessoas mais atentas à cooperação e a sua importância no processo educativo. O ensino dessa disciplina pode ser muito interessante aos alunos, quando o professor consegue vincular o aprendizado a atividades lúdicas que incentivem a pesquisa voluntária, dentro e fora da sala de aula. Muitas são as formas de despertar no aluno o gosto pela pesquisa, leitura e aprendizado, como aulas de laboratório, saídas de campo e experimentação. Neste projeto, a estratégia empregada foi o desenvolvimento e uso de jogos cooperativos, na forma de Roleplaying Games – RPGs.

A hipótese aqui testada é de que as aulas com RPG devem ser bem aceitas pelos alunos como uma alternativa às aulas expositivas, e que as aulas com RPG levam a uma melhor construção de conteúdos pelos alunos, refletindo em melhor desempenho nas avaliações de conteúdos específicos de Biologia Celular. Com relação à formação de professores, supõe-se que os participantes do estudo serão favoráveis a seu uso em sala de aula e que intencionarão incorporar essa metodologia em sua vida profissional.

Objetivos

Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo produzir, aplicar e avaliar o uso de jogos educativos, com foco na estrutura dos jogos de representação (RPGs), para o ensino de Biologia Celular e para a formação de professores.

Objetivos Específicos

- Criar aulas em formato de jogos de representação (RPGs), sobre temas específicos de Biologia Celular, a partir de ideias e interações entre licenciandos de Ciências Biológicas.
- Aplicar as aulas baseadas em RPG a alunos de diferentes cursos de graduação, de diferentes universidades.
- Avaliar a aceitação desse tipo de metodologia entre os alunos que participaram das aulas baseadas em RPG.
- Avaliar a aceitação desse tipo de metodologia entre os participantes que aplicaram as aulas baseadas em RPG.
- Avaliar o aprendizado dos conteúdos específicos de Biologia Celular, no curto e no médio prazos, pelos alunos que participaram das aulas baseadas em RPG.
- Apresentar a metodologia do RPG em sala de aula como uma alternativa a licenciandos de Biologia.

Encaminhamento Metodológico

Instituições participantes e grupos experimentais

Nos anos de 2007 a 2009, coordenadores de cursos e de disciplinas de Biologia Celular de cinco instituições de ensino superior foram contatados para permitirem a participação dessas instituições no estudo, mas apenas os de duas instituições públicas e uma instituição privada aceitaram.

Na universidade pública 1 foram desenvolvidos trabalhos com alunos dos cursos de graduação em Medicina (de 2007 a 2009) e Biologia (diurno e noturno) (2008 e 2009), ambos em disciplinas ofertadas no primeiro período do curso. Também participaram alunos do curso de graduação em Biologia (licenciatura) (2008 e 2009), do período noturno, numa disciplina ligada à formação de professores ofertada no terceiro ano do curso.

Na universidade pública 2, atividades foram realizadas com alunos do curso de graduação em Medicina (2008 e 2009) e Ciências Biológicas (2007 a 2009), também em disciplinas de primeiro período do curso, e com alunos de um curso de pós-graduação *lato sensu* na área de Biologia Celular e Tecidual (2008 e 2009).

Alunos do primeiro ano do curso de graduação em Biologia (licenciatura), no período noturno, participaram das atividades na universidade privada. Infelizmente, a participação da universidade privada só aconteceu no ano de 2007, apesar das tentativas para que o mesmo acontecesse nos outros anos do projeto.

Nas três universidades que participaram da pesquisa, o ingresso dos alunos de graduação ocorre através de concurso vestibular. Em ambas as universidades públicas há um sistema de seleção que aumenta as chances de entrada de estudantes da raça negra e/ou oriundos do ensino fundamental e médio público, seja através de um sistema de cotas ou de pontuação diferenciada no concurso vestibular.

O curso de especialização em Biologia Celular e Tecidual seleciona estudantes que tenham formação superior em cursos das áreas de Ciências Biológicas e da Saúde. O processo seletivo acontece por meio de entrevistas com os candidatos.

Todos os alunos que participaram das atividades assinaram, previamente, um termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice 7), constante do processo identificado pelo código

CAAE-0520.1.146.000-07, autorizado pelo Comitê de ética em experimentação com humanos (<http://portal2.saude.gov.br/sisnep/>). A participação no estudo foi voluntária.

Criação de aulas no formato de RPG.

O RPG é baseado em contar histórias de forma interativa entre o narrador – nesse caso, o professor da disciplina ou substituto equivalente – e os jogadores – alunos da disciplina. Assim, uma história precisava ser criada para cada tema de Biologia Celular que fosse trabalhado nesse formato de aula.

A criação das histórias e das aulas se deu pela ação coletiva do autor desse trabalho e de estudantes de graduação e pós-graduação de uma das universidades públicas, dentro de um programa de formação de professores no qual os estudantes são, geralmente, bolsistas.

Inicialmente, o assunto da aula a ser criada era estudado em diversos livros texto de Biologia Celular; depois era construída a ideia de roteiro, a partir da definição dos objetivos que se propunha que fossem alcançados pelos alunos ao final da aula, para então serem criados a ambientação, os cenários e a história, bem como as personagens (e suas fichas de jogo). Para tentar garantir o envolvimento dos participantes, a história era sempre construída com base no “roteiro pronto” da jornada do herói de Campbell (1995), como descrita na introdução.

O número de personagens na aventura criada geralmente foi de cinco, que é um tamanho de equipe adequado para esse tipo de aula, garantindo uma participação de todos. Aula criada, diversas reuniões do grupo de aplicação para teste foram então realizadas, para que adequações/modificações pudessem ser feitas para dar mais dinâmica, inteligibilidade e facilitar o entendimento do jogo e do conteúdo a ser aprendido pelo aluno.

Um exemplo de aula criada nesse formato pode ser encontrado no apêndice 1.

Treinamento de mestres/narradores.

O RPG tem a característica de ser uma aventura conduzida por um mestre, ou narrador. No caso do RPG educacional, este tem que estar capacitado não apenas para narrar a aventura (contar a história e envolver os participantes), mas também tem que obrigatoriamente conhecer muito bem o tema da aula, pois está na qualidade de educador nesse momento.

O treinamento dos narradores foi feito segundo as seguintes etapas:

- *Recrutamento*: a seleção dos narradores foi feita entre estudantes de pós-graduação da área, estudantes que já haviam cursado a disciplina onde a aventura seria aplicada, ou estudantes da própria disciplina; nesse último caso, o treinamento foi feito de uma forma mais intensiva, especialmente no que concerne ao conteúdo específico da disciplina.
- *Exposição dos objetivos do projeto, dos conceitos da aula/jogo e de como aplicá-la*: num primeiro encontro com os narradores selecionados foi feita a apresentação do projeto e de seus objetivos, uma explicação do que é o RPG e de como ele é transposto para a situação de sala de aula. Também foi feita uma narração curta para que os treinandos pudessem perceber, na prática, a dinâmica da aula.
- *Estudo dos conteúdos específico de Biologia Celular*: na qualidade de professores, os treinandos foram orientados a estudarem profundamente os temas que seriam trabalhados, a tirarem suas dúvidas com professores da disciplina (em especial o autor desse trabalho), bem como estudar a história criada para trabalhar aquele conteúdo.
- *Reuniões para a solução de dúvidas*.
- *Autotreinamento da equipe*: cada narrador contava a história e conduzia o jogo, tendo como jogadores os outros mestres em treinamento. Nessa etapa, foram realizados tantos encontros quantos fossem necessários para que cada narrador pudesse se sentir suficientemente seguro. Ele precisava estar seguro do conteúdo específico a ser ministrado e da história. O objetivo foi o de não ficar “preso” ao texto durante a aula, mas poder desenvolvê-lo (história e conteúdo) como faz um professor numa aula expositiva, na qual os textos base indicam o rumo em que ele vai conduzir seus alunos. Um professor não fica lendo o livro durante a aula.

Aplicação das aulas

Quatro temas de Biologia Celular foram utilizados para as aulas com RPG: endocitose e digestão celular, síntese de ATP, ciclo celular e comunicação celular (este último em apenas uma turma). Com o objetivo de comparar alunos que participaram de aulas formais com aqueles que participaram de aulas com RPG, as turmas de cada disciplina foram divididas em dois grupos: enquanto um grupo participava de uma aula tradicional/expositiva (grupo de

referência – GC) em um dos temas relacionados acima, o outro participava da aula com RPG (grupo RPG – GRPG) sobre o mesmo tema. Para cada turma (em cada semestre letivo), salvo as destacadas na tabela 1, duas aulas aconteceram nessa configuração, de forma que os alunos que participaram do GC em uma aula (tema) compuseram o GRPG na outra, e vice-versa. Entretanto, como a participação do aluno foi sempre voluntária, houve casos de alunos que preferiram assistir somente às aulas tradicionais e alguns poucos de alunos que participaram das duas aulas com RPG. Uma simulação da divisão dos alunos é apresentada na figura 1.

Tabela 1 – Turmas às quais foram ministradas as aulas com RPG nas diferentes instituições durante o projeto. ¹ = turmas que não foram divididas em dois grupos; ² = curso de especialização (pós-graduação *lato sensu*). Exceto para as turmas de especialização em Biologia Celular e Tecidual, todas as disciplinas foram ofertadas no primeiro ano do curso.

Ano	Instituição	Curso	Tema (número de alunos)
2007	univ. pública 1	Medicina ¹	endocitose-digestão celular (97)
		Biologia ¹	síntese de ATP (32) / comunicação celular (28)
	univ. pública 2	Biol. Cel. e Tecidual ^{1,2}	síntese de ATP (23)
		univ. privada	Biologia ¹
2008	univ. pública 1	Medicina	endocitose-digestão celular (31) / ciclo celular (25)
		Biologia	endocitose-digestão celular (15) / ciclo celular (19)
	univ. pública 2	Medicina	síntese de ATP (25) / ciclo celular (30)
		Nutrição ¹	ciclo celular (15)
		Biol. Cel. e Tecidual ¹	síntese de ATP (31)
2009	univ. pública 1	Medicina	endocitose-digestão celular (31) / síntese de ATP (49)
		Biologia	endocitose-digestão celular (9) / ciclo celular (20)
	univ. pública 2	Medicina	síntese de ATP (25) / ciclo celular (34)
		Biologia	endocitose-digestão celular (21) / síntese de ATP (32)
		Biol. Cel. e Tecidual ¹	síntese de ATP (17)

As aulas com RPG foram encaixadas dentro do cronograma normal das disciplinas, em acordo com os docentes responsáveis. Essa atividade constava, portanto, do cronograma recebido pelos alunos no início do período letivo. O trabalho foi realizado durante os anos 2007 e 2010.

Algumas semanas antes da aula com RPG, uma visita foi feita aos alunos, durante o horário de aula, para que fossem explicados, em linhas gerais, o funcionamento e a forma de condução da aula, as regras básicas de funcionamento do RPG, qual seria a participação deles – inclusive e destacadamente a necessidade de estudar o conteúdo previamente – e quais

mecanismos de avaliação seriam utilizados. Os alunos foram divididos em grupos (GC e GRPG) de acordo com a ordem alfabética de seus nomes, e instruídos a se organizarem em equipes de 5 a 10 alunos, assumindo, cada um ou dois alunos, a função de representar uma personagem do jogo, dependendo do número de personagens da aventura. Essa divisão dependeu do número de narradores disponíveis por aula; ou seja, numa turma de 120 alunos (60 no GC e 60 no GRPG) com 10 narradores, cada equipe da aula com RPG teve 6 alunos participantes.

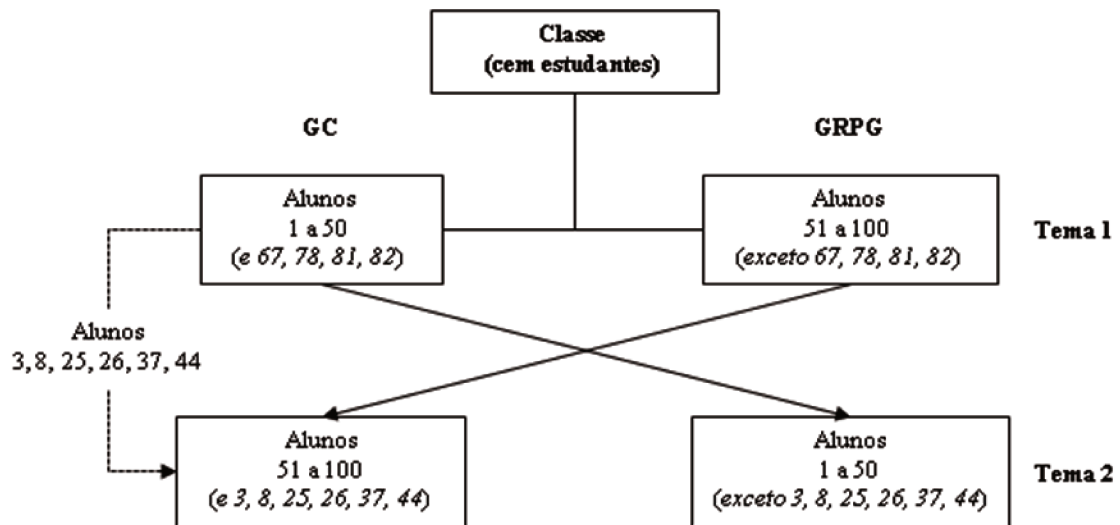


Figura 1 – Esquema demonstrativo da distribuição dos alunos nos grupos referência (GC) e RPG (GRPG) numa turma de cem alunos. Como a participação nas aulas com RPG foi voluntária, alguns alunos assistiram aulas expositivas em ambos os temas, no semestre.

As fichas de personagens (apêndice 2) foram distribuídas nessa ocasião ou logo depois, por via eletrônica (e-mail ou ferramenta de educação a distância), para que fossem preenchidas antes da aula com RPG. Um resumo dessa explanação, que também foi disponibilizado aos alunos pela internet, pode ser encontrado no apêndice 3. Os alunos se organizaram em equipes de acordo com suas afinidades, dentro daqueles escolhidos para compor o GRPG.

No dia estipulado para cada aula, metade da turma (GC) permaneceu na sala para participar da aula expositiva, com o professor titular daquele tema, e a outra metade (GRPG) se deslocou para outras salas de aula ou laboratórios de aulas práticas para participar da aula com RPG, onde eram apresentados a seus professores/narradores, que passavam a coordenar

os trabalhos das equipes.

Durante a aula com RPG os alunos tiveram sempre a disposição, para consulta, material bibliográfico sobre o assunto que estava sendo estudado. Todas as aulas tiveram a duração média de duas horas.

Avaliação

Questionários pré- e pós aula

Para as aulas sobre síntese de ATP e ciclo celular, os alunos responderam a questionários pré- e pós-aula, para avaliação do conteúdo de Biologia Celular trabalhado e das impressões que os alunos tiveram do RPG como ferramenta didática (apêndices 4 e 5); esses questionários foram constituídos de 13 asserções com as quais os alunos podiam concordar ou discordar, dentro de uma escala de cinco alternativas (escala Likert), indo de “discordo completamente” (1) a “concordo completamente” (5). As frequências das respostas antes e depois das aulas foram comparadas pelo teste de Qui Quadrado contingenciado, com correção de Yates (Conti, 2010). A hipótese nula é a de que as frequências das respostas, antes e depois das aulas, são independentes. Em duas turmas do GC este questionário foi aplicado; todas as turmas do GRPG o responderam.

Mapas conceituais

Para o tema endocitose e digestão celular, os alunos dos GRPG foram instruídos a criarem, por equipe, mapas conceituais (Amabis e Martho, 1996) antes e depois da aula com RPG. Esses mapas permitiram a análise de como cada equipe construiu/organizou os conceitos relacionados ao conteúdo abordado, através de variações da complexidade dos mapas e da presença ou ausência dos conceitos abordados em sua construção e de suas correlações. A construção de mapas conceituais foi brevemente explicada na visita realizada antes das aulas com RPG (apêndice 3), bem como referências sobre o tema foram disponibilizadas aos alunos.

Os mapas conceituais foram quantitativamente avaliados de acordo com os critérios propostos por Novak e Gowin (1993), que representam o valor atribuído a diferentes níveis de profundidade de análise para cada categoria:

1. *Proposições*: A correlação entre dois conceitos está indicada por uma linha de conexão e termos de ligação? A correlação é válida? Para cada proposição válida, **1** ponto.
2. *Hierarquia*: O mapa mostra hierarquia? Cada conceito subordinado é mais específico e menos geral que o conceito colocado acima dele na hierarquia (no contexto do tema sendo mapeado)? **5** pontos para cada nível de hierarquia válido.
3. *Ligações cruzadas*: O mapa mostra conexões válidas (com sentido) entre um segmento e outro (no mesmo nível de hierarquia ou entre níveis)? A correlação é significativa e válida? **10** pontos para cada ligação cruzada significativa e válida; **2** pontos para cada ligação cruzada que seja válida mas que não ilustre uma síntese entre grupos de conceitos correlacionados.
4. *Exemplos*: Eventos ou objetos específicos que representam instâncias válidas representantes de um conceito; **1** ponto cada.

As avaliações dos mapas conceituais dos alunos do curso de Medicina das universidades que participaram do estudo foram feitas por três examinadores que não souberam a qual equipe pertencia cada mapa, nem se os mapas eram pré- ou pós-aulas (teste cego). A correlação entre as notas atribuídas pelos examinadores foi realizada através do teste de Spearman (não paramétrico). Uma vez que as notas dadas por um dos avaliadores apresentou uma baixa correlação com os outros dois ($P > 0,05$), as notas desse avaliador foram descartadas da comparação entre os mapas construídos antes e depois da aula com RPG e a média dos outros dois avaliadores foi computada para a análise. Os alunos dos cursos de Ciências Biológicas tiveram os mapas avaliados, em teste cego, por apenas um avaliador, por conta de dificuldades em encontrar outros que se dispusessem a realizar as análises. A comparação entre as pontuações obtidas antes e depois das aulas foi feita através do teste não paramétrico de Wilcoxon para dados pareados.

Notas nas avaliações normais das disciplinas

Nas turmas que foram divididas em GC e GRPG foi realizada uma comparação das notas obtidas pelos alunos nas avaliações normais (provas) aplicadas durante o período letivo. Apenas as questões relativas aos temas abordados nas aulas de RPG foram comparadas. Essas questões foram em sua maioria do tipo aberta (de respostas discursivas), pertencendo a diferentes níveis da taxonomia de Bloom dos domínios cognitivos (Bloom, 1956). Na universidade pública 1, metade das questões foram elaboradas pelo professor que ministrou a

aula expositiva e metade pelo que ministrou aula com RPG (autor desse estudo); na universidade pública 2 apenas o professor que ministrou as aulas teóricas expositivas elaborou as questões. A correção das questões foi feita pelo professor da disciplina, sem ser informado sobre quais alunos pertenciam a qual grupo (teste cego). Geralmente, o número de alunos no GC foi maior que no GRPG, uma vez que a participação na aula com RPG era voluntária (ver figura 1).

A análise estatística utilizada foi o teste *t* de Student para dados não pareados.

Avaliação de médio prazo

A retenção de médio prazo do conteúdo foi medida através da aplicação, sem aviso prévio, de uma avaliação com quatro perguntas (duas perguntas para cada tópico). Essa avaliação foi administrada um ano depois que os alunos haviam concluído a disciplina de biologia celular, exceto para as turmas que não foram divididas nos grupos GC e GRPG. As questões foram corrigidas de forma independente por três diferentes professores que não tinham conhecimento da identidade dos alunos ou a qual grupo pertenciam (teste cego). Esses professores (avaliadores) sabiam que os estudantes não haviam se preparado especificamente para isso, ou seja, os alunos não estudaram ou revisaram as informações logo antes de responderem as perguntas, como eles poderiam normalmente ter feito em uma prova da disciplina. A correlação de Pearson foi utilizada para testar a nota atribuída por cada avaliador. Uma vez que houve sempre uma correlação estatisticamente significativa ($P < 0,05$), a média das notas dos três avaliadores foi considerada para comparar os dois grupos (GC versus GRPG), utilizando o teste *t* de Student para dados não pareados.

Para todos os testes estatísticos realizados foi estabelecido 5% como o índice de significância ($P \leq 0,05$).

Depoimentos

Os alunos foram solicitados a escrever, voluntariamente, depoimentos sobre a atividade ao final do período letivo. Esses depoimentos foram escritos ao final da última prova do semestre letivo.

Também durante a avaliação de médio prazo os alunos foram estimulados a escrever

depoimentos sobre as aulas das quais participaram um ano antes.

Entrevistas

Uma entrevista semiestruturada foi realizada com os alunos de pós-graduação e de graduação que ministraram as aulas, na universidade pública 1. As perguntas tiveram o objetivo de obter suas impressões sobre o uso do RPG em sala de aula e sobre a experiência que tiveram enquanto educadores. Dois professores que acompanharam as atividades também foram entrevistados sobre o assunto. As entrevistas foram conduzidas de acordo com recomendações propostas por DiCicco-Bloom e Crabtree (2006). Na transcrição, algumas alterações foram feitas para melhorar o entendimento das respostas, mas sem comprometer seu conteúdo. As perguntas dessa entrevista constam do apêndice 6.

Avaliação na visão do professor

Também foi avaliada a participação dos mestres/narradores, através de observações feitas durante as aulas, e também pela confecção de relatórios de mestragem. Nesses relatórios os narradores escreveram sobre suas experiências, abordando tópicos como as impressões gerais sobre o desenvolvimento da aula, impressões trocadas com os alunos/equipes, avaliação da participação individual dos alunos e do desempenho da equipe como um todo, e uma autoavaliação.

Formação de professores

Criação de miniaventuras

Uma aula sobre o uso de jogos cooperativos e RPG como metodologia didática foi ministrada a alunos do curso de Biologia, numa disciplina de Biologia Celular para licenciatura, na universidade pública 1, nos anos 2008 e 2009. Após a aula, os alunos foram divididos em equipes que criaram, em uma semana, uma aula sobre um tema de biologia celular, com conteúdos em nível de ensino médio, utilizando o RPG. Das miniaventuras criadas, uma foi selecionada pelos próprios alunos para ser aplicada a estudantes de um curso preparatório para o vestibular. O treinamento de mestres – nesse caso os próprios alunos da disciplina – foi realizado como descrito anteriormente. A aula para o curso preparatório para o vestibular foi aplicada apenas em 2008.

Projeto de formação de professores

A universidade pública 2 oferece bolsas em um programa de formação de professores durante o curso de graduação, para estudantes dos cursos de licenciatura. Durante os anos do presente estudo vários estudantes integraram um projeto, dentro desse programa, para desenvolverem e aplicarem aulas sobre Biologia Celular, com o uso de jogos cooperativos, principalmente o RPG. Depoimentos voluntários escritos por esse estudantes foram analisados para demonstrar se o projeto os influenciou e como.

Resultados

Observações gerais

Participação dos alunos

Alguns aspectos gerais da aplicação dos jogos nas diferentes instituições podem ser ressaltados. O primeiro deles é que normalmente, nas salas de aula, havia alguns (poucos) alunos que já haviam jogado RPG, mas não o RPG educacional. Esses alunos geralmente mostraram-se interessados no projeto desde o primeiro contato. Já os alunos que nunca tiveram contato com o RPG foram inicialmente relutantes à ideia de participar de uma aula desse tipo, mas depois de conhecerem melhor as regras e perceberem a possibilidade de unir conhecimento e ludicidade, geralmente mudaram de opinião. Algumas opiniões de alunos que atestam essas observações:

“O RPG tem grande aplicabilidade para atuar em conjunto em qualquer ensino. É uma forma lúdica, mas faz despertar o interesse sobre determinado assunto indiretamente.” (aluno 1)

“A ideia em si é ótima, é uma maneira diferente de ensinar, atraindo a atenção do aluno e seu interesse. Porém pode ser inútil se o aluno não tiver em mente que o objetivo principal é o aprendizado, não a diversão. [...] Aprendizado e diversão juntos é uma coisa que não se encontra muito em salas de aula, nesse ponto o RPG se sobrepõe; parabéns pela ideia.” (aluno 2)

Vários alunos relataram o fato de que a preparação anterior à aula é importante para que ela possa ser melhor aproveitada. Para eles, o ideal é que ocorra uma aula teórica formal antes da aula com RPG, uma vez que geralmente não procuram conhecer o assunto por conta própria. As seguintes declarações justificam essa afirmação:

“O RPG auxilia no aprendizado como um acréscimo ao visto em sala de aula, de um modo divertido e mais simplificado. Mas usado como ferramenta auxiliar, pois não se vê todo um conteúdo detalhado em RPG. Muito criativo e gostoso de jogar, mas um pouco difícil para quem é tímido.” (aluno 3)

“Acho muito interessante a ideia do RPG, e digo que aprendi, de uma forma bem simples, as etapas da respiração celular graças ao projeto. Porém, na minha opinião, os alunos deveriam ter uma boa introdução teórica do assunto estudado antes, pois, se você não tem ideia

do que acontece ou não tem conhecimento do assunto, fica mais difícil assimilar as ideias propostas no jogo. Sucesso com a técnica!” (aluno 4)

“A única coisa que não gostei no RPG foi a minha falta de conhecimento sobre o assunto abordado, pois não tinha tido a aula teórica. Mas achei esse jogo bem interessante e ajuda a fixar e entender o conteúdo.” (aluno 1)

Em duas oportunidades, nenhum aluno participou da aula com RPG. A essas turmas foi proposto que dessem suas opiniões do porquê de não terem participado da aula. Eis algumas respostas:

“Eu não fui participar da aula de RPG... pois fiquei preocupada em perder o conteúdo da aula teórica.” (aluno 5)

“... a meu ver a explicação na sala seria mais interessante. Não se pode julgar, eu sei, mas eu não havia estudado também e RPG não é meu jogo favorito.” (aluno 6)

“Não participei das atividades de RPG, pois tenho dificuldade sobre os temas (mitocôndria e endocitose e digestão celular). Por isso optei pela aula na sala.” (aluno 7)

Nota-se, nesses depoimentos, uma possível opção pela “segurança” da aula teórica tradicional, que provavelmente está correlacionada com a expectativa do aluno em relação a seu sucesso no processo avaliativo da disciplina.

Participação dos narradores

Com relação aos mestres/narradores, foi possível observar que ocorreu uma melhora na narração com a experiência. As autoavaliações demonstram o progresso não só no ato de “contar a história”, mas também uma melhora na capacidade de conduzir uma aula voltada para a construção de conteúdos pelos alunos. Alguns depoimentos que atestam essas observações foram coletados dos relatórios elaborados pelos narradores após a segunda ou terceira aula sobre determinado tema:

“Mestrei de uma maneira mais empolgante, me desprendendo do texto e, fazendo isso, consegui prender bem a atenção deles e envolve-los na história.”(narrador 1, após segunda mestragem)

“Com relação a essa aplicação, considero que foi a melhor até hoje dos trabalhos de mestragem”.(narrador 2)

“Tive uma ótima impressão do jogo. Todos pareceram sair com suas dúvidas esclarecidas e eu saí com a impressão de trabalho bem

feito.”(narrador 3, após segunda mestragem)

Ao mesmo tempo em que fazem uma autoavaliação de sua melhora enquanto mestres, eles foram críticos e observadores na avaliação dos alunos para quem ministraram as aulas:

“Antes de começar o jogo, estava esperando falar bastante sobre o assunto, detalhar bem. Esperava encontrar uma turma diferente, com bastante conteúdo; com perguntas difíceis. Acabei falando apenas o básico e mesmo assim não posso dizer com certeza que entenderam bem, mesmo porque não estava preparada para explicar de tal maneira. Mas o que faltou mesmo foi o interesse das alunas.” (narrador 2)

“Para a produção de ATP eles estavam com muitas dúvidas e muitos falavam coisas muito erradas sobre o assunto. Poucos me perguntavam sobre a matéria e quando alguém tentava perguntar, os outros nunca ficavam quietos e atrapalhavam a explicação.” (narrador 4)

“Durante o jogo, à medida que os alunos foram entendendo o funcionamento da atividade, começaram a se mostrar muito mais interessados e tiraram muitas dúvidas.” (narrador 5)

Nos relatos completos podem ser observados detalhes da percepção que eles, na condição de professores, tiveram sobre esse tipo de aula diferente, nova não apenas para os alunos.

As aulas sobre síntese de ATP

A história

Os jogadores representam cinco personagens associados aos processos de produção de ATP (glicólise, ciclo do ácido cítrico, cadeia transportadora de elétrons, complexo ATPsintase e transportadores). Eles são postos na história como fazendo parte dos hepatócitos da Dra. Annia Tavares Pinheiro (também conhecida, ao final do jogo, por Dra. ATP, pelas iniciais do nome), uma pesquisadora que pode salvar o mundo da situação caótica que acontece por causa de uma superbactéria, causadora da “necrose violenta”, doença que está dizimando a humanidade. A Dra. ATP está próxima de descobrir a cura, mas precisa permanecer viva para isso e esse é o principal objetivo dos personagens: produzir ATP para suas células.

Numa primeira fase do jogo, as personagens têm que interagir para compreender como usam suas habilidades para produzir ATP. Feito isso, a história prossegue com a Dra. Annia passando por várias situações em que compostos tóxicos chegam aos seus hepatócitos (como amital, dinitrofenol, cianeto). Os jogadores têm que discutir seus efeitos sobre as mitocôndrias

e sobre a produção de ATP e encontrar, eventualmente, vias alternativas para a continuidade da produção do ATP.

Avaliação

A aula sobre síntese de ATP foi a que mais vezes foi aplicada e, em todas elas, os alunos responderam um questionário antes e depois da aula. Os dados serão apresentados considerando todas as instituições e nos três anos de aplicação das aulas (2007-09), uma vez que não foram encontradas diferenças significativas nas comparações entre as diferentes turmas e entre os diferentes anos. Duzentos e trinta e nove questionários foram avaliados.

Para a apresentação descritiva dos resultados dos questionários, a variação da escala Likert foi reduzida a três itens: discordo (1 e 2 na escala original), neutro ou sem opinião (3 na escala) e concordo (4 e 5 na escala original).

Das asserções, apenas duas não apresentaram uma variação significativa na distribuição das frequências de resposta. Na asserção G (Figura 2), que se refere ao trabalho em equipe, a maioria dos alunos afirmou que tem facilidade para trabalhar em grupos. Na asserção I (Figura 3), referente a conteúdo específico, a maioria dos alunos acertou a resposta, antes e depois da aula. As demais asserções foram respondidas de forma significativamente diferente após os alunos terem participado da aula.

Na figura Figura 2 podem ser observados os dados relativos à percepção que os alunos tiveram com relação ao RPG e ao seu uso em aula, quando o tema foi síntese de ATP. As mudanças (ou não) do conhecimento acerca do tema específico de Biologia Celular estão apresentadas na figura Figura 3.

O número de alunos que já conheciam o RPG previamente corresponde a pouco mais de um terço do total. Após a aula, 87% dos alunos responderam que conhecem o RPG, apenas por terem participado da aula (asserção A do questionário, não apresentada na figura 2). A falta de contato prévio com uma aula desse tipo deve ter sido o principal fator responsável pelas altas frequências da resposta 3 (neutro ou sem opinião) nos itens relativos à percepção sobre o RPG antes da aula (Figura 2B-F, antes).

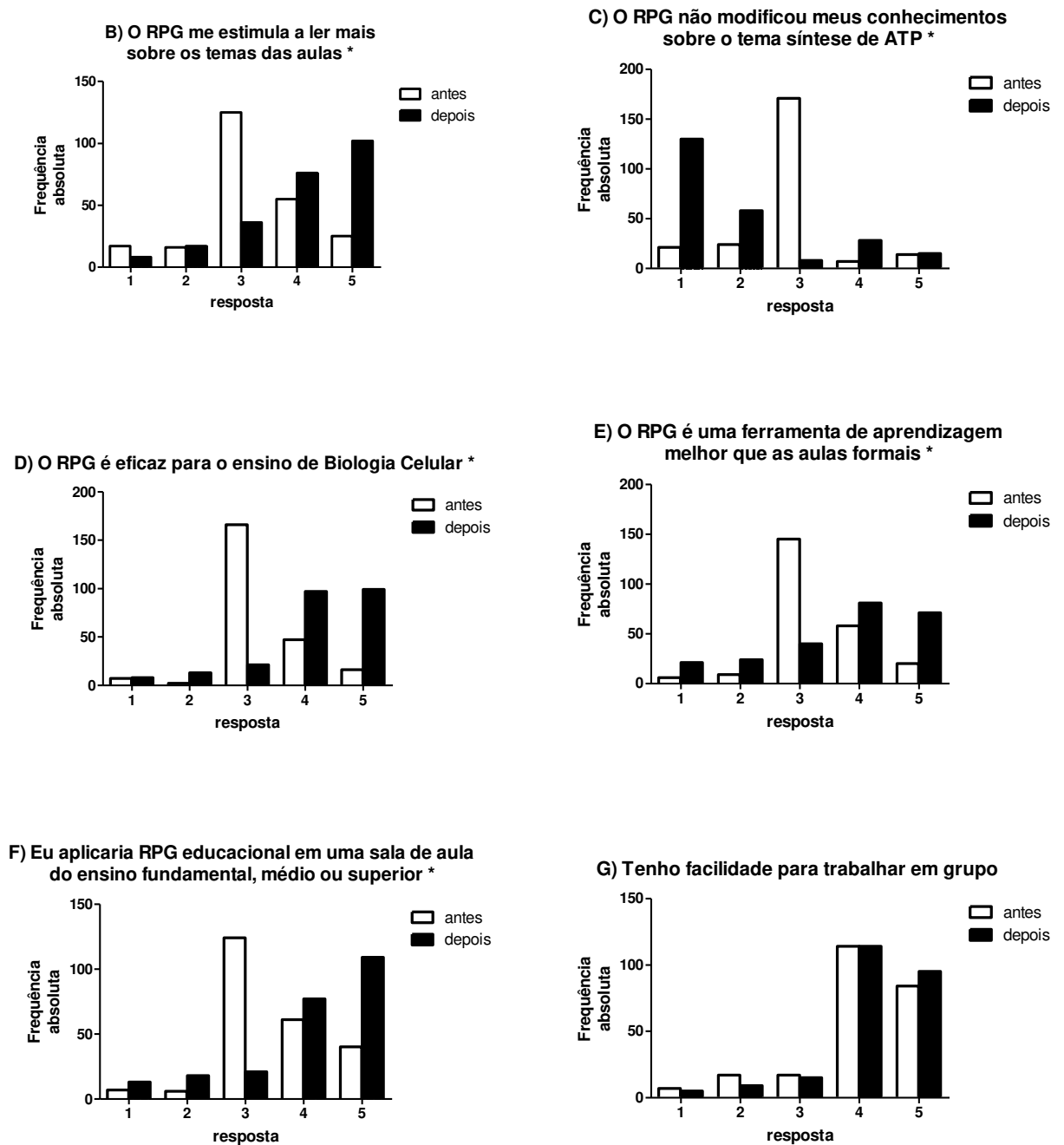


Figura 2 - Percepção dos alunos quanto ao uso do RPG em sala de aula. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG sobre síntese de ATP. As respostas foram escolhidas de acordo com a seguinte escala: 1 = discordo completamente; 2 = discordo parcialmente; 3 = neutro ou sem opinião; 4 = concordo parcialmente; 5 = concordo completamente. As letras de cada gráfico correspondem às asserções apresentadas no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 239$. A asserção A não foi representada graficamente, mas pode ser encontrada no apêndice 4 e na descrição dos resultados.

Após a aula com RPG, 74,5% dos alunos responderam que se sentiram mais estimulados a ler sobre o tema da aula (Figura 2B); 78,7% responderam que o RPG modificou seus conhecimentos sobre Biologia Celular (Figura 2C) e 82% acreditam que essa metodologia é eficaz no ensino (Figura 2D). Quando comparando com as aulas tradicionais, uma porcentagem menor (64,1%) de alunos acha que a aula com RPG é melhor (Figura 2E).

Apesar das aulas terem sido ministradas também para alunos do curso de Medicina, que não tem como foco a formação de professores, 78% dos alunos disseram que aplicariam essa metodologia numa sala de aula, se tivessem essa chance (Figura 2F).

Um autoconceito que os alunos tinham antes da aula e que não se modificou depois é o de que não têm dificuldade para o trabalho em grupo; houve um pequeno aumento no número de alunos que se consideram aptos a isso (de 82% para 87%), mas não significativo.

As distribuições das respostas referentes ao conhecimento adquirido sobre síntese de ATP estão apresentadas nos gráficos da Figura 3.

Embora a maioria dos alunos tenha respondido, antes da aula, que entende como funciona a produção de ATP (60,5%), a porcentagem que fez a mesma afirmação depois da aula com RPG subiu significativamente (90,3%) (Figura 3H).

O conjunto das respostas às questões sobre o conteúdo específico, obtidas imediatamente após a aula com RPG, foi indicativo de que a aprendizagem aconteceu parcialmente, uma vez que para algumas asserções a tendência foi que os alunos respondessem corretamente (Figura 3I e Figura 3M); entretanto, em algumas asserções os alunos tenderam tanto para a resposta correta como para a incorreta (Figura 3J, Figura 3L e Figura 3N). Ocorreu uma diminuição da resposta 3 (neutro ou sem opinião) para todas as asserções relativas ao conteúdo específico, ficando a frequência dessa resposta sempre inferior a 10% do total, mesmo quando analisados os cursos separadamente (dados não mostrados).

Uma turma do GC do curso de Medicina da Universidade pública 2 respondeu ao questionário sobre síntese de ATP antes e depois da aula. Quando comparadas as respostas sobre o conhecimento específico (de H a N no questionário – apêndice 4) através do teste de Qui Quadrado contingenciado, não foi observada diferença significativa entre as respostas dos dois grupos (GC e GRPG).

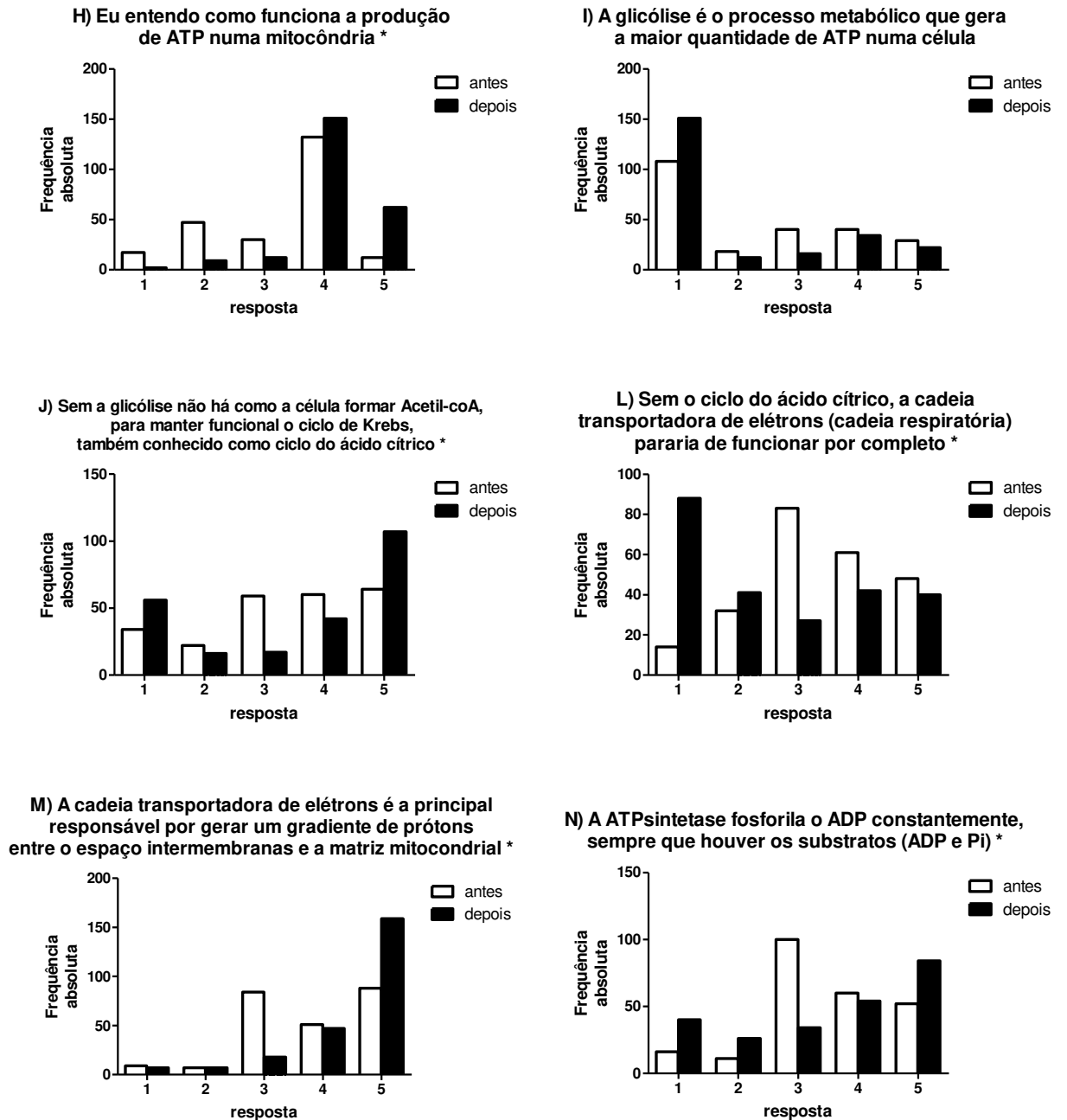


Figura 3 – Conhecimento específico dos alunos sobre síntese de ATP. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG. As respostas foram escolhidas de acordo com a seguinte escala: 1 = discordo completamente; 2 = discordo parcialmente; 3 = neutro ou sem opinião; 4 = concordo parcialmente; 5 = concordo completamente. A identificação de cada gráfico (letra) corresponde à identificação das asserções no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 239$.

As aulas sobre ciclo celular

A história

A aventura sobre ciclo e divisão celular conta a história de MIO, uma célula de defesa de um organismo multicelular (o “império”) que enfrenta diferentes desafios para manter o organismo saudável. Para tanto, tem que utilizar-se de sua arma mortal, a “expansão clonal” – entrar em ciclo e dividir-se rapidamente –, para combater o “inimigo”, ora representado por bactérias, ora por substâncias tóxicas que alteram o metabolismo de MIO. Ao longo da história, ela vai sendo transformada através de mutações cumulativas que acabam por transformá-la em CTM, uma célula maligna que pode, ao final, desenvolver um tumor e destruir o organismo multicelular que tanto defendeu, ou ser morta pelo mesmo. As cinco personagens da aventura representam estruturas/processos relacionados ao controle do ciclo celular e ao mecanismo de divisão celular como, por exemplo, o DNA que possui as habilidades de se duplicar, compactar-se e descompactar-se e que também pode sofrer mutações. Somente trabalhando em conjunto as personagens conseguem fazer com que a célula se divida para poder dar conta dos desafios. Ao longo da história MIO enfrenta problemas como a exposição à colchicina ou ao taxol, drogas que afetam o funcionamento do citoesqueleto, ou tem contato com agentes mutagênicos; a partir dessas situações os alunos discutem como o ciclo celular é afetado.

Avaliação

Cento e trinta e sete alunos responderam a um questionário antes e depois do jogo. Os resultados com as opiniões dos alunos sobre a aula com RPG estão apresentados na Figura 4. Os gráficos correspondem às respostas de todas as turmas para as quais o jogo foi aplicado, uma vez que não houve variação significativa das frequências entre as turmas. Novamente a descrição dos resultados será apresentada com a escala Likert original (de 5 opções) reduzida a três itens: discordo (1 e 2 na escala original), neutro ou sem opinião (3 na escala) e concordo (4 e 5 na escala original).

Antes da aula, 51,5% dos alunos responderam que conheciam o RPG; esse valor subiu para 96,3% depois da aula.

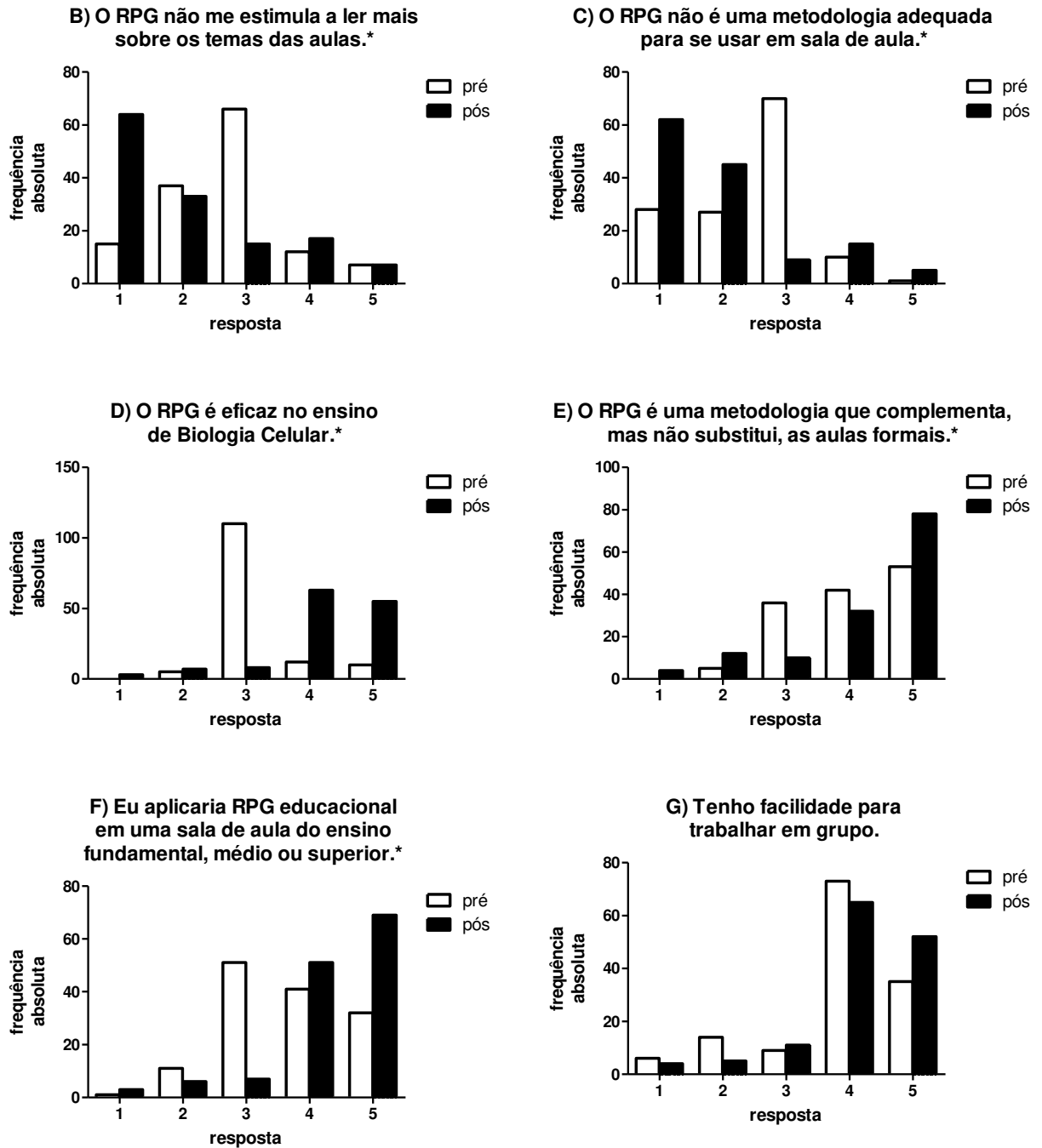


Figura 4 – Percepção dos alunos quanto ao uso do RPG em sala de aula. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG sobre ciclo celular. Os alunos responderam de acordo com a seguinte escala: 1=discordo completamente; 2=discordo parcialmente; 3=neutro ou sem opinião; 4=concordo parcialmente; 5=concordo completamente. A identificação de cada gráfico (letra) corresponde à identificação das asserções no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 137$. A asserção A não foi representada graficamente, mas pode ser encontrada no apêndice 5 e na descrição dos resultados.

As asserções para avaliar o uso do RPG em sala de aula foram semelhantes às apresentadas no questionário sobre síntese de ATP, e as respostas foram também correspondentes ao observado para aquele tópico. Pelas opiniões expressas após a aula, os alunos entendem que o RPG é uma metodologia adequada para ser usada em sala de aula (78,7% concordam - Figura 4C) e é eficaz no ensino de Biologia Celular (86,8% - Figura 4D).

Os alunos responderam que o RPG os estimula a ler mais sobre os temas das aulas (71,3% - Figura 4B).

Uma asserção diferente nesse questionário versou sobre a complementaridade entre aula formal e aula com RPG (Figura 4E). Antes da aula, apesar de 48% dos alunos terem respondido que desconheciam o RPG, 69,9% afirmaram que a aula com RPG complementa, mas não substitui as aulas formais. Após a aula, 80,9% dos alunos concordaram com essa asserção. Essa foi a asserção que apresentou a menor variação da frequência das respostas, excetuando-se a que não apresentou diferença significativa, sobre a perspectiva de autoavaliação quanto a trabalhar em grupo (Figura 4G).

Finalmente, 88,2% dos alunos responderam que aplicariam essa metodologia caso um dia fossem professores, uma porcentagem maior que a observada nas aulas sobre síntese de ATP.

Com relação ao conteúdo específico de ciclo celular (Figura 5) nota-se que, após a aula com RPG, a resposta 3 (neutro ou sem opinião) aparece com frequência diminuída em todas as asserções, corroborando o aumento na confiança sobre o conteúdo discutido na aula (90,5% - Figura 5H), embora as respostas sobre o conteúdo específico nem sempre tenham correspondido às corretas (Figura 5L e Figura 5M). Entretanto, é interessante notar que nas demais asserções (Figura 5I, Figura 5J e Figura 5N) 97-98% dos alunos assinalaram a resposta correta.

Alunos do GC também responderam a esse questionário. Para a maioria dos itens relacionados ao conteúdo específico de ciclo celular, não houve diferença significativa entre GC e GRPG, exceto para a asserção M, na qual ambos os grupos tiveram as frequências de respostas distribuídas para ambos os lados (concordância e discordância) após a aula, mas no GRPG a maioria dos alunos permaneceu na resposta 3 – neutro ou sem opinião. Entretanto, quando o GC dessa turma é comparado com os dados agrupados dos GRPG de todas as

turmas, essa diferença não é significativa, ou seja, o padrão de respostas não difere entre os alunos que assistiram a uma aula tradicional ou com RPG.

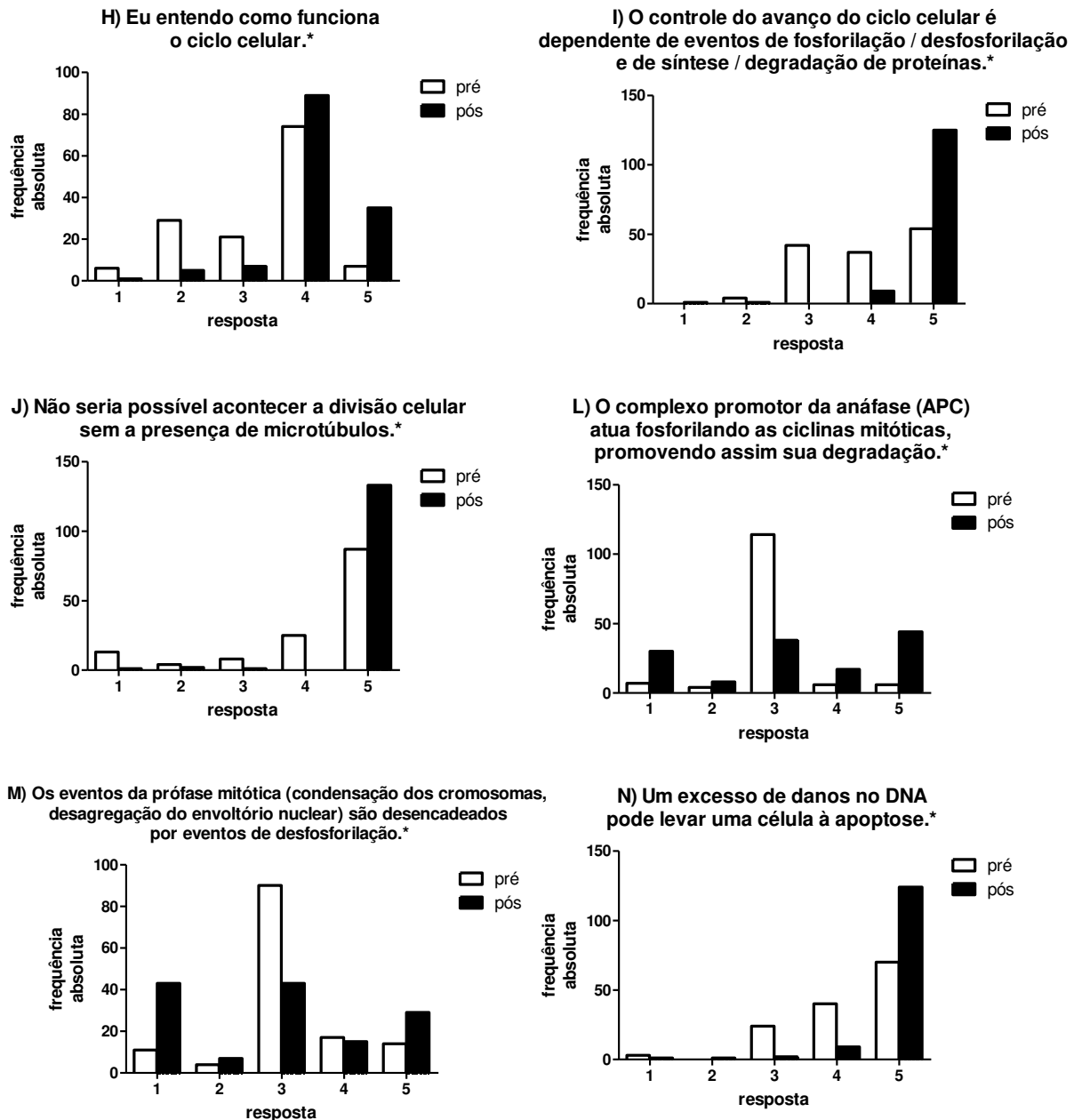


Figura 5 – Conhecimento específico dos alunos sobre ciclo celular. Distribuição das frequências absolutas de respostas aos questionários aplicados antes e depois da aula com RPG. Os alunos responderam de acordo com a seguinte escala: 1 = discordo completamente; 2 = discordo parcialmente; 3 = neutro ou sem opinião; 4 = concordo parcialmente; 5 = concordo completamente. A identificação de cada gráfico (letra) corresponde à identificação das asserções no questionário. * indica que, para a asserção, a distribuição das respostas antes e depois da aula não é independente (ou seja, $P < 0,05$); $n = 137$.

As aulas sobre endocitose e digestão celular

A história

Nessa aventura os personagens são novamente componentes celulares, dessa vez fazendo parte das células dos SPRUVS (Seres Para-Reostáticos Utilitários de Viagens Siderais). Eles viajam até Varule, um planeta desconhecido mas supostamente habitável, para tentar verificar as condições de sobrevivência, uma vez que o problema da superpopulação afeta de forma negativa as condições de sobrevivência da população, podendo levá-los a extinção. Lá chegando, têm que enfrentar diversos obstáculos como falta de comida, frio e doenças. Em cada situação tipos celulares diferentes (células fagocíticas, células absorptivas e outras) são “acionados” em seus organismos e os personagens (membranas, retículo endoplasmático/complexo de Golgi, citoesqueleto, lisosomas) são os responsáveis pelo funcionamento correto dos mecanismos e processos relacionados à endocitose e digestão celular, para que os SPRUVS se mantenham vivos em Varule.

Avaliação

A compreensão que os alunos tiveram sobre os mecanismos relacionados a endocitose e digestão foi realizada através da análise de mapas conceituais construídos pelas equipes antes e depois da aula com RPG. Mapas conceituais são uma forma de representação gráfica das correlações entre os conceitos sobre um determinado assunto (Novak e Gowin, 1993; Amabis e Martho, 1996; Daley e Torre, 2010).

A análise visual permite detectar que determinados conceitos, que não apareciam nos mapas pré-aula, apareceram relacionados nos mapas pós-aula, sendo que o inverso também ocorreu. Por exemplo, endosoma e revestimento de vesículas são conceitos que aparecem com maior frequência nos mapas pós-aula, enquanto membrana plasmática nos mapas pré-aula.

Vinte e cinco pares de mapas conceituais foram avaliados. Não foram encontradas diferenças significativas entre os mapas conceituais construídos antes e depois da aula nos quesitos proposições, hierarquia, exemplos e nota total (Tabela 2). A diferença significativa aconteceu para o critério ligações cruzadas, ou seja, a capacidade de fazer conexões entre dois grupos de conceitos, num mesmo nível de hierarquia ou não. Para esse critério, a média das

notas antes da aula foi de 4,8 contra 8,2 depois da aula ($P = 0,015$) (Tabela 2); ou seja, os alunos fizeram um número maior de ligações cruzadas depois da aula com RPG.

Mapas conceituais construídos por uma equipe de alunos, antes e depois da aula com RPG, estão apresentados nas Figura 6 e Figura 7 para exemplificar os mapas produzidos. Nesse exemplo pode ser observado aumento na riqueza do mapa no que se refere ao número de proposições e à hierarquia; as notas de ligações cruzadas e exemplos foram muito semelhantes para esses mapas. A nota total do mapa feito antes da aula (Figura 6) foi 93; o mapa feito depois da aula (Figura 7) recebeu nota 114,5.

Tabela 2 – notas obtidas na construção de mapas conceituais antes e depois de aula com RPG sobre o tema endocitose e digestão celular. Valores expressos como média + erro padrão da média.

Critério	Antes	Depois	P
<i>proposições</i>	14,9 ± 1,83	17,8 ± 2,60	0,070
<i>hierarquia</i>	13,3 ± 1,59	12,3 ± 1,37	0,749
<i>ligações cruzadas</i>	4,9 ± 1,21	8,2 ± 1,16	0,015
<i>Exemplos</i>	2,0 ± 0,83	0,8 ± 0,36	0,235
TOTAL	36,2 ± 3,92	39,1 ± 4,58	0,668

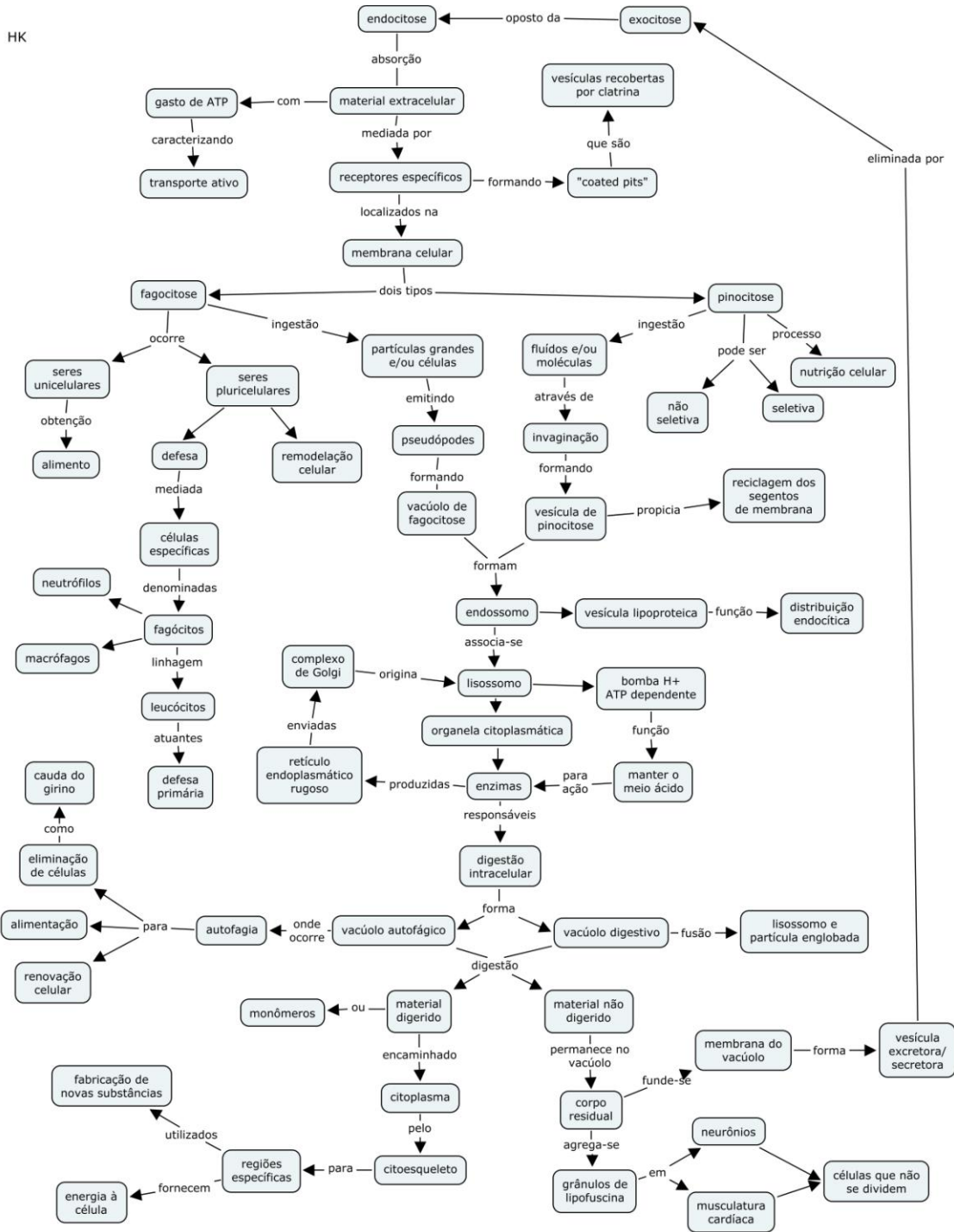


Figura 6 – Mapa conceitual construído por uma equipe de alunos antes de aula com RPG sobre o tema endocitose e digestão celular. Compare com a figura 6, da mesma equipe de alunos. O mapa foi reproduzido nessa figura com o uso do software IHMC CMapTools.

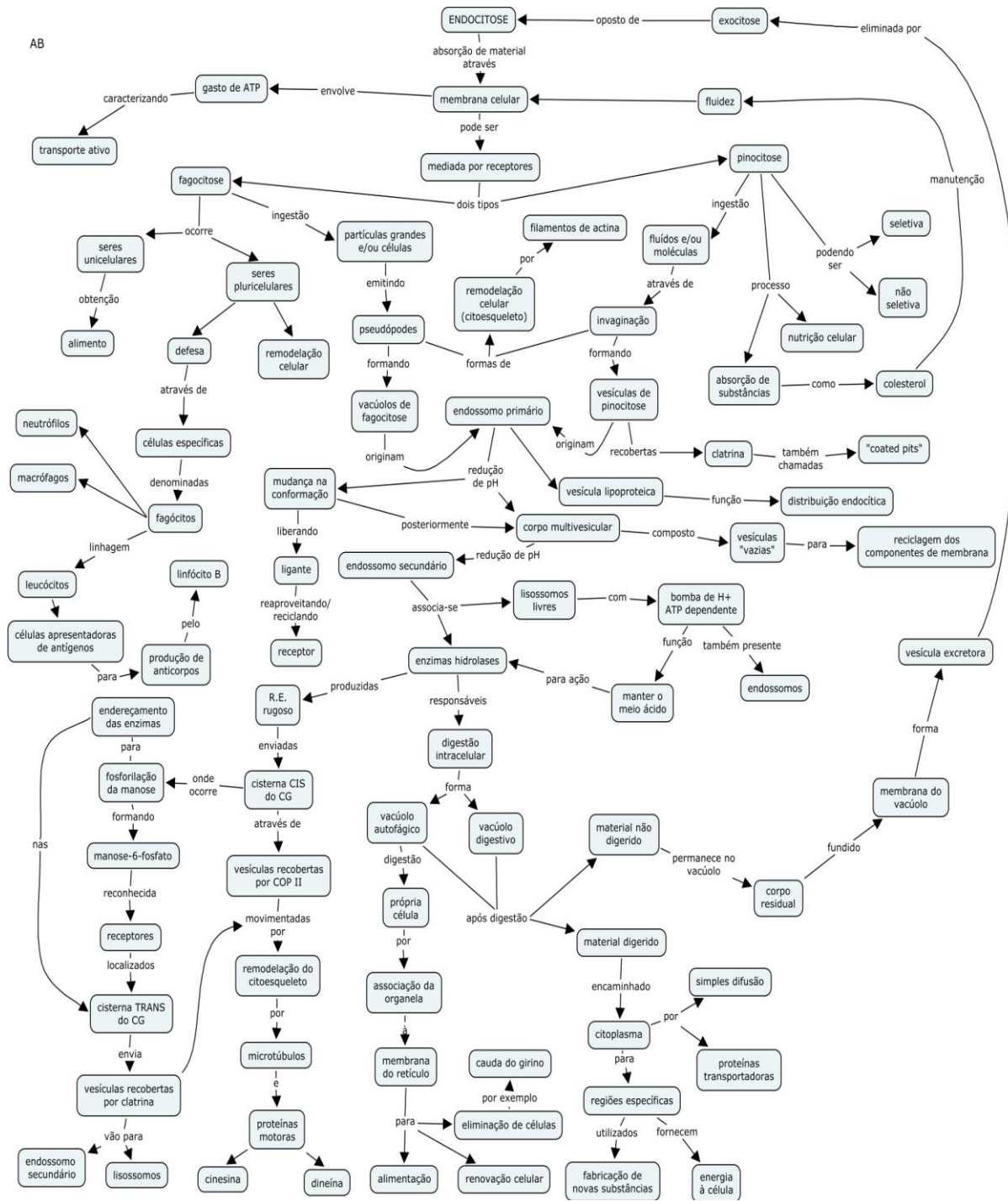


Figura 7 – Mapa conceitual construído por uma equipe de alunos depois de aula com RPG sobre o tema endocitose e digestão celular. Compare com a figura 5, da mesma equipe de alunos. O mapa foi reproduzido nessa figura com o uso do software IHMC CMapTools.

A aventura sobre comunicação intercelular

A história

Para discutir os conceitos de comunicação endócrina, parácrina e sináptica foi criada uma aventura onde as personagens eram soldados do exército do coronel Tutchenko, supremo comandante do Garraquistão, país que fora recém-invadido pela capitã Sky. Nessa história, então, os alunos representavam personagens humanas, e não processos celulares. Esses “soldados” recebiam mensagens codificadas, uma vez que o Coronel temia atividades de espionagem dentro do seu próprio exército, e queria garantir que suas ordens não fossem interceptadas. Morse, Navajo e outros códigos eram muito conhecidos e Tutchenko, quando precisava, codificava todas as suas mensagens com termos e analogias biológicos.

Assim, o batalhão (composto pelas personagens) tinha que desempenhar várias atividades durante esse período de guerra, todas elas ligadas a mecanismos de troca de informação (comunicação). Em cada ato da aventura as personagens tinham contato com uma forma diferente de comunicação. A partir disso, a analogia com os mecanismos de comunicação celular era feita em discussão do narrador/professor com os jogadores. Ou seja, os mecanismos de comunicação intercelular foram aprendidos por meio de analogias com a comunicação nessa guerra fictícia.

Avaliação

A participação nessa atividade foi de 28 alunos. Assim, poucas equipes foram formadas e, em alguns casos, houve dois narradores para uma mesma equipe.

Essa foi a primeira vez que essa aula foi aplicada a uma turma de graduação, ao contrário das apresentadas anteriormente, que foram aplicadas várias vezes. Por conta disso, alguns problemas aconteceram durante sua condução, o que levou os alunos a ficarem mais insatisfeitos com a aula.

Não houve uma avaliação quantitativa e a turma não foi dividida (GC e GRPG), ou seja, alguns alunos participaram das duas aulas com RPG. Relatos escritos por narradores e por alunos estão apresentados abaixo:

“[...] As analogias, pelo que pudemos perceber, foram bem compreendidas e assimiladas pelos alunos, bem como os tipos de

comunicação envolvidos em cada ato. De vez em quando, fazíamos algumas perguntas e eles não tiveram dificuldades em respondê-las.” (mestre “X”)

“O grupo em geral terminou a aventura satisfeito com o aprendizado e com o jogo, apesar da história ter ficado meio confusa; por ser a primeira vez que mestre acredito que eles gostaram. Já, quanto à matéria em si me pareceu que todos conseguiram aprender normalmente. Quanto a participação de cada um eu fiquei satisfeito, o grupo participou bastante do jogo, principalmente questionando sobre a matéria. [...] Enfim, foi interessante aplicar esse RPG mudou um pouco da idéia de RPG da Biocel que eu tinha, contudo ainda acho que algumas coisas precisam ser revistas e melhoradas para que ele fique da maneira como queremos.” (mestre “Y”)

“Eu achei que no segundo RPG, de sinalização celular, faltou clareza, ação por parte dos jogadores e muitas analogias ficaram perdidas. Mas a idéia é muito interessante.” (aluno 8)

“Achei o segundo RPG menos produtivo que o primeiro!” (aluno 9)

“O RPG deve ser mais focado no assunto a ser discutido. Por exemplo criar como personagens as próprias organelas ou sinais celulares. Ser mais dinâmico e menos na base da leitura somente.” (aluno 10)

“[...] o projeto do RPG dentro da biologia, quando ministrado corretamente é bastante proveitoso no aprendizado e memorização do conteúdo estudado. É uma forma alternativa, divertida e interessante de se entender e aprender biologia celular.” (aluno 11)

Pelos depoimentos apresentados, que são representativos dos depoimentos entregues, fica claro que alunos e narradores tiveram uma impressão diferente da aula, como também transparece o fato de que há falhas que precisam ser corrigidas para que a aula fique mais clara e, portanto, mais proveitosa em termos de aprendizagem significativa. A atuação dos mestres é avaliada pelos alunos nos depoimentos e mostrou que alguns mestres estavam mais “bem preparados” para a aula, tendo maior desenvoltura, enquanto outros ficavam “presos” ao roteiro da aula, tornando-a menos atrativa. Isso também pode ser notado nas aulas sobre outros temas.

Notas nas avaliações normais das disciplinas

Os alunos de ambos os grupos (GC e GRPG) obtiveram, nas médias, notas iguais nas avaliações normais das disciplinas (Tabela 3), exceto para uma questão sobre ciclo celular,

aplicada ao curso de Medicina em 2009, na universidade pública 2. Nessa questão, o desempenho dos alunos do GC foi significativamente superior ao dos alunos do GRPG.

Tabela 3 – Notas (numa escala de zero e dez) obtidas pelos alunos em questões de avaliações formais (provas). GC = grupo com aulas tradicionais; GRPG = grupo com aulas usando o RPG. Os valores representam as médias \pm erro padrão da média.

Ano	Instituição	Curso	Tema	GC	GRPG	P
2008	Universidade pública 1	Biologia	endocitose e digestão	5,6 \pm 0,51 (n = 60)	5,4 \pm 0,58 (n = 34)	0,88
			endocitose e digestão	6,7 \pm 0,48 (n = 60)	5,9 \pm 0,62 (n = 34)	0,29
			ciclo celular	6,6 \pm 0,45 (n = 53)	6,4 \pm 0,48 (n = 41)	0,82
		Medicina	endocitose e digestão	5,3 \pm 0,48 (n = 76)	5,4 \pm 0,46 (n = 33)	0,86
			endocitose e digestão	7,0 \pm 0,36 (n = 76)	7,3 \pm 0,34 (n = 33)	0,54
			ciclo celular	3,6 \pm 0,37 (n = 84)	4,0 \pm 0,39 (n = 25)	0,52
	Universidade pública 2	Medicina	síntese de ATP	6,9 \pm 0,20 (n = 62)	7,3 \pm 0,30 (n = 24)	0,21
			ciclo celular	4,5 \pm 0,43 (n = 53)	4,9 \pm 0,34 (n = 30)	0,59
			ciclo celular	4,3 \pm 0,28 (n = 53)	4,7 \pm 0,30 (n = 30)	0,29
			ciclo celular	7,0 \pm 0,54 (n = 53)	7,1 \pm 0,73 (n = 30)	0,92
2009	Universidade pública 1	Biologia	ciclo celular	4,6 \pm 0,53 (n = 24)	5,4 \pm 0,49 (n = 24)	0,25
			endocitose e digestão	6,7 \pm 0,29 (n = 68)	6,2 \pm 0,35 (n = 40)	0,31
		Medicina	endocitose e digestão	7,0 \pm 0,27 (n = 68)	7,1 \pm 0,43 (n = 40)	0,75
			síntese de ATP	5,2 \pm 0,45 (n = 60)	4,1 \pm 0,48 (n = 48)	0,10
			síntese de ATP	7,6 \pm 0,25 (n = 60)	7,3 \pm 0,33 (n = 48)	0,40
	Universidade pública 2	Medicina	síntese de ATP	7,0 \pm 1,52 (n = 63)	7,0 \pm 1,56 (n = 25)	0,95
			ciclo celular	3,3 \pm 0,21 (n = 58)	2,8 \pm 0,28 (n = 35)	0,16
			ciclo celular	1,9 \pm 0,18 (n = 58)	1,3 \pm 0,19 (n = 35)	0,03
		Biologia	síntese de ATP	6,8 \pm 0,50 (n = 57)	6,9 \pm 0,33 (n = 38)	0,62
			ciclo celular	3,5 \pm 0,21 (n = 61)	3,8 \pm 0,26 (n = 34)	0,15

Como as questões foram diferentes para cada turma e em cada ano, uma vez que fizeram parte da avaliação regular da turma, não foi possível fazer uma comparação entre universidades, cursos, ou mesmo em dois diferentes anos.

Avaliação de médio prazo

Os alunos de ambos os grupos e nas duas universidades tiveram desempenho semelhante na avaliação um ano depois das aulas. Em apenas duas questões houve diferença estatisticamente significativa, com notas maiores para o GRPG, que também teve notas ligeiramente superiores (não significativamente diferentes) em outras 11 questões, contra 9 em que o GC teve melhor desempenho. As questões sobre síntese de ATP aplicadas ao curso de Medicina da universidade pública 2 não foram avaliadas porque apenas dois alunos que participaram da aula com RPG as responderam. Nessa mesma universidade, os alunos do curso de Biologia não foram avaliados porque não foi possível aplicar a avaliação de médio prazo em uma aula de outra disciplina em 2010.

O cálculo das notas apresentadas na Tabela 4 foi realizado apenas com os alunos que responderam às questões. As questões deixadas em branco não foram computadas e nem consideradas como nota zero. Na Tabela 5 estão apresentados os percentuais de questões deixadas em branco por grupo, em cada questão. O percentual é proporcional ao número de alunos incluídos no grupo (GC ou GRPG), e não em relação ao total de respondentes da turma. Para a maioria das questões (72,7%), os alunos do GRPG deixaram menos respostas em branco que os do GC.

Tabela 4 – Notas (numa escala de zero a dez) obtidas pelos alunos em questões de uma avaliação aplicada um ano após as aulas sobre o tema, para a qual os alunos não foram avisados. GC = grupo com aulas tradicionais; GRPG = grupo com aulas usando o RPG. Os valores representam as médias \pm erro padrão da média. N.A. = não avaliada.

Ano	Instituição	Curso	Tema	GC	GRPG	P	
2009	Universidade pública 1	Biologia	endocitose e digestão	5,6 \pm 0,25 (n = 28)	5,7 \pm 0,64 (n = 9)	0,96	
			endocitose e digestão	4,8 \pm 0,37 (n = 24)	5,3 \pm 1,10 (n = 7)	0,55	
				ciclo celular	5,1 \pm 0,27 (n = 30)	5,6 \pm 0,49 (n = 12)	0,37
				ciclo celular	5,6 \pm 0,46 (n = 19)	4,7 \pm 0,73 (n = 9)	0,32
				endocitose e digestão	5,1 \pm 0,35 (n = 37)	4,8 \pm 0,33 (n = 20)	0,61
				endocitose e digestão	4,9 \pm 0,46 (n = 37)	4,5 \pm 0,55 (n = 18)	0,61
		Medicina	ciclo celular	2,4 \pm 0,39 (n = 30)	1,6 \pm 0,37 (n = 18)	0,18	
	ciclo celular		1,5 \pm 0,32 (n = 13)	4,1 \pm 1,26 (n = 10)	0,03		
		Universidade pública 2	Medicina	síntese de ATP	4,5 \pm 0,45 (n = 24)	5,3 \pm 0,51 (n = 14)	0,26
	síntese de ATP			1,8 \pm 0,31 (n = 23)	3,0 \pm 0,57 (n = 14)	0,05	
				ciclo celular	2,4 \pm 0,37 (n = 24)	3,4 \pm 0,73 (n = 11)	0,16
				ciclo celular	1,1 \pm 0,44 (n = 21)	1,6 \pm 0,92 (n = 10)	0,64
2010	Universidade pública 1	Biologia	endocitose e digestão	5,1 \pm 0,24 (n = 33)	4,8 \pm 0,32 (n = 14)	0,58	
			endocitose e digestão	4,8 \pm 0,31 (n = 33)	3,9 \pm 0,41 (n = 17)	0,11	
				ciclo celular	4,5 \pm 0,33 (n = 31)	4,9 \pm 0,48 (n = 14)	0,43
				ciclo celular	5,3 \pm 0,28 (n = 36)	4,8 \pm 0,33 (n = 17)	0,29
		Medicina	endocitose e digestão	4,6 \pm 0,35 (n = 14)	5,3 \pm 0,47 (n = 17)	0,24	
	endocitose e digestão		4,5 \pm 0,38 (n = 16)	4,2 \pm 0,35 (n = 17)	0,61		
	síntese de ATP		6,0 \pm 0,45 (n = 16)	6,1 \pm 0,30 (n = 17)	0,91		
		Universidade pública 2	Medicina	síntese de ATP	5,2 \pm 0,52 (n = 17)	5,7 \pm 0,42 (n = 17)	0,45
	síntese de ATP			N.A.	N.A.		
				ciclo celular	1,8 \pm 0,29 (n = 25)	1,9 \pm 0,39 (n = 22)	0,89
			ciclo celular	5,1 \pm 0,61 (n = 22)	4,3 \pm 0,71 (n = 20)	0,35	
	Biologia	síntese de ATP	N.A.	N.A.			
ciclo celular		N.A.	N.A.				

Tabela 5 – Percentual de alunos que não responderam (deixaram em branco) a cada questão da avaliação aplicada um ano após as aulas sobre o tema. Os alunos não foram avisados que a avaliação seria aplicada. GC = grupo com aulas tradicionais; GRPG = grupo com aulas usando o RPG. Os valores representam o percentual em relação ao número de alunos de cada grupo (n).

Ano	Instituição	Curso	Tema	GC (%)	n	GRPG (%)	n
2009	Universidad e pública 1	Biologia	endocitose e digestão	2,9	35	0,0	9
			endocitose e digestão	14,3		22,2	
		Medicina	ciclo celular	6,3	32	0,0	12
			ciclo celular	40,6		25,0	
		Medicina	endocitose e digestão	5,1	39	13,0	23
			endocitose e digestão	5,1		21,7	
	Universidad e pública 2	Medicina	ciclo celular	26,8	41	14,3	21
			ciclo celular	68,3		57,1	
		Medicina	síntese de ATP	0,0	24	0,0	14
			síntese de ATP	4,2		0,0	
		Medicina	ciclo celular	11,1	27	9,1	11
			ciclo celular	22,2		18,2	
2010	Universidad e pública 1	Biologia	endocitose e digestão	10,8	37	17,6	17
			endocitose e digestão	10,8		0,0	
		Medicina	ciclo celular	21,6	37	17,6	17
			ciclo celular	2,7		0,0	
		Medicina	endocitose e digestão	17,6	17	0,0	17
			endocitose e digestão	5,9		0,0	
	Universidad e pública 2	Medicina	síntese de ATP	5,9	17	0,0	17
			síntese de ATP	0,0		0,0	
		Medicina	síntese de ATP	N.A.	29	N.A.	25
			ciclo celular	13,8		12,0	
		Biologia	ciclo celular	24,1	29	20,0	25
			síntese de ATP	N.A.		N.A.	
Biologia	ciclo celular	N.A.	29	N.A.	25		
	síntese de ATP	N.A.		N.A.			

Alguns comentários dos alunos que responderam a essas questões são apresentados a seguir. A maioria dos alunos escreveu depoimentos favoráveis ao uso dessa metodologia, embora essa opinião não tenha sido unânime. Alguns chamaram a atenção para o fato de acharem que esse tipo de aula não cobre todos os conteúdos de um tema; outros declararam que a aula com RPG deveria ser ministrada após uma aula tradicional.

“Lembro que eu gostei muito da atividade, e que ela me ajudou muito com o conteúdo da matéria. Parabéns, continue com ela, pelo bem das próximas gerações!” (aluno 12)

“Atividade boa para uma visão mais abrangente do todo.” (aluno 13)

“Lembro de ter gostado muito da dinâmica. Mas acho que não lembrar do conteúdo tem muito a ver com o currículo médico. A quantidade de informação que eu, pelo menos, deveria ter aprendido é muito grande, algumas coisas vão se perdendo... Mas fico feliz com a iniciativa de mudar o tédio e o sono de slides monótonos numa sala abafada...” (aluno 14)

“O projeto é interessante, mas seria mais proveitoso se fosse ministrada uma aula teórica para que, além de direcionamento, fossem esclarecidas eventuais dúvidas.” (aluno 15)

“Acho a idéia do RPG interessante, mas, apesar da leitura e da confecção dos mapas, faltou um pouco mais de teoria, um momento para maior esclarecimento de dúvidas, que teria melhorado o aproveitamento do jogo.” (aluno 16)

Participação dos alunos nas aulas – Relatos dos narradores

Os narradores/professores foram importante fonte de informação sobre o desenvolvimento de cada aula, a participação e o envolvimento dos alunos, e do conteúdo específico.

Apesar de não terem sido constatadas diferenças significativas quando são comparadas as respostas aos questionários pré- e pós-aula entre as turmas ou entre os anos do projeto, os narradores descreveram a participação de diferentes turmas de formas bem distintas, mostrando que houve diferenças de comportamento e envolvimento dos alunos. Para exemplificar isso, os relatos a seguir foram escritos pelos mesmos narradores, após aplicação das aulas em três cursos diferentes. Eles estão relacionados em ordem cronológica da aplicação da aula sobre síntese de ATP.

Narrador “A”:

“Durante o jogo, à medida que os alunos foram entendendo o funcionamento da atividade, começaram a se mostrar muito mais interessados e tiraram muitas dúvidas. Durante o jogo, eles demonstraram que estavam gostando da atividade (principalmente quando entendiam uma nova parte da matéria) e participavam da história soltando exclamações de surpresa quando algo inesperado acontecia ou exclamações de medo quando a pobre doutora Annia estava

em perigo (pois é, minha equipe era bem entusiasmada...)." (narrador A, primeira aula)

O mesmo narrador, que para a aula com o outro curso dividiu a narração com outro companheiro, mostrou-se mais apreensivo com relação à turma, que ofereceu certa resistência no início da aula para depois descontraí-lo e procurar entender o conteúdo:

"O que parece é que os alunos começaram o jogo com um desinteresse (devido ao fato de não saberem jogar RPG e principalmente não saberem a matéria), mas que conforme o jogo avançava e eles iam compreendendo o que se passava, o desinteresse ia amainando. Então achamos que eles teriam se saído muito bem (e gostado muito mais da experiência) se tivessem uma base teórica. Achamos primeiramente que os alunos de bacharelado teriam se saído melhor; depois, entretanto, pensamos que muitos alunos de bacharelado não têm intenção nenhuma de lecionar; então vimos que fazer esse tipo de trabalho com alunos da licenciatura faz mais sentido, visto que o RPG é uma forma de trabalho didático alternativo, que os licenciandos poderiam aplicar no futuro." (narrador B, segunda aula)

Já para na terceira turma o narrador descreve um ambiente mais amigável e que, na opinião dele, teve como consequência um melhor rendimento da turma:

"Após contada a primeira parte da história, os alunos prontamente sugeriram várias ideias de como começar a produzir ATP. O jogo se desenrolou mais facilmente que o normal; o que era explicado aos alunos era fixado rapidamente, e eles captaram a dinâmica do jogo muito bem. Na segunda parte da aplicação, as questões em relação aos diversos problemas ao metabolismo que surgem ao longo da história foram muito bem respondidas, e pelo que percebi, entendida por todos os jogadores. Depois de terminado o jogo, os alunos saíram da sala satisfeitos, comentando que haviam gostado muito do jogo. (narrador A, terceira aula)

O narrador "B" teve uma primeira experiência semelhante à do narrador A, com os alunos participando cada vez mais intensamente da aula, mas ainda assim abaixo da expectativa do narrador:

"Apesar da grande dificuldade na hora de produzir os ATPs, elas acabaram entendendo bem sobre o assunto. Tiveram uma ideia melhor onde ocorria a glicólise, para onde iam os ATPs, como funcionava o ciclo do ácido cítrico e o que formava e para onde iam. A passagem dos elétrons na cadeia transportadora, o bombeamento de prótons na ATP sintase e várias outras etapas da produção. Após várias tentativas e várias dicas elas já conseguiam produzir ATP sem a ajuda do mestre. No começo, elas se sentiam bem inseguras pelo fato de não terem estudado o assunto e não conhecerem o jogo, após algum tempo, depois de terem entendido como funcionava, jogavam com mais confiança, sem medo de

estarem errando ou não. [...] As alunas pouco perguntavam, mostraram certo interesse, porém poderiam ter indagado mais. O pouco que perguntavam ou era sobre o funcionamento do jogo ou eram perguntas mais básicas sobre o assunto.” (narrador B, primeira aula)

Na segunda vez que ministrou o assunto, o narrador relatou seu desespero pelo fato de não conseguir envolver os alunos na aula, por conta do desinteresse e da falta de conhecimentos prévios desses alunos:

“Em nenhum momento o jogo fluiu como deveria. As alunas não estavam muito interessadas e mais brincavam do que tentavam prestar atenção no jogo. Um bom tempo foi perdido em apenas explicar a distribuição dos pontos. Outro motivo, porque nem ao menos sabiam o que era cadeia transportadora de elétrons, muito menos as habilidades das fichas. [...] Com muito esforço, as alunas conseguiram produzir as primeiras moléculas de ATP; claro que tive que conduzi-las a todo o momento e, mesmo assim, elas iam apenas "chutando" as habilidades. Sempre explicando as mesmas coisas e elas “esquecendo” logo em seguida. [...] No meio do jogo entrei em desespero, porque elas simplesmente não entendiam as minhas explicações. Uma hora eu não sabia mais o que fazer, o tempo estava acabando, não havia interesse e elas diziam que tinham entendido e faziam tudo errado novamente. Foi aí que eu parei, respirei, resgatei de volta a paciência e continuei o jogo. Fiz o que pude para explicar o assunto para as alunas.” (narrador B, segunda aula)

Esse mesmo narrador sentiu-se “redimido” de seu desespero com a terceira turma para a qual ministrou a aula, relatando o quanto os alunos foram participativos e o quanto compreenderam o conteúdo da aula:

“Esse jogo me deixou bem contente. Primeiro, todos os alunos entenderam bem como era distribuição dos pontos (o que geralmente não acontece) e foram rápidos para decidirem a quantidade de pontos para cada habilidade. Mostraram-se bastante interessados na história, até perguntavam quando não entendiam algum trecho. [...] Os alunos ajudavam-se bastante, dando opiniões sobre o que era melhor, como cada um queria, o quanto de substrato que queriam usar. Perguntavam quando não entendiam como funcionava alguns processos. E depois de explicado, mostravam que tinham entendido, narrando o que acontecia quando realizavam alguma ação. Eles até lembravam o quanto era produzido de substrato em cada via. [...] Após o sucesso, a história continuou e incrível que todos continuaram interessados!! A doutora Annia acabou indo bastante para o hospital. Souberam explicar, sem muita ajuda, o que acontecia em cada caso.” (narrador B, terceira aula)

Pode-se constatar que em uma mesma turma havia equipes mais entusiasmadas que outras, e com maior facilidade para compreender o funcionamento da aula e do jogo, o que resultava em melhor participação de todos os alunos da equipe. Também havia equipes em que o desinteresse inicial foi grande, mas com o desenrolar da aula os alunos ficaram mais envolvidos e participantes. O conhecimento prévio do RPG e o interesse pela aprendizagem de sua dinâmica influenciaram também a participação dos alunos nas aulas.

Entrevista semiestruturada

Alunos que mestraram

A formação de professores também foi parte desse projeto. Os alunos da universidade pública 1 que auxiliaram nas aulas com RPG atuando como mestres, ou seja, na qualidade de professores, responderam a uma entrevista semiestruturada (apêndice 6).

Todos os entrevistados são graduados em Biologia, sendo que a maioria conhecia previamente o RPG (79%), mas nunca tinham ouvido falar sobre seu uso em educação (exceto um) e também nunca viram publicações sobre o tema, apesar de elas existirem, disponíveis inclusive pela internet (por exemplo: <http://educationalroleplaying.net/>; <http://www.jogodeaprender.com.br/>).

Todos os entrevistados disseram que utilizariam o RPG em suas aulas, caso fossem professores, por entenderem o potencial didático dessa ferramenta de educação.

“Com certeza, eu teria muita vontade [de utilizar o RPG] porque eu gostei de participar e até se um dia eu puder trabalhar com alguns alunos numa universidade, eu espero montar um grupo para poder trabalhar, ter alunos que sejam mestres do jogo para que eu possa todo o ano estar trabalhando em algum momento com o RPG, porque eu achei muito interessante e muito importante.” (entrevistado 1)

A participação ativa do aluno durante a aula também foi destacada como uma característica que torna essa ferramenta interessante na educação:

“... eu acho que tem várias coisas, principalmente na dinâmica que o jogo dá, que o jogo tem, e a maioria dos processos, sei lá, levando para a nossa área a maioria dos processos celulares são dinâmicos e a interação que tem também entre os alunos. Acho também que é uma forma de aprender menos passiva, o aluno tem um papel mais ativo. Acho que quando se tem uma participação mais ativa no conhecimento ele é melhor, de uma forma mais produtiva.” (entrevistado 3)

Nenhum dos entrevistados declarou explicitamente que a aula com RPG pode substituir uma aula expositiva e a maioria reconheceu que a quantidade de conteúdo trabalhado numa aula expositiva pode ser maior que numa aula com RPG. A maioria disse achar que as duas formas de aula são complementares.

“É como eu falei: a aula formal tem seus pontos que acabam sendo positivos porque você vai ter muita informação. Já no RPG você pode até ter tanta informação, mas ela não vai ser tão trabalhada. Porém nem todas as informações são absorvidas [na aula formal], enquanto que as do RPG são mais fáceis de serem absorvidas.” (entrevistado 5)

Os entrevistados concordaram que ao professor cabe, numa aula com RPG, aumentar a interatividade entre os alunos e atuar como um intermediário no processo de aprendizagem, ao contrário de uma aula expositiva, quando ele atua geralmente como um “transmissor” do conhecimento. O professor fica mais próximo dos alunos e assim interage mais e troca mais informação com eles, diminuindo os limites classicamente atribuídos a esses “papéis” na educação. Os seguintes depoimentos representam bem essa visão “clássica” da aula e o quanto ela pode mudar com o RPG, apesar do conflito com a quantidade de conteúdo possível de ser ministrado em uma aula.

“Acho que hoje a educação é um tanto quanto formal e que ela parece, nas universidades que conheço, mais com palestras do que aulas propriamente, com envolver os alunos; o professor fica falando, os alunos escutam e eles retornam numa avaliação. O RPG parece mais uma troca de informação, essa troca de informação que faz com que o próprio aluno venha buscar o conhecimento e isso ajuda muito nesse processo.” (entrevistado 1)

“O papel do professor em qualquer tipo de atividade que fuja do tradicional seria aumentar a interatividade entre professor e aluno, o que não existe numa aula tradicional que o professor fala e o aluno engole e, quando ele quer perguntar alguma coisa, ele cria coragem, vai, levanta a mão e pergunta, com certo receio. O papel dele é diminuir esse limite que existe entre professor e aluno, ou acabar com esse limite.” (entrevistado 2)

Outra vantagem apontada por alguns entrevistados é o fato do RPG possibilitar uma interação mais próxima entre professor e aluno, permitindo ao professor sanar as dúvidas dos alunos com maior efetividade. Numa aula teórica, o aluno ficaria passivo ou intimidado para

perguntar, o que não acontece (ou acontece menos) numa aula com RPG.

“[...] O RPG tem o lado de ter maior atividade e maior participação dos alunos no aprendizado; acho que numa aula formal o aluno é muito passivo; ele fica só recebendo, só recebe informação e ele acaba incorporando o conhecimento “da forma que o professor passa”. Acho que esse tipo de, acho que o conhecimento é meio que uma construção, depende de cada pessoa e uma aula formal limita muito isso. O RPG abre maiores possibilidades pra isso” (entrevistado 3)

A preparação de uma aula com RPG é, a princípio, mais difícil que uma aula tradicional, na opinião dos entrevistados. Atribuíram isso ao fato de que os professores geralmente têm uma formação “tradicional”, com aulas expositivas, e ao fato do RPG ser ainda desconhecido enquanto ferramenta didática.

As principais limitações levantadas pelos entrevistados se referem (1) à preparação prévia do professor para esse tipo de aula:

“Eu, por exemplo, estudei muito mais agora, para essa aula, do que para uma aula normal na qual eu simplesmente pegaria só os slides e leria o livro do Alberts [Biologia Molecular da Célula] e pronto. Agora nessa [com RPG] não, a gente tem que saber etapa por etapa, de que forma posso falar essa parte, de que forma posso falar aquela parte.” (entrevistado 4)

(2) ao fato de os alunos poderem receber conteúdos diferentes em uma mesma aula, uma vez que vários professores atuam ao mesmo tempo:

“Então, talvez o conhecimento que um grupo numa aula de RPG, que tem cinco mestres... não necessariamente os cinco mestres passam da mesma forma o mesmo conteúdo da matéria, por mais que os jogos tenham tido as mesmas etapas, tenham seguido regras.” (entrevistado 4)

(3) à necessidade de que os alunos estudem previamente o conteúdo (culturalmente, no ambiente escolar, isso não acontece); e ao tempo de aula. Dois dos entrevistados também identificaram como limitação a impossibilidade do uso dessa ferramenta em aulas práticas:

“Quando depende muito de conhecimento prático, eu acho, de conhecimentos de pesquisa, aulas de laboratório, que a pessoa precisa testar, quando é empírico... [...] Pode ser limitada quando a pessoa precisa ir para o laboratório e ver quando está mudando determinado indicador de pH, aí tem que ser aula tradicional.” (entrevistado 4)

Outra desvantagem apontada por um dos entrevistados se refere ao fato de que algumas pessoas têm aversão a jogos e a comunicar-se em público, e isso pode funcionar como um limitante do aprendizado.

“... muitas pessoas têm aversão ao jogo, então muitas pessoas já entrariam no jogo não querendo jogar. [...] Porque algumas pessoas não gostam de falar e, querendo ou não, no RPG, do modo como foi proposto, ele exige uma participação mínima do jogador, que neste caso é o aluno e, às vezes, como aconteceu em algumas oportunidades, o aluno não participou de jeito nenhum.” (entrevistado 2)

Professores que acompanharam as aulas

Duas professoras da universidade pública 1 que acompanharam a aplicação da atividade foram entrevistadas. Nenhuma delas tinha ouvido falar sobre RPG, mas ambas gostaram da atividade e acham que ela é válida e que pode/deve ser incorporada às aulas.

Uma das professoras, que acompanhou as atividades nos dois anos disse que, inicialmente, achou que uma aula teórica expositiva antes do jogo seria necessária; entretanto, sua opinião em relação a isso mudou. Ela acha que a aula com o RPG funciona bem quando os alunos estudam o assunto previamente e quando o conteúdo não requer muitas conexões com outros conteúdos da mesma ou de outra disciplina, e que essa seria uma limitação da aplicação dessa ferramenta.

Eu acho que funcionou. Bastante. Até, quando vi pela primeira vez fiquei meio em dúvida, pensei: será que vai funcionar? Será que os alunos terão maturidade para acompanhar o jogo? Mas acho que funcionou. [...] fiquei em dúvida naquele ano se não valeria mais a pena eles terem uma aula teórica antes para poderem render um pouco mais, porque eles são um pouco imaturos ainda no primeiro ano, então essa história de ter que estudar antes de chegar na aula...

Também acredita que haja certo preconceito dos alunos com relação a aulas diferenciadas, ou seja, que os alunos também têm a “cultura da aula expositiva”.

Eu acho assim: eu acho que ainda existe um pouco de preconceito dos alunos. Isso eu senti em alguns alunos nos dois anos, [dizendo coisas do tipo] "Ah, não vou fazer jogo.", "Isso não, prefiro assistir a uma aula." É mais cômodo você sentar e assistir a uma aula; enquanto você estiver prestando atenção, você presta atenção; o que você conseguir absorver você absorve... Mas no jogo não, no jogo... Primeiro: eles têm que estudar previamente para o jogo funcionar; segundo: ele tem que participar ativamente durante o jogo e não é todo mundo que está disposto a isso, mas não é uma limitação do jogo, isso seria...

entrevistador: *Uma limitação cultural?*

Bem colocado! A gente é muito passivo; os alunos também são muito passivos em aula. Às vezes quando a gente faz uma pergunta é difícil ter resposta, dependendo da turma... Se é uma turma apática, como era a da medicina desse ano, eu penso que seria mais difícil ter o retorno.

Outra entrevistada chamou a atenção para o fato de que uma aula expositiva não requer atenção integral do aluno, o que acontece na aula com RPG, que é mais envolvente.

“Na aula tradicional o aluno fica passivo ouvindo as coisas. As pessoas que gravam isso, tudo bem; outras pessoas dormem e aí não aproveitam tanto assim. Se você está envolvido no jogo, você tem que participar, então você é obrigado a prestar atenção no que você está fazendo e então participar mais ativamente.”

Diz também que acredita que a aula expositiva permita abordar uma quantidade maior de conteúdos que numa aula com RPG (ambas com a mesma duração).

“Eu acho que numa aula tradicional você aborda mais assuntos, então talvez o jogo ocupe muito espaço e acaba... se [comparar] uma coisa contra a outra, o rendimento é menor no jogo, em termos de conteúdo. Não sei se todo esse conteúdo é aproveitado pelo aluno numa aula tradicional.”

Ambas as entrevistadas identificam o RPG como uma forma divertida de aprendizagem e veem nisso um ponto positivo dessa ferramenta.

Formação de Professores

Como resultado das oficinas didáticas realizada com alunos do curso de Biologia (licenciatura) da universidade pública 1, seis aulas com miniaventuras de RPG foram criadas pelos alunos. Dessas, foi ministrada aos alunos de um curso preparatório para o vestibular uma aula sobre divisão celular.

Com uma história de apenas uma página (apêndice 8), a miniaventura conta como o biólogo Claytus Cassidy tenta vencer a empresa Dominacqua que detém, num futuro próximo, o monopólio da água potável na cidade de São Paulo. Para isso, ele desenvolve um fungo modificado geneticamente, capaz de despoluir a água. A missão dos personagens é fazer o fungo se multiplicar, por sucessivas mitoses, a partir do momento em que ele é lançado no rio Tietê.

Essa história e seus personagens foram revistos e testados em uma série de reuniões; foram então treinados os narradores, que foram os criadores da aventura e outros alunos da

disciplina.

Não foi possível acompanhar a aplicação do jogo, mas as informações recebidas dos alunos que realizaram a atividade – obtidas por trocas de mensagens eletrônicas – e por conversa pessoal com a professora responsável pela disciplina indicam que a atividade obteve o êxito esperado.

Um resultado paralelo dessa atividade foi o interesse, por parte de um professor de Sociologia, pela miniaventura; ele sugeriu que seria possível trabalhar, dentro da história, conceitos de Sociologia e propôs a aplicação da aula na escola de ensino médio em que ele trabalha. Infelizmente, isso não aconteceu. Entretanto, a aula foi ministrada em uma escola pública, por bolsistas participantes de outro programa (de formação de professores, descrito nos encaminhamentos metodológicos), na cidade de Curitiba, como parte de uma oficina sobre Biologia Celular que contou com outras atividades ligadas ao tema. O resultado dessa atividade foi obtido através de um questionário aplicado aos alunos do ensino médio que participaram das aulas.

Depoimentos

Estudantes bolsistas do programa de formação de professores voluntariamente escreveram depoimentos sobre sua participação no projeto de RPG em Biologia Celular. Todos concluíram que a experiência foi positiva. O destaque apontado por eles foi o “aprender a ser” professor, mas um professor um pouco diferente daquele que estavam acostumados a conhecer.

“O projeto me ajudou, principalmente na questão do ensinar/aprender. Dentro do projeto foi possível ver as duas caras dessa moeda com um ponto de vista diferente do que eu tinha antes, afinal ele ajudou tanto metodologias novas de ensino e aprendizagem e como se passar adiante.” (licenciando 1)

“Aprendemos a ensinar, criamos sobre o que aprendemos e ensinamos o que criamos, mas, acima de tudo, conhecemos o que somos capazes de aprender, de criar e de ensinar.” (licenciando 2)

A importância da relação aluno/professor, pensada de uma forma mais próxima, menos passiva (de transmissão de conhecimentos, apenas), também foi apontada por alguns:

“[...] como a ‘aula’ dada pelo RPG é em forma de um jogo, nós, participantes do projeto, não pudemos agir como meros transmissores de conhecimento. Foi necessário desenvolver uma postura séria, de professor, mas ao mesmo tempo mostrar-se próximo dos alunos, para que eles realmente entrassem no espírito do jogo, e pudessem aproveitar da melhor forma possível tudo que era proposto [...]” (licenciando 3)

“O convívio com os alunos foi um dos melhores pontos abordados nesse estágio, pois só convivendo com esse cotidiano é que vemos realmente onde estamos errando e no que podemos melhorar.” (licenciando 4)

A proposta de inclusão de um número cada vez maior de pessoas diretamente envolvidas com a metodologia foi bem sucedida, embora ainda não haja informação de que algum dos participantes esteja efetivamente aplicando-a em outras instituições.

Discussão

Uma dificuldade aparentemente inerente ao ser humano é enfrentar o novo. Há sempre uma resistência ao que é novo, pelo fato do novo ser desconhecido e queremos ficar na zona de conforto do conhecido. Vale citar novamente como Humberto Mariotti (2000) discorre sobre isso:

“A perspectiva de modos diferentes de pensar provoca sempre uma enorme resistência. O “Já conheço”, o “Não há novidade nisso”, e expressões semelhantes são cautelas típicas desse condicionamento. Para nós, a crítica às ideias novas tornou-se uma reação automática. Estamos condicionados a concordar ou discordar de imediato. Aferrados à separação entre sujeito e objeto, dividimos tudo em dois lados, o certo e o errado, o falso e o verdadeiro e assim por diante. E o que não conseguimos segmentar é desqualificado ou descartado”.

Essa foi a impressão obtida no início das aplicações das aulas com RPG em praticamente todas as turmas. Essa dificuldade pode ser observada em outras tentativas de mudar o “status quo” de uma disciplina ou curso. Silverthorn e colegas (2006) apresentaram uma proposta de escolas desenvolverem temas integrados em Fisiologia, enfatizando a aprendizagem ativa nas salas de aula de graduação. Começando com 36 professores que se voluntariaram para aplicar a proposta em suas universidades, acabaram com apenas 8 professores que efetivamente introduziram módulos de aprendizagem ativa. Na reformulação curricular do curso de medicina da Universidade Federal de Goiás, 29,4% dos docentes foram resistentes às mudanças propostas (Abreu-Neto, Filho *et al.*, 2006). Fato semelhante ocorreu na reformulação do currículo em um curso técnico de enfermagem, onde os alunos também foram resistentes às mudanças (Araujo e Barbosa, 2004).

Esses fatos não são incomuns, uma vez que artigos e editoriais de revistas científicas chamam a atenção para isso já há algum tempo. Em 1995, Barr e Tag publicaram interessante artigo na revista *Change* propondo uma mudança de paradigma na educação: a saída do Paradigma da Instrução para a entrada do Paradigma da Aprendizagem (Barr e Tagg, 1995); uma proposta nem tão nova, mas reconheceram que a missão dos educadores não é a instrução, mas a de produzir o aprendizado com qualquer aluno, pelos meios que funcionem melhor para isso.

DiCarlo enfatiza que a American Association for the Advancement of Science (AAAS)

recomenda que a aprendizagem seja baseada no desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, solução de problemas, habilidades de comunicação e interpessoais, ao invés do tradicional “lecture-then-test” (aula expositiva-e-prova), mas reconhece que muitos professores ainda não estão convencidos da necessidade dessa mudança (DiCarlo, 2006). Nessa revisão ele também ressalta o valor da cooperação e da colaboração na aprendizagem científica.

Na proposta do presente estudo a união do conhecimento à ludicidade e ao divertimento ajuda a quebrar as barreiras da aprendizagem com mais facilidade. A principal razão disso é que num jogo todos têm a chance de participar, dar sua opinião e isso é geralmente envolvente. Como diz Hugo Assmann (1998):

“Se viver é substancialmente uma atividade cognitiva, não há como não admitir que toda a aprendizagem é um processo que acontece no organismo vivo. Aprender é sempre uma atividade corporal.”

Participar ativamente de uma atividade coletiva é um processo corporal, mais intergradador, propiciador da geração de significados que transcendem o simples conhecimento de fatos.

No caso do *Roleplaying game* (RPG) há ainda outros facilitadores do aprendizado, como a cooperação, valor pouco presente nos jogos (que geralmente são competitivos) e na sociedade atual, a necessidade de interação e de criatividade para a solução de problemas. Segundo Henriksen (2006) o jogo propicia a reflexão como forma de transferir conhecimentos entre contextos, facilitando a aplicação de conhecimentos a problemas novos. O desenvolvimento do pensamento crítico para a tomada de decisões também é associado a uma aprendizagem centrada no aluno, e o *roleplaying* é associado a essa perspectiva em diversos estudos (DeNeve e Heppner, 1997; Sogunro, 2004). Assim, é de se esperar que aulas desenvolvidas nesses moldes tragam nova perspectiva ao processo educacional.

Um dos aforismos de Maturana e Varela (2001) em seu livro *A árvore do conhecimento* é que:

“Todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer”

Participar ativamente de uma aula é substancialmente diferente de ficar sentado ouvindo o professor “palestrar”. O aprendizado é tão melhor quanto maior for a participação

ativa de quem aprende, segundo o pensamento de diversos autores (Moreira, 2000; Allen e Tanner, 2005; Armbruster, Patel et al., 2009).

O presente estudo tem ainda uma característica que o diferencia da maioria dos que são realizados para a verificação de aprendizagem a partir de novas metodologias: os alunos de uma mesma turma participaram ora como grupo de referência (GC), ora como grupo experimental (GRPG), o que permite atribuir os resultados mais à metodologia que a uma variação entre os alunos ou entre as turmas. Entretanto, não se pode descartar alguma interferência nas avaliações quantitativas pelo fato de que alguns alunos não participaram de qualquer das aulas com RPG, preferindo participar apenas das aulas tradicionais. Essa atitude reforça a ideia de que a resistência ao novo existe. Houve declarações explícitas (verbais) dos alunos ao organizador desse estudo sobre isso.

Avaliação das respostas aos questionários (síntese de ATP e ciclo celular)

Após tomar contato com a atividade, os alunos mudaram sua opinião sobre seu próprio aprendizado. O desconhecimento do jogo não permitia a eles, inicialmente, responder questões como se o RPG estimula a leitura ou se é eficaz na aprendizagem; entretanto, foi significativa a mudança na frequência das respostas após a aula. Praticamente todos os alunos concordaram que o RPG é eficaz no processo de aprendizagem de Biologia Celular. A participação ativa na construção dos conteúdos, com os alunos tendo que resolver em conjunto os problemas apresentados nas aulas pode ser o fator preponderante nessa interpretação (Beekes, 2006; Spiegel, Alves et al., 2008), inclusive porque eles acharam o RPG uma ferramenta melhor que as aulas formais, onde normalmente eles são ouvintes passivos. Assmann (1998) chama a atenção para o fato de que a diversão, o prazer associado à educação tem um efeito sempre positivo:

“A questão da qualidade cognitiva e social da educação deve ser encarada, primordialmente, desde o seu pivô pedagógico, ou seja, a partir das experiências do prazer de estar conhecendo.”

Outros educadores utilizaram o *roleplaying* (não o jogo, mas a teatralização) em temas semelhantes de Biologia Celular, como para ensinar fotossíntese ou contração muscular (Hudson, 2003; Firooznia, 2007). Alguns realizaram estudos com temas diretamente ligados à síntese de ATP. Ross e colegas (2008) desenvolveram um estudo com a teatralização dos processos de glicólise e ciclo de Krebs e tiveram resultados semelhantes aos obtidos no

presente estudo, nas respostas dos alunos a um questionário de avaliação qualitativa sobre o aprendizado e a satisfação em participar da atividade. Eles propõem que esse tipo de atividade leva os alunos a serem metacognitivos sobre seus equívocos, ou seja, pensarem a respeito de suas concepções erradas sobre o tema de forma crítica. Baines e colegas (2004) abordaram o tema síntese de ATP através de estudo de caso; após aulas expositivas curtas (10 minutos) sobre o assunto, os alunos tinham que solucionar um mistério de envenenamento de um humano (por rotenona) que estava correlacionado com o processo de produção de ATP. Após as aulas, os alunos responderam que compreenderam os mecanismos de produção de ATP (75% responderam que sim), e disseram que a discussão na aula e a capacidade de usar informação para resolver um problema real foram as partes mais úteis da atividade.

Todos esses estudos demonstram o quanto os alunos têm interesse em métodos e ferramentas didáticos que os coloquem em ação em seu aprendizado.

As respostas que os alunos deram, logo após a aula, sobre o conhecimento específico (síntese de ATP) nem sempre foram corretas (Figura 3, gráficos J, L e N, pág. 37). Os tópicos abordados nas asserções J (“Sem a glicólise não há como a célula formar Acetil-coA para manter funcional o ciclo de Krebs, também conhecido como ciclo do ácido cítrico”) e L (“Sem o ciclo do ácido cítrico, a cadeia transportadora de elétrons (cadeia respiratória) pararia de funcionar por completo”), que enfocam participação de lipídeos na formação de acetil-coA e outras fontes de NAD reduzido, não foram abordados durante a aula-jogo; a consequência foi que uma parte da turma respondeu corretamente, mas a outra não. Esse efeito também é observado quando, numa aula teórica tradicional, essa informação não está disponível. Alunos do GC submetidos ao mesmo questionário apresentaram frequências de respostas semelhantes, sem diferenças estatisticamente significativas do GRPG, indicando que o conteúdo deve ter sido construído somente em sala de aula. Esse foi um resultado não esperado desse estudo.

A asserção da Figura 3N (“A ATPsintetase fosforila o ADP constantemente, sempre que houver os substratos (ADP e Pi)”) tratava de assunto explicitamente presente na aula; essa asserção foi formulada na expectativa de que o aluno pudesse compreender o processo da síntese de ATP de forma integrada e percebesse que outros fatores poderiam influenciar a fosforilação do ADP, como a dependência do gradiente de prótons ou a relação ATP/ADP dentro da matriz mitocondrial. Essas características aparecem no rol de habilidades e substratos da ficha do personagem “complexo ATPsintetase”. Aparentemente, os alunos que

responderam concordando com a asserção pensaram no processo único da fosforilação e não conseguiram fazer a esperada conexão sistêmica do assunto. Talvez se, ao final da afirmativa, fosse acrescentado “independente de qualquer outra condição” os alunos respondessem de outra maneira. Ou seja, foi uma asserção que permitiu uma interpretação diferente da que inicialmente foi considerada a “correta”. Cabe a ressalva de que, quando o educador está elaborando seu processo de avaliação, deve levar em consideração que a questão não tem apenas como resposta correta a que ele espera.

A aula com RPG parece levar os alunos a terem mais confiança em seu aprendizado. Eles arriscam uma resposta, mesmo que não seja a correta. Em todas as respostas referentes ao conteúdo específico dos questionários sobre síntese de ATP e sobre ciclo celular, a resposta 3 – “neutro ou sem opinião” – sempre teve sua frequência diminuída após a aula. O aluno pode não estar respondendo corretamente a questão, mas ele tem uma opinião a dar. Entretanto, parece ser a influência da aula em si o fator que desencadeia esse tipo de resposta, uma vez que alunos que participaram de aula tradicional (GC) responderam ao questionário da mesma maneira.

Resultado semelhante foi obtido por Mazzarotto (2006) em seu estudo com alunos do ensino médio, que relata:

“Mesmo com o aumento – ou, no caso existência - do número de respostas incorretas em algumas questões, nota-se que o número de respostas em branco caiu em todas elas, chegando mesmo à nulidade em algumas. Isso indica, mais uma vez, que o jogo realmente aumentou a motivação e a confiança dos alunos em responder os questionários posteriormente ao jogo.”

Outras estratégias utilizadas em educação levaram a um aumento da confiança dos alunos em seu aprendizado, como a realização de workshops (Brown e Gray, 2008), aprendizagem baseada em problema (PBL) (Shin, Haynes *et al.*, 1993) e uso de sistemas de resposta eletrônica (Nayak e Erinjeri, 2008). A melhora na confiança sobre o conhecimento aprendido geralmente vem acompanhada de uma melhora na autoestima, criando um ciclo positivo no processo educativo.

Geralmente, uma resposta deixada em branco é uma chance a menos que o educador tem de conhecer o caminho que está tomando o aluno, se seu conhecimento está correto ou equivocado. Um aluno que responde está dando pistas sobre seu entendimento em uma aula, em um curso. Pelos resultados aqui apresentados é possível dizer que o RPG pode ser um fator

dinamizador desse aspecto da relação ensino-aprendizagem.

Mapas conceituais - endocitose e digestão

A criação de mapas conceituais (Novak e Gowin, 1993) é uma forma de avaliar como um aprendiz organiza seus conhecimentos sobre determinado assunto. O estabelecimento de hierarquização, de inter-relações, as conexões entre conceitos fornecem um panorama não só dos conteúdos acumulados, mas também da capacidade que o aluno tem de contextualizar esse conhecimento de forma inteligível. Além disso, essa ferramenta é útil para demonstrar como diferentes indivíduos organizam de maneira diferente os conteúdos, o que é esperado uma vez que cada um tem uma forma diferente de aprender.

A análise visual dos mapas conceituais evidenciou que conceitos que não existiam nos mapas pré-aula apareceram depois da aula, bem como o inverso, numa demonstração de que o conteúdo trabalhado e a forma como ele foi abordado funcionam como “condutores” do aprendizado. Resultados semelhantes foram obtidos por Cavichia (2006) em seu trabalho. A inclusão de novos conceitos à rede de conexões pré-existente é condição essencial para que a aprendizagem aconteça de acordo com os princípios facilitadores como a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação (Ausubel *apud* Moreira, 2000).

Cavichia observou também que o momento da construção dos mapas conceituais também é um momento de cooperação, em que todos da equipe dão sugestões e participam ativamente do processo (Cavichia, 2006). Esse fato também foi relatado, com entusiasmo, por outros pesquisadores que implantaram a técnica de mapas conceituais em suas aulas (Allen e Tanner, 2003b). No presente estudo, o processo de criação dos mapas conceituais não foi acompanhado, apenas o resultado final foi analisado. Uma apresentação de alguns minutos sobre como criar mapas conceituais, além de textos explicativos sobre a construção dos mapas (Amabis e Martho, 1996) foram as únicas referências que os alunos tiveram durante esse processo.

A avaliação quantitativa refletiu os processos de aprendizagem significativa, uma vez que foi nas ligações cruzadas entre conceitos que apareceu a maior diferença entre os mapas construídos antes e após a aula. Ligações cruzadas representam a capacidade de interconectar

grupos de conceitos distintos, tornando a “teia” do mapa mais complexa e completa em termos de entendimento do assunto. Novak e Gowin (1993) chamaram a atenção justamente para esse tipo de associação, destacando que as ligações cruzadas geralmente representam a capacidade criativa, sugerindo inclusive a atribuição de pontos extras quando conexões raras ou muito criativas são apresentadas nos mapas (essa pontuação não foi utilizada nesse estudo). Assim, é possível afirmar que os alunos conseguiram reorganizar seus conhecimentos sobre o assunto (nesse caso, endocitose e digestão celular) de maneira mais criativa, complexa e significativa para eles, o que pode ser um dos motivos pelos quais menos alunos tenham deixado respostas em branco sobre o tema na avaliação realizada um ano depois que terminaram a disciplina (Tabela 5, página 51), embora o desempenho nas avaliações regulares não tenha sido significativamente diferente entre os grupos, contrariando resultados obtidos por outros pesquisadores que trabalharam com o uso de mapas conceituais para aumentar o rendimento escolar (Novak, 2003; Schaal, 2010). Esses pesquisadores argumentam que mapas conceituais podem ser muito úteis para a aprendizagem significativa, especialmente nas situações em que o aprendiz precisa lidar com conhecimentos complexos como acontece, geralmente, na educação superior.

Uma limitação da avaliação realizada no presente estudo é que alunos do GC não construíram mapas conceituais antes e depois das aulas, o que não permite a comparação entre os grupos.

Pequenas diferenças entre instituições

A participação dos alunos durante o jogo foi diferente, como observado pelos relatos dos narradores. Enquanto os alunos da especialização mostravam sempre maior interesse em aprender (o conteúdo específico e o jogo), os da instituição privada mostraram-se mais desatentos, menos interessados e, além disso, com uma “bagagem prévia” de conhecimentos mais pobre. David Ausubel propôs que a aprendizagem significativa só pode acontecer quando o aprendiz dispõe de conhecimentos prévios que possam embasá-lo, para que a partir desses o conhecimento novo possa ser alicerçado, fazendo com que ambos (novo e já presente) se interconectem e tornem o conhecimento prévio diferente, mais estável, e o novo inteligível (Moreira e Masini, 1982; Ausubel, 2000).

“Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já

internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo em que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento.”
(Moreira, 2000, p. 36)

Moreira (2000) propõe ainda que, além de significativa, a aprendizagem deve ser crítica (ou subversiva), significando que o aprendiz não tem que apenas fazer as correlações necessárias a seu aprendizado, mas também usar seu aprendizado para perceber-se parte de uma cultura, ao mesmo tempo em que seja capaz de analisá-la “de fora”, para poder mudá-la sem ser subjugado por ela. Essa consciência do pertencimento e da possibilidade de tomar a si o conhecimento passa necessariamente pelo reconhecimento da participação ativa no aprendizado, conceito enfatizado pela metodologia proposta nesse estudo, com as aulas com RPG. Entretanto, quando o aluno não tem a predisposição para envolver-se com o processo e/ou uma bagagem de conhecimentos prévios que o faça perceber conexões com o que de novo está aprendendo, os esforços podem resultar algo não muito diferente do que resultaria do modelo tradicional de educação.

Desempenho nas avaliações formais

Embora as notas obtidas pelos grupos (GC e GRPG) nas avaliações formais das disciplinas tenham sido as mesmas, os alunos demonstraram claramente que ficaram mais satisfeitos com a aula com RPG que com a aula tradicional (Figura 2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 4). A preparação individual para uma avaliação formal não foi controlada nesse estudo; cada aluno preparou-se para as provas a sua maneira, o que faz com que o desempenho não possa ser atribuído exclusivamente ao momento da aula.

Em alguns estudos foi demonstrada a eficácia de determinadas metodologias no desempenho individual em avaliações formais. Baines reportou que alunos que participaram de uma aula com estudo de caso (sobre síntese de ATP) tiveram melhor desempenho em questões de avaliações que os alunos do semestre anterior, que assistiram a aulas tradicionais (Baines, McVey et al., 2004). Sua comparação, entretanto, foi feita com turmas diferentes. Trabalhando com aprendizagem ativa e desenvolvimento do pensamento científico através de

realização de workshops e comunicação verbal e escrita, Kitchen e colegas também demonstraram uma melhora no desempenho dos alunos em cursos de Biologia Celular (Kitchen, Bell *et al.*, 2003), comparando o desempenho desses no início e no final do curso. A colaboração, no lugar da ação individual do aluno, foi avaliada em provas numa disciplina de fisiologia num curso de Medicina Veterinária; alunos que responderam os testes em grupo tiveram notas maiores que aqueles que responderam individualmente, e os autores destacam que a resolução colaborativa beneficiou tanto os alunos de melhor quanto de pior desempenho (Giuliodori, Lujan *et al.*, 2008). Entretanto, a metodologia utilizada nesse estudo é questionável, uma vez que o mesmo aluno respondeu ao mesmo teste duas vezes, sempre com a resposta em colaboração em segundo teste, sendo assim seu próprio controle. Em um estudo conduzido de forma mais consistente em termos dos grupos controle e experimental, realizado com alunos de História e Ciência Política, também ficou demonstrado que a aprendizagem ativa, seja através de *roleplaying* ou exercícios colaborativos, leva a um melhor desempenho dos alunos na retenção do conhecimento (McCarthy e Anderson, 2000).

Os dados a respeito de melhoria de desempenho em alunos que participam de alguma forma de aprendizagem ativa nem sempre são positivos. O uso de um videogame construído para o aprendizado de genética não resultou em melhora na aprendizagem dos conceitos, mas uma diferença significativa no envolvimento dos alunos com a aula foi notada (Annetta, Minogue *et al.*, 2009). Alunos da Northern Arizona University que participaram de aulas em que foram desenvolvidas atividades de aprendizagem ativa, como grupos de discussão, tiveram melhor desempenho que os de aulas tradicionais nas questões processuais do exame nacional da National Association of Biology Teachers (NABT), mas nas questões de conhecimento específico sobre Biologia o desempenho não foi significativamente diferente (Ebert-May e Brewer, 1997). Esses autores sugeriram que o tempo despendido com atividades de aprendizagem ativa no lugar da exposição de mais conteúdos não prejudicou a aprendizagem dos alunos ou reduziu a aquisição de conhecimentos. Isto é similar ao resultado obtido no presente estudo, o que permite declarar que a metodologia da aula com RPG leva a uma aprendizagem pelo menos tão boa quanto a de uma aula tradicional.

Porém, um fator particular deve ser levado em consideração no presente estudo: a maioria dos narradores nas aulas não eram professores de ensino superior, mas estudantes de graduação ou de pós-graduação. Assim, é possível imaginar outro cenário no qual professores sejam os narradores e, com isso, talvez levar a uma melhor aprendizagem dos alunos e

consequentemente a melhores resultados no desempenho em avaliações formais. A relação entre experiência no campo de conhecimento e capacidade de ensinar não pode ser negligenciada, embora também possa ser apoiada a ideia de que o novo possa ser melhor conduzido pelo jovem, geralmente mais aberto a novos caminhos. Professores que já tenham uma metodologia de ensino bem sedimentada por anos de experiência podem encontrar dificuldades frente a uma metodologia com a qual não estejam habituados. Mas geralmente têm mais segurança para lidar com o conteúdo específico, que é um ponto positivo para eles.

No único caso em que houve diferença significativa entre as notas de GC e GRPG, as notas de ambos os grupos foram muito baixas (1,9 e 1,3, respectivamente), o que efetivamente representa que não houve uma diferença crucial de aprendizagem do conteúdo específico da questão, pois nenhum dos grupos demonstrou ter compreendido o tema (ou capacidade para responder corretamente a questão). Ou ainda pode-se argumentar que a questão não tenha sido elaborada e/ou corrigida adequadamente pelo professor.

Avaliação de médio prazo

Poucos estudos são realizados quando se pretende avaliar o aprendizado a médio e longo prazo. Entre 1999 e 2007, apenas $\approx 8\%$ dos estudos realizados dentro da área de educação médica tiveram algum tipo de avaliação realizada um ano depois da intervenção experimental (Baernstein, Liss *et al.*, 2007). A grande maioria dos estudos se encerra em uma avaliação em menos de um mês após a intervenção experimental.

Peters e colaboradores (2000) avaliaram a eficácia do programa “New Pathway”, implantado na Harvard Medical School, 10 anos depois que os médicos estavam formados. O estudo foi realizado através de entrevistas com o objetivo de avaliar comportamentos e atitudes relacionadas à medicina humanística, aprendizado de longo prazo e aprendizado social, comparando com estudantes que foram formados na mesma universidade em currículo tradicional. Não foram encontradas diferenças entre os dois grupos no quesito aprendizagem de longo prazo, porém algumas diferenças foram observadas com relação à educação humanística e ao aprendizado social, nos quais os médicos que participaram do novo programa tiveram melhor desempenho. Outros pesquisadores chegaram a conclusões semelhantes sobre o tema (Tolnai, 1991; Schmidt, Vermeulen *et al.*, 2006).

No presente estudo, apesar das notas obtidas pelos dois grupos (GC e GRPG) terem sido iguais para a maior parte das questões, o GRPG teve melhor desempenho em duas delas e uma tendência a notas mais altas na maioria. O maior destaque, entretanto, foi o fato que os alunos do GC deixaram mais respostas em branco que os alunos do GRPG. Esses resultados apontam para a hipótese de que a aula com RPG levou a uma melhor consolidação e estruturação da rede de conhecimentos do aprendiz. Os alunos que participaram de um modelo de aula diferente e, por princípio, mais envolvente e participativa, tiveram maior capacidade de tentar buscar a resposta aos problemas apresentados, e melhor recuperação desses conhecimentos, demonstrando maior envolvimento com seu próprio aprendizado. Isso pode ser evidenciado pela capacidade de recuperação das informações relacionadas a um assunto numa situação diferente daquela que comumente é encontrada em um currículo tradicional, quando o aluno está preocupado com a nota para sua aprovação e com a construção de um currículo que facilite sua vida acadêmica e profissional no futuro.

Um paradigma da educação tradicional é que os alunos retêm as informações até os exames finais, descartando-os logo após, num típico ato da relação de transmissão de conhecimento, ao invés de aprendizagem significativa, a qual permite ao aluno compreender o valor maior daquilo que aprende (Moreira, 2000). A discussão entre os pares para resolver os problemas apresentados durante uma aventura de RPG, numa aula, permite uma maior participação de cada aluno e, conseqüentemente, uma maior chance de estabelecer correlações entre o conteúdo que está sendo aprendido com a rede de conhecimentos prévia, levando a uma possível consolidação mais eficaz do conteúdo novo.

Os depoimentos escritos pelos alunos na avaliação de médio prazo apontam para questões que serão discutidas adiante, como a necessidade que sentiram de uma aula tradicional antes da aula com o RPG e o fato de terem sentido que receberam pouco conteúdo específico sobre o tema. Entretanto, os alunos também expressam a vontade de poder participar de mais aulas desse tipo, uma vez que acham as aulas tradicionais entediantes. Geralmente, alunos (e as pessoas) tendem a se lembrar mais de eventos ímpares que ocorrem em suas vidas, e isso pode ter contribuído para as respostas observadas. O que não descarta a hipótese de realmente terem se envolvido com a metodologia pelo seu atrativo de maior participação ativa e de colaboração na aprendizagem.

Nesse tipo de avaliação também se espera encontrar resultados melhores com a maior participação de professores e maior conhecimento do método, como discutido para as

avaliações formais das disciplinas.

Avaliações qualitativas

Participação dos alunos nas aulas

A participação dos alunos nas aulas com RPG foi avaliada de forma sistematizada pelos narradores, através da produção dos relatórios de mestragem. A constatação de que turmas diferentes se envolvem de forma diversa com as aulas é semelhante a relatos sobre a participação deles em aulas tradicionais ou com o uso de outras metodologias de educação.

O envolvimento dos alunos com uma aula é dependente de suas motivações e objetivos pessoais. Alunos com objetivos diferentes se envolvem de maneira diferente numa situação de aprendizagem. Hijzen e colaboradores (2007) demonstraram que em processos de aprendizagem cooperativa (como é o caso das aulas com RPG), nos grupos que são ineficientes em trabalho colaborativo estão presentes principalmente os alunos que têm por objetivos apenas a diversão, evitar outros trabalhos e aprender para ter um certificado. Grupos eficientes são associados a alunos com objetivos como o conhecimento aprofundado dos assuntos e com responsabilidade social, mas também com a diversão. No presente estudo, os grupos (GC e GRPG) foram divididos, em cada turma, pela ordem alfabética de seus nomes; entretanto, os alunos organizaram-se livremente em equipes para as aulas, o que pode ter levado à formação de equipes por grau de afinidade entre os alunos e, conseqüentemente, à possibilidade de equipes com objetivos diferentes.

O papel do professor é importante no desempenho dos alunos, inclusive na situação de aprendizagem cooperativa centrada no aprendiz. Embora os alunos possam se beneficiar academicamente e socialmente de grupos cooperativos eficientes, eles precisam ser explicitamente estimulados a participar das atividades de aprendizagem ativa e esse é o principal papel do professor (King, 1997; Gillies e Khan, 2008). Noreen Webb estudou o papel dos professores nas atividades colaborativas dos estudantes, demonstrando que a partir de diferenças na maneira como os professores trabalham para instigar os alunos a participarem das atividades leva a diferenças de desempenho dos alunos nas atividades de colaboração e em rendimento nas avaliações formais (Webb, Franke *et al.*, 2008). Diferentes professores/narradores interagiram de forma diferente com suas equipes, acarretando também

nas diferenças encontradas numa mesma sala de aula, tanto na participação quanto na avaliação.

Opinião dos narradores e dos professores

O presente estudo não teve por objetivo avaliar como os narradores influenciaram o desempenho de cada grupo de alunos. Entretanto, foi possível notar, por observações externas dos narradores e de outros professores que acompanharam as intervenções, que grupos coordenados por narradores mais experientes estiveram mais envolvidos com a aula e com a aprendizagem do conteúdo específico. Situação similar acontece em aulas tradicionais, nas quais também a experiência e as atitudes do professor acarretam em maior ou menor envolvimento dos alunos. Uma diferença crucial decorre do fato de que a metodologia aqui proposta era desconhecida, inicialmente, tanto pelos alunos quanto pelos narradores, o que pode ser constatado pelas entrevistas: apenas um dos entrevistados tinha tido contato com o uso do RPG em educação anteriormente. É comum observar os professores usarem, em suas aulas, estratégias de ensino aprendidas durante sua vida como estudantes a partir do exemplo dos que consideraram serem seus bons ou maus professores.

Apesar da novidade representada por esse método, os entrevistados foram unânimes em concordar com seu uso, não apenas por ser novo ou diferente, mas pela percepção que tiveram da importância da participação dos alunos, da dinâmica mais descontraída e envolvente da aula e da percepção de que, por conta desses fatores, os alunos aprendem melhor o conteúdo específico. Muitas são as situações em que novas metodologias de ensino encontram resistência entre os educadores, que preferem a acomodação da velha e boa técnica de “despejar” seus conhecimentos sobre os alunos, deixando pouco ou nenhum espaço para o debate e a crítica (Handelsman, Ebert-may et al., 2004; DiCarlo, 2006; Willingale-Theune, Manaia et al., 2009), e dos alunos em ficar passivamente recebendo o conteúdo. Então, ao se associar os depoimentos dados pelos alunos às declarações feitas pelos narradores e professores que acompanharam o projeto, geralmente favoráveis ao uso de RPG em aula, pode-se concluir que esse método é válido quando se considera o processo educacional e que a ampliação de seu uso pode ser apenas uma questão de tempo. Embora essas declarações entusiasmem, foi difícil fazer com que outros professores/educadores se envolvessem com a metodologia. Em três anos de aplicação do projeto, apenas um docente da universidade

pública 1 se incorporou voluntariamente e participou da aplicação das aulas. Na universidade pública 2 a implantação de aulas com RPG foi iniciada em 2004 e apenas dois professores manifestaram interesse direto em participar, embora nenhum tenha efetivamente se envolvido com as aulas. Esses problemas também aconteceram em outras tentativas de implantação de metodologias didáticas (Silverthorn, Thorn et al., 2006).

É positivo o fato de que os entrevistados reconheceram no RPG uma ferramenta de aprendizagem ativa, na qual a participação do professor não se estende muito além da de mediador da aprendizagem. Esse reconhecimento pressupõe uma abertura dessas pessoas às (não tão) novas concepções de educação, saindo do “quadro e giz” na direção da aula participativa (Marcato, 1996). A percepção de que uma aula não precisa ser aquela que é bem dada, mas a que realmente envolve seus participantes é de extrema importância para o avanço do processo educacional. Hugo Assmann, em seu livro *Reencantar a Educação* (1998), faz observação nesse sentido:

“Há algo de errado na velha idéia de que aulas mais ou menos bem dadas (um "bom ensino") geram necessariamente boas aprendizagens. Os próprios conceitos de ensino e aprendizagem estão hoje submetidos a uma profunda revisão.” (p. 32)

A proximidade maior entre professor e aluno é fator importante na aprendizagem, uma vez que assim é possível identificar concepções erradas de determinados conceitos, permitindo a correção de rumo na aprendizagem (Tanner e Allen, 2005). Na condição de trabalhar com alunos recém-ingressos na universidade, esse fator torna-se mais crítico. Songer e Mintzes (1994) estudaram a influência da experiência dos alunos no entendimento de conceitos sobre respiração celular e demonstraram que alunos mais novos possuem uma carga maior de dificuldades conceituais que acabam por limitar seu entendimento sobre respiração celular. A identificação dessas dificuldades é facilitada pela proximidade proporcionada pela situação do jogo.

Os entrevistados também notaram a importância da preparação do professor para esse tipo de aula, que é diferente e que exige maior preparação que uma aula tradicional, na qual geralmente os alunos ficam passivamente escutando o professor. O ato de educar através de perguntas, não de respostas, é extremamente enriquecedor tanto para aluno quanto para professor.

“Ensinar é propor questões mobilizadoras. Estas produzem em quem as formula uma expectativa respeitosa diante da resposta, e é por isso que saber questionar conduz a saber ouvir. Não pode haver indagações adequadas sem a conseqüente preparação para receber o retorno.

Saber questionar equivale a desencadear um processo de coeducação. Krishnamurti costumava dizer que o verdadeiro problema da educação são os educadores. Marx preocupava-se em saber quem os educaria. Se partirmos do princípio de que o verdadeiro papel dos educadores é formular perguntas adequadas, segue-se que quem os educa são os educandos, ao dar-lhes as respostas.” (Mariotti, 2000, p. 308)

A disponibilidade para esse tipo de ação requer, naturalmente, um preparação diferente daquela a que a maioria dos professores está acostumada e isso é percebido por aqueles que se envolvem no processo. Por exemplo, estudantes de pós-graduação que auxiliaram as discussões de alunos em pequenos grupos de tópicos referentes a assuntos de Patologia em aulas de graduação declararam que os benefícios principais que adquiriram foram a necessidade da preparação mais aprofundada das aulas e a melhora na habilidade de comunicação (Anshu, 2008).

Numa aula com RPG a quantidade de perguntas que surge, da parte dos alunos, é geralmente maior, uma vez que eles se envolvem mais e geralmente estudam o assunto antes da aula; surgem perguntas “novas” ou inesperadas sobre o tema, para as quais o professor tem que estar preparado. Por isso esse tipo de aula requer, geralmente, mais estudos e maior conhecimento do professor, para que possa dar sustentação aos debates que eventualmente sejam levantados pelos questionamentos durante a aula. Além disso, a novidade que representa (hoje) esse método também contribui para essa maior dificuldade, mas o problema tende a desaparecer com a experiência, como pode ser constatado pelos depoimentos daqueles que tiveram a chance de aplicar esse tipo de aula várias vezes e por aqueles que fazem isso há mais tempo (Costa, Lima *et al.*, 2005).

O uso de material didático, como livros textos, para acesso rápido a informações sobre o assunto que está sendo estudado aumenta mais a possibilidade do surgimento de debates mais ricos e que demanda professores mais bem preparados.

Paulo Freire destacou, em seu livro *Pedagogia da Autonomia*, o dever que o professor tem de ter competência no que faz para poder exercer sua autoridade (mas não o

autoritarismo!) no processo educacional:

“A segurança com que a autoridade docente se move implica uma outra, a que se funda na sua competência profissional. Nenhuma autoridade docente se exerce ausente desta competência. O professor que não leve a sério sua formação, que não estude, que não se esforce para estar à altura de sua tarefa não tem força moral para coordenar as atividades de sua classe. Isto não significa, porém, que a opção e a prática democrática do professor ou da professora sejam determinadas por sua competência científica. Há professores e professoras cientificamente preparados mas autoritários a toda prova. O que quero dizer é que a incompetência profissional desqualifica a autoridade do professor.” (Freire, 1996, p. 91)

É curioso notar o fato de que os entrevistados, em sua maioria, declararam que acham melhor a aula com RPG ser utilizada como complementar a uma aula expositiva, e nenhum deles tenha explicitamente afirmado que a aula com RPG pode substituir uma aula expositiva. Essa ideia está em acordo com 81% das respostas dos alunos ao questionário (Figura 4E, pág. 39). Uma das professoras entrevistadas declarou que, para alguns temas, seria realmente necessária a aula tradicional, especialmente porque os livros textos de Biologia Celular não trazem capítulos didaticamente organizados sobre determinados assuntos como, por exemplo, regulação da expressão gênica. Por isso, a aula tradicional funcionaria como “suporte” para a aula com RPG. Entretanto, a aula com RPG foi a aula em si, e não um momento de reforço ou de avaliação da aprendizagem; foi, sim, o momento da aprendizagem. E o rendimento dos alunos nas avaliações de conteúdo foi o mesmo, embora as aulas tenham sido ministradas por estudantes de graduação e de pós-graduação, que não são ainda professores e não têm a experiência de sala de aula de um professor, o que aponta para a importância da participação ativa do aluno em sua aprendizagem. Além da satisfação dos alunos e dos narradores com o método.

Diversos são os exemplos de satisfação dos alunos com aulas nas quais eles possam participar mais, especialmente quando comparadas à situação de aulas tradicionais (Ebert-May e Brewer, 1997; Firooznia, 2007; Ross, Tronson et al., 2008), o que demonstra mais uma vez a importância de se tentar métodos alternativos para que aqueles mais diretamente envolvidos com a educação (os alunos e os professores) possam vencer essa cultura da passividade em sala de aula, como chamou à atenção uma das professoras entrevistadas.

Quando comparado à aula tradicional, o RPG em sala de aula tem algumas desvantagens, de acordo com as declarações dos entrevistados. Por exemplo, a quantidade de conteúdo específico que pode ser trabalhada em uma aula com RPG é menor que a que é transmitida em uma aula tradicional. Entretanto, numa aula em que o conhecimento é simplesmente transmitido, a apropriação desse conteúdo pelo aluno não é garantida, pela falta de envolvimento direto com a aprendizagem (como destacou uma das professoras e alguns dos estudantes entrevistados) e pela própria capacidade cognitiva limitada de nossos cérebros.

A Teoria de Carga Cognitiva pressupõe a existência de uma arquitetura cognitiva composta por diferentes tipos de memória, sendo a memória de trabalho a principal “via de entrada” nos processos de aprendizagem. O ser humano tem uma memória de trabalho limitada, que só consegue processar entre cinco e nove elementos de informação por vez, não processando mais que quatro elementos simultaneamente (Sweller, Van Merriënboer *et al.*, 1998), sendo fator limitante do aprendizado, especialmente de conteúdos complexos onde a quantidade de interação entre os elementos é grande (Van Merriënboer e Sweller, 2010). Isso faz com que, numa aula de Biologia Celular onde a carga cognitiva necessária é geralmente alta por conta das associações de informações necessárias sobre organelas, moléculas e processos, o aluno não consiga reter uma quantidade de informação muito grande, como geralmente é esperado pelo professor. Então, apesar da aula expositiva cobrir um conteúdo maior, a aprendizagem acaba sendo menor que a esperada, fazendo com que a alternativa de aulas com participação ativa dos alunos possa ser mais interessante em termos pedagógicos.

Outra limitação apontada pelos entrevistados é a aversão que algumas pessoas têm pelos jogos de forma geral. Nesse estudo a participação dos alunos foi voluntária, então aqueles que não quiseram participar da aula com jogo tiveram a chance de assistir a uma aula tradicional sobre o mesmo tema, minimizando o problema. Entretanto, numa situação em que a aula com RPG estivesse dentro da grade curricular, sem a alternativa da aula tradicional, isso poderia trazer desconforto a alguns alunos, prejudicando sua aprendizagem. No caso do RPG, que já foi associado com situações de criminalidade pela mídia (<http://noticias.terra.com.br/brasil/interna/0,,OI532260-EI306,00.html>), essa situação poderia ser ainda mais delicada. Diferentes culturas e sociedades tiveram opiniões diferentes sobre os jogos (apresentados no capítulo de introdução); ao longo do tempo essas concepções foram se alterando sem se excluírem, contribuindo para que hoje se tenha uma mescla grande de concepções sobre o tema (Reis, 2006). Mas, para aqueles que participam da aula jogo, o

envolvimento é geralmente garantido e a aprendizagem, por consequência, também.

Formação de professores

“É interessante observar que a minha experiência discente é fundamental para a prática docente que terei amanhã ou que estou tendo agora simultaneamente com aquela. É vivendo criticamente a minha liberdade de aluno ou aluna que, em grande parte, me preparo para assumir ou refazer o exercício de minha autoridade de professor.”
(Freire, 1996, p. 90)

As disciplinas de formação específica em Licenciatura são importantes, geralmente, para o embasamento teórico dos futuros profissionais da educação, mas é notório como a maioria dos alunos tem sua formação de educador moldada pelos exemplos de educadores com os quais têm contato ao longo de sua vida (Cunha, 2001). A aposta de “fazer como fez meu professor” norteia a ação de muitos educadores. A oportunidade de tomar contato com outras formas de ensinar e de aprender amplia os horizontes desses indivíduos e foi o principal motivo da inclusão dessa proposta (de formação de professores) nesse estudo, o que trouxe resultados positivos observados nas declarações dos estudantes que dele participaram.

Dar continuidade à proposta do uso do RPG em sala de aula também foi um motivo impulsionador dessa ação, envolvendo os licenciandos com os processos de criação e aplicação da metodologia. Essa estratégia permitiu avaliar, ainda que de forma incipiente, a receptividade da metodologia por aqueles que eventualmente poderão utilizá-la em suas futuras carreiras de educadores.

Como já notado por outros pesquisadores que também trabalham com formação de professores (Barros-Filho, 2002), vencer as resistências às novas metodologias pode ser uma meta difícil. Mesmo trabalhando com alunos de graduação, teoricamente mais abertos à experimentação enquanto ainda adolescentes/recém-adultos, Barros-Filho concluiu que os licenciandos são resistentes a novas metodologias de ensino e preferem as metodologias tradicionais, pelo menos no ensino de Física.

Essa não foi a conclusão tirada desse estudo, de acordo com as declarações dos licenciandos que dele participaram. Mais que isso, o processo acabou por envolver um professor de outra área do conhecimento (Sociologia) que fez uma proposta de integração, de interdisciplinaridade, que é uma característica do RPG apontada por alguns autores (Sartorato,

2007; Grando e Tarouco, 2008). Uma ferramenta didática que é envolvente, tanto para alunos quanto para professores, é provavelmente o mais adequado argumento para justificar essa aceitação, como também o fato de que a sensação de aprendizagem segura sustenta o sucesso e aceitação provocados pela metodologia.

Considerações finais

O presente estudo teve como foco principal testar a metodologia dos jogos de representação como uma possível alternativa às aulas teóricas expositivas “clássicas” (*lectures*). Não foi objetivo desse estudo analisar as diversas outras formas de ensinar e aprender, nem propor que as aulas expositivas sejam abolidas da educação. Poderia ter sido feita a opção por avaliar a aula com RPG em comparação com aulas práticas, ou com seminários, mas a hipótese testada foi a de que a participação ativa do aluno na aula levaria a uma melhor aprendizagem quando comparada à relativa passividade do aluno, geralmente observada na aula expositiva.

Ao se contemplar a forma como a educação é conduzida nas universidades, é possível caracterizá-las como instituições que existem para instruir, mas a cada dia mais pessoas clamam e procuram formas de tornar as universidades instituições onde se produza a aprendizagem (Barr e Tagg, 1995). Não são sem sentido os reiterados apelos dos cientistas e educadores para colocar a educação em outros trilhos, e esses fornecem muitos subsídios para que a situação realmente seja revertida para um panorama no qual o aluno passe a ser o centro do processo educacional, e não apenas um espectador (Barab e Luehmann, 2003; Willingale-Theune, Manaia et al., 2009). Muitos são os professores que se aventuram na exploração de novas estratégias de ensino-aprendizagem, utilizando da melhor forma que podem diferentes recursos e metodologias disponíveis.

Nesse contexto, o *Roleplaying Game* pode ser apresentado como um possível facilitador dos processos de mudança no sentido de privilegiar a participação e de envolver os alunos em atividades de aprendizagem, ao lado de atividades como aprendizagem baseada em problemas, grupos de discussão e outras. É um método que estimulou os alunos a buscarem soluções para os problemas postos através de discussões em grupo e pesquisas bibliográficas, além do apoio direto do professor/narrador que procura mostrar o caminho para a solução, mas não a solução em si do problema. Como propõe Assmann (1998), quando avalia o que são

bons resultados em educação:

“A educação só consegue bons "resultados" quando se preocupa com gerar experiências de aprendizagem, criatividade para construir conhecimentos e habilidade para saber "acessar" fontes de informação sobre os mais variados assuntos.” (p. 32)

As aulas com RPG tiveram grande aceitação entre os alunos, provavelmente por encorajar a participação ativa e cooperativa entre eles. A interação entre alunos e professor é muito grande, uma vez que todos participam da história que está sendo contada. Além disso, uma aula com RPG pode tomar caminhos diferentes do originalmente pensado pelo professor, em contraste com uma aula tradicional na qual uma linha de pensamento única normalmente é posta pelo professor; isso dá crédito à criatividade, uma característica também associada ao aprendizado, uma vez que ciência se faz a partir de descobertas muitas vezes criativas de solução de problemas.

Os alunos, durante uma aula com RPG, claramente interagem entre si, dando suas opiniões e discutindo-as com os colegas, numa linguagem comum a eles e que, por vezes, não é percebida pelo professor em uma aula tradicional. Diversos estudos mostraram o potencial desse tipo de interação na aprendizagem (Crouch e Mazur, 2001; Kwon e Cifuentes, 2009; Smith, Wood *et al.*, 2009). Por outro lado, o professor tem a chance de perceber, durante as discussões, os conceitos errados que surgem e corrigi-los na hora, ou ajudar os alunos a perceberem o erro e induzi-los à mudança conceitual na direção correta, fazendo-os ter uma maior chance de aprender através do erro e da mudança conceitual (Tanner e Allen, 2005). Essa talvez seja a explicação do porquê os alunos se sentem mais confiantes em seu aprendizado após uma aula com RPG, e a confiança no aprendizado é uma característica importante e que deve ser estimulada no aprendiz (Brown e Gray, 2008). E, uma vez que as notas em avaliações formais das disciplinas são as mesmas para ambos os grupos, pode-se argumentar que o RPG é uma ferramenta na qual vale a pena se investir.

Uma característica importante dessa metodologia é o estímulo ao trabalho cooperativo e à sociabilização. Enquanto nossa sociedade for eminentemente marcada pela competição, fruto inclusive das ideias (distorcidas pela sociedade) de Charles Darwin sobre o processo evolutivo, estamos aparentemente fadados a ter que conviver com o medo, com a exclusão, com a sensação de derrota e a necessidade de estarmos cada vez mais enjaulados em nossas

casas e em nossos locais de trabalho. O princípio da cooperação traz em si valores opostos a esses. A cooperação leva à inclusão, ao prazer da vitória conjunta, a portas abertas para receber o outro como um igual. Na aula com RPG a atividade cooperativa entre os alunos é necessária; frequentemente os mais bem preparados, conhecedores dos temas, ajudando os que têm mais dificuldades. Os alunos estão sendo preparados para situações comuns em suas vidas profissionais futuras, que geralmente envolverão trabalho em equipe, muitas vezes multidisciplinar. São, por exemplo, cada vez mais raras as publicações acadêmicas de um único autor.

A cooperação no aprendizado, através do uso de jogos como o RPG, foi notada como algo de muito positivo em estudos diversos, como no desenvolvimento da leitura e da escrita (Braga, 2000; Pereira, 2008; Santos, 2008), em educação ambiental (Camargo, 2006), no ensino de física (Nascimento-Júnior, 2006), matemática (Rosa, 2008) e no ensino de biologia celular (Cavichia, 2006; Mazzarotto, 2006). Em estudo especificamente voltado para entender o RPG enquanto agente mobilizador da cooperação e da socialização, Costa e colegas (2005) e Martins (2000) propuseram caminhos para a utilização dessa metodologia nas escolas, além de indicá-la como promotora do desenvolvimento de uma série de capacidades humanas.

Essa perspectiva de uma educação voltada para novas concepções de sociedade, menos competitiva e mais competente, tem sido citada por diversos pensadores contemporâneos, um deles o médico e escritor Humberto Mariotti, que destaca a importância de serem consideradas outras características que não apenas a competição em nossa educação:

Não nos esqueçamos de que nosso sistema educacional adotou o modelo do jogo com regras rígidas - a competição -, quando precisaria incorporar de modo mais regular a festa, o lado dionisíaco que abre os horizontes da criatividade. Talvez no futuro seja possível construir um mundo em que o valor "competitividade" (o jogo puro) evolua para o valor competência (o jogo mais a festa), e possamos chegar a uma sociedade em que o apolíneo e o dionisíaco possam transacionar sem repressões excessivas de parte a parte. Com a predominância do pensamento linear isso não é possível - mas precisamos dele como porta de entrada para tentar chegar lá. (Mariotti, 2000, p. 54)

Outro aspecto interessante que a aula com RPG possibilitou é uma nova perspectiva na forma pela qual o aluno aprende biologia celular. Normalmente os livros e/ou as aulas expositivas apresentam o conteúdo de uma forma linear, embora os processos celulares não

sejam assim. Por exemplo, a síntese de ATP é geralmente apresentada na sequência glicólise → ciclo de Krebs → cadeia transportadora de elétrons → complexo ATPsintase; na aula com RPG os alunos relataram que entenderam como esses processos ocorrem em paralelo na célula, bastando para isso que exista substratos para que cada etapa ocorra. Isso também vale para comentários que fizeram sobre os processos de endocitose e digestão celular, que enquanto as enzimas estão sendo sintetizadas e processadas na via retículo endoplasmático/complexo de Golgi, substâncias estão sendo endocitadas e levadas a endossomos/fagossomos. Ou seja, o RPG possibilitou uma melhor compreensão da real dinâmica celular, que não é linear. Isso é possível por conta da dinâmica do jogo, na qual os personagens (nesses casos, os processos celulares em si) integram-se para solucionar os desafios propostos (de síntese de ATP ou de combate a bactérias).

O RPG pode ser associado, então, com o desenvolvimento de habilidades ligadas à formação pessoal e profissional de cada aluno, como o trabalho em grupo (Hall e Weaver, 2001; Cortez, Nussbaum *et al.*, 2009), a resolução de conflitos (Sena, 2007; Lu e Lajoie, 2008) e a resolução de problemas pela discussão com os pares (Crouch e Mazur, 2001).

Muitos são os debates acerca da participação do professor na aprendizagem, e há certa confusão entre esse aspecto e as teorias construtivistas propostas por Piaget e Vygotsky. Mayer (2004) fez uma comparação entre os métodos de aprendizagem guiados por instrutores (professores) e os métodos baseados na descoberta independente pelo aluno, mostrando que a primeira abordagem é mais efetiva em aprendizagem que a segunda, sendo que ambas podem estar dentro do escopo da teoria construtivista de educação. Também foi alvo de debate intenso um artigo publicado por Kirschner e colegas (2006) no qual, baseados na estrutura cognitiva humana, nas diferenças entre aprendizes novatos e experientes e na teoria da carga cognitiva, sugerem que não acontece aprendizagem se o aluno não for fortemente e sistematicamente conduzido no processo. Nesse sentido, tecem uma vigorosa crítica a métodos como aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em investigação ou em descoberta e outros métodos centrados no aluno.

Não é objetivo desse estudo entrar em detalhes no debate sobre essas críticas, mas é importante salientar a importância do papel do professor na condução de uma aula com RPG. Ele não é uma figura passiva nesse tipo de metodologia, uma vez que é o narrador da aventura e mestre do jogo e, como tal, toma as decisões sobre o que acontece após as ações das

personagens. Dessa forma, o professor está integrado ao grupo e também depende dele o sucesso da aula e do aprendizado, orientando, dando pistas, ajudando na consulta à bibliografia, propondo novos desafios, cativando os alunos para a aventura. Além de contador de uma história, é o responsável por verificar que o conteúdo está sendo aprendido de forma correta, pois essa é a maneira de se chegar com êxito ao final da aventura. O discurso do professor influencia bastante as experiências de aprendizagem que os alunos terão (Gillies e Khan, 2008). Assim, o RPG é uma ferramenta de aprendizagem centrada no aluno, mas que não pode acontecer sem a participação clara de um condutor dessa aprendizagem. A propósito desse assunto, vale destacar o pensamento de Edgar Morin sobre educar:

“Freud afirmava que existiam três funções impossíveis de definir: educar, governar e psicanalisar. Todas elas são mais que funções ou profissões. O caráter funcional do ensino leva a reduzir o docente a um funcionário. O caráter profissional do ensino leva a reduzir o docente a um mero especialista. O ensino tem de deixar de ser apenas uma função, uma especialização, uma profissão e voltar a se tornar uma tarefa política por excelência, uma missão de transmissão de estratégias para a vida. A transmissão necessita, evidentemente, da competência, mas, além disso, requer uma técnica e uma arte.” (Morin, Ciurana et al., 2003, p.98)

Numa aula expositiva clássica o professor é também o contador de uma história, e pode realizar essa tarefa com bastante habilidade, envolvendo os alunos de uma maneira afetiva que acaba também por levar ao aprendizado. A diferença da aula com RPG (bem como outras metodologias já citadas) é que o aluno é mais participativo que na aula expositiva.

O presente estudo revelou dados importantes a respeito das características quantitativas da aprendizagem de conteúdos específicos. Em 1997, de um levantamento sobre comparação entre métodos de aprendizagem ativa com outros métodos, de 175 artigos apenas 12 envolviam essa comparação (DeNeve e Heppner, 1997). Esses mesmos autores chamam a atenção para o fato de que tanto a aprendizagem ativa, através de *roleplaying*, quanto a instrução direta pela aula tradicional têm seus pontos fortes e fracos, mesmo na avaliação dos alunos. Do levantamento bibliográfico realizado aqui, pouca coisa diferente foi encontrada. Os trabalhos quantitativos em educação ainda são relativamente poucos e o rigor das metodologias empregadas é por vezes questionável. Esta é, portanto, mais uma contribuição desse estudo para a compreensão do que entendemos por aprendizagem quando elaboramos uma prova, um exame, para atribuir um valor a ela.

A novidade da metodologia para o aluno deve ter contribuído para o desempenho quantitativo abaixo do que era esperado nesse estudo. Num estudo de caso com a proposta de investigar o quanto o conhecimento prévio do método didático influencia no desempenho acadêmico, Fernandes-Neto (2007) demonstrou que fazer os alunos jogarem uma partida de RPG antes, para conhecer o método, aumenta as chances de que tenham um desempenho acadêmico melhor em avaliação quantitativa. Esse é um caminho bastante interessante para o entendimento da eficácia do RPG na aprendizagem. Assim, abre-se aqui a perspectiva de se tentar fazer o mesmo com as aulas de biologia celular.

Não se pode descartar a possibilidade de que as aulas com RPG tenham sido consideradas atraentes e eficazes por conta justamente da novidade que representaram nesse estudo. O que poderá acontecer caso as aulas com RPG sejam repetidas, ou uma disciplina toda seja ministrada nesse formato? Os alunos ainda se sentirão atraídos pela metodologia? Ou passarão a considerá-la como “lugar comum” e ela deixará de ser tão atraente? Essa é outra perspectiva a ser avaliada em situações futuras, na medida em que for possível introduzir essa metodologia cada vez mais na sala de aula.

Uma limitação da aula com RPG, pelo menos no presente, é que fica difícil apresentar aos alunos materiais multimídia, como vídeos e animações, recursos cada vez mais presentes em uma aula expositiva e de reconhecido valor didático. Como os alunos estão divididos, geralmente, em pequenos grupos dentro de uma mesma sala, a apresentação desse tipo de material, geralmente com o uso de projetores, fica limitada. Pode-se pensar que com a popularização de equipamentos de uso pessoal como smartphones e tablets esse obstáculo possa ser superado, mas ainda é necessário se pensar em como manter a dinâmica de uma aula com RPG ao mesmo tempo que são introduzidos esses recursos, bastante úteis no aprendizado de biologia celular.

Pode haver dificuldades para a criação de aulas nesse modelo para alguns temas de biologia celular, especialmente aqueles em que os processos celulares não são a tônica, como estrutura de membranas biológicas, composição química das células, características de células proceriontes e eucarioentes e talvez outros. A dinâmica de uma aula com RPG é baseada mais nos processos, nos “acontecimentos” que nas estruturas celulares. Para superar esse tipo de obstáculo pode-se pensar em aulas com uma mistura de conteúdos, ou seja, uma reestruturação dos cronogramas básicos utilizados na maioria das universidades, ou outras abordagens que

envolvam outros tipos de jogos, como o criado por um grupo de estudos da Fiocruz (Spiegel, Alves et al., 2008).

A aula com RPG não é a solução final para os problemas que são enfrentados por professores e alunos na relação ensino/aprendizagem. O que se observou foi que professores e alunos ainda relutam em tê-la como metodologia exclusiva para a aprendizagem. Há ainda certo desconforto em abandonar as aulas expositivas tradicionais e partir para novas propostas. Isso acontece também por conta da forma como estão estruturadas, hoje, as instituições de nível superior, não apenas no Brasil. A estrutura acadêmica normalmente confere privilégios a docentes que têm maior número de publicações em boas revistas (ou seja, que fazem ótimas pesquisas acadêmicas), mas não os que dão melhores aulas ou procuram pensar a respeito de como melhorar a formação de seus alunos (Bardeen e Lederman, 1998; Cech, 2003; Handelsman, Ebert-may et al., 2004). O paradigma do “publish or perish” ainda dita as normas das ações de boa parte dos docentes, que efetivamente acabam não se comprometendo – no pensamento e no tempo – com novas propostas de educação porque acreditam que a velha e boa aula expositiva “funciona”.

“Mas os paradigmas mudam. A igreja admitiu que Galileu estava certo. [...] Paradigmas mudam quando o paradigma vigente perde sua capacidade de resolver problemas e gerar uma visão positiva do futuro.”
(Barr e Tagg, 1995)¹

De forma nenhuma a proposta desse estudo é a de descartar a aula expositiva clássica, ou mesmo dizer que ela deixou de ser eficaz e deve ser descartada. Uma das propostas desse estudo foi avaliar a eficácia da aula com RPG na aprendizagem, e a aula expositiva foi utilizada como parâmetro de comparação por ser uma metodologia consolidada no ensino superior.

É necessário que sejam repensadas as estruturas sobre as quais essas metodologias estão construídas, para que cada vez mais possamos pensar na formação dos indivíduos para além da aquisição pura e simples de conteúdos técnicos, mas sim pensarmos na formação de indivíduos com capacidades que lhes permitam compreender o mundo em que vivem e que sejam capazes de atuar nesse mundo sempre com o objetivo de torná-lo melhor, de forma

¹ Texto original: “But paradigms do change. The Church admits Galileo was right. [...] Paradigms change when the ruling paradigm loses its capacity to solve problems and generate a positive vision of the future.”

cooperativa. A inserção dessa proposta se faz no sentido da formação do cidadão crítico, não do técnico apático.

Referências Bibliográficas

- Abeyratne, U. R. (2008). "Learning How to Learn Medical Signal Processing: a Case Study." **International Journal of Engineering Education**, **24**(6): 1084-1090.
- Abreu-Neto, I. P. d., Filho, O. S. d. L., Silva, L. E. C. d. e Costa, N. M. d. S. C. (2006). "Percepção dos professores sobre o novo currículo de graduação da Faculdade de Medicina da UFG implantado em 2003." **Revista Brasileira de Educação Médica**, **30**(3): 154-160.
- Ahsen, N. F. (2008). "Role plays to build counselling competencies." **Medical Education**, **42**: 534.
- Allen, D. e Tanner, K. (2003a). "Approaches to cell biology teaching: learning content in context--problem-based learning." **Cell Biology Education**, **2**(2): 73-81.
- Allen, D. e Tanner, K. (2003b). "Approaches to cell biology teaching: mapping the journey--concept maps as signposts of developing knowledge structures." **CBE-Life Sciences Education**, **2**(3): 133-136.
- Allen, D. e Tanner, K. (2005). "Infusing active learning into the large-enrollment biology class: seven strategies, from the simple to complex." **Cell Biology Education**, **4**(4): 262-268.
- Alptekin, C. (1983). The Use of Roleplay to Overcome Cultural Fatigue - Comment. Tesol Quarterly. **17**: 139-142.
- Amabis, J. M. e Martho, G. R. (1996). Navegando em mapas de conceitos. Temas de Biologia - Propostas para desenvolver em sala de aula., Moderna. **2**: 4.
- Andrade, F. (2006). "Possibilidades de uso do RPG.". Acessado em 12/10/2010, de <http://www.historias.interativas.nom.br/educ/rpgtese.htm>.
- Annetta, L. A., Minogue, J., Holmes, S. Y. e Cheng, M.-T. (2009). "Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics." **Computers & Education**, **53**(1): 74-85.
- Anshu (2008). "Using postgraduate students to facilitate small-group discussions." **Medical Education**, **42**: 1141.
- Araujo, E. A. G. e Barbosa, V. B. (2004). "Desafios na implementação do currículo por competências." **Revista Brasileira de Enfermagem**, **57**(3): 364-365.
- Armbruster, P., Patel, M., Johnson, E. e Weiss, M. (2009). "Active learning and student-centered pedagogy improve student attitudes and performance in introductory biology." **CBE life sciences education**, **8**(3): 203-213.
- Armstrong, J. S. (2002). "Assessing game theory, role playing, and unaided judgment."

International Journal of Forecasting, **18**: 345-352.

Assmann, H. (1998). **Reencantar a educação: rumo à sociedade aprendente**. Petrópolis, Ed. Vozes.

Ausubel, D. P. (2000). **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Baernstein, A., Liss, H. K., Carney, P. A. e Elmore, J. G. (2007). "Trends in study methods used in undergraduate medical education research, 1969-2007." **JAMA**, **298**(9): 1038-1045.

Baines, A. T., McVey, M., Rybarczyk, B., Thompson, J. T. e Wilkins, H. R. (2004). "Mystery of the Toxic Flea Dip: An Interactive Approach to Teaching Aerobic Cellular Respiration." **Cell Biology Education**, **3**(1): 62-68.

Barab, S. A. e Luehmann, A. L. (2003). "Building Sustainable Science Curriculum: Acknowledging and Accommodating Local Adaptation." **Science Education**, **87**(4): 454-467.

Bardeen, M. G. e Lederman, L. M. (1998). "Coherence in Science Education." **Science**, **281**(5374): 178-179.

Barr, R. B. e Tagg, J. (1995). "From teaching to learning--a new paradigm for undergraduate education." **Change**, **27**(6): 12.

Barreteau, O. (2003). "The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations." **Jasss-the Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, **6**: 101-112.

Barros-Filho, J. (2002). Avaliação da aprendizagem e formação de professores de Física para o ensino de nível Médio. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 185 pp.

Beekes, W. (2006). "The 'Millionaire' method for encouraging participation." **Active Learning in Higher Education**, **7**(1): 25-36.

Bilgin, I. e Geban, Ö. (2006). "The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students' understanding of chemical equilibrium concepts." **Journal of Science Education and Technology**, **15**(1): 31-45.

Bloom, B. S. (1956). **Taxonomy of Educational Objectives - Handbook 1: Cognitive Domain**. New York, Longman.

Bolton, G. E. (2002). "Game theory's role in role-playing." **International Journal of Forecasting**, **18**: 353-358.

Braga, J. M. (2000). Aventurando pelos caminhos da leitura e escrita de jogadores de role

playing game (RPG). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 123 pp.

Brasil (2002). Resolução CNE/CP n.2, Conselho Nacional de Educação.

Brown, J. e Gray, L. E. (2008). "Helping students to gain confidence in personal performance." **Medical Education**, **42**(5): 517-518.

Caldwell, J. E. (2007). "Clickers in the large classroom: current research and best-practice tips." **CBE life sciences education**, **6**(1): 9-20.

Camargo, M. E. S. d. A. (2006). Jogos de papéis (RPG) em diálogo com a Educação Ambiental: aprendendo a participar da gestão dos recursos hídricos na região metropolitana de São Paulo. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 160 pp.

Campbell, J. (1995). **O herói de mil faces**. São Paulo, Editora Cultrix/Pensamento.

Carvalho, A. M. P. d. (2002). "A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinios." **Educação e Pesquisa**, **28**(2): 57-67.

Cavichia, A. M. (2006). O RPG (Roleplaying Game) no ensino de Biologia Celular. **Monografia de conclusão de curso de graduação**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 46 pp.

Cech, T. R. (2003). "Rebalancing Teaching and Research." **Science**, **299**: 165.

Cezar, P. H. N., Guimarães, F. T., Gomes, A. P., Rôças, G. e Siqueira-Batista, R. (2010). "Transição paradigmática na educação médica: um olhar construtivista dirigido à aprendizagem baseada em problemas." **Revista Brasileira de Educação Médica**, **34**(2): 298-303.

Chinnici, J. P., Yue, J. W. e Torres, K. M. (2004). "Students as "human chromosomes" in role-playing mitosis and meiosis." **The American Biology Teacher**, **66**: 35-39.

Conti, F. (2010). "Biometria - Qui Quadrado." Acessado em 18/10/2010, de <http://www.cultura.ufpa.br/dicas/biome/bioqui.htm#yates>.

Cortez, C., Nussbaum, M., Woywood, G. e Aravena, R. (2009). "Learning to collaborate by collaborating: a face-to-face collaborative activity for measuring and learning basics about teamwork." **Journal of Computer Assisted Learning**, **25**(2): 126-142.

Costa, J. R. B., Romano, V. F., Costa, R. R., Gomes, A. P. e Siqueira-Batista, R. (2011). "Active teaching-learning methodologies: medical students' views of problem-based learning." **Revista Brasileira de Educação Médica**, **35**(1): 13-19.

Costa, R. Q. F. d., Lima, Á. A. d., Silva, F. R. d. e Galhardo, E. (2005). "O uso do RPG na escola como possível auxiliar pedagógico." Acessado em 10/01/2011, de

<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2005/artigos/capitulo%2010/ousodorpg.pdf>.

Crouch, C. H. e Mazur, E. (2001). "Peer instruction: Ten years of experience and results." **American Journal of Physics**, **69**(9): 970-977.

Cunha, M. I. d. (2001). "Aprendizagens significativas na formação inicial de professores: um estudo no espaço dos Cursos de Licenciatura." **Interface**, **5**(9): 103-116.

da S. Cardona, T., Spiegel, C. N., Alves, G. G., Ducommun, J., Henriques-Pons, A. e Araújo-Jorge, T. C. (2007). "Introducing DNA concepts to Swiss high school students based on a Brazilian educational game." **Biochemistry and Molecular Biology Education**, **35**(6): 416-421.

Daley, B. J. e Torre, D. M. (2010). "Concept maps in medical education: an analytical literature review." **Medical Education**, **44**(5): 440-448.

DeBourgh, G. A. (2008). "Use of classroom "clickers" to promote acquisition of advanced reasoning skills." **Nurse Education in Practice**, **8**(2): 76-87.

DeNeve, K. M. e Heppner, M. J. (1997). "Role play simulations: The assessment of an active learning technique and comparisons with traditional lectures." **Innovative Higher Education**, **21**(3): 231-246.

DiCarlo, S. E. (2006). "Cell biology should be taught as science is practised." **Nature Reviews - Molecular Cell Biology**, **7**(4): 290-296.

DiCicco-Bloom, B. e Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview. Medical Education. **40**: 314-321.

Donahue, M. e Parsons, A. H. (1982). "The Use of Roleplay to Overcome Cultural Fatigue." **Tesol Quarterly**, **16**: 359-365.

Ebert-May, D. e Brewer, C. (1997). "Innovative in large lectures--teaching for active learning." **BioScience**, **47**(9): 601-607.

Ferenc, A. V. F. (2005). Como o professor universitário aprende a ensinar? Um estudo na perspectiva da socialização profissional. **tese de doutorado**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 314 pp.

Fernandes-Neto, D. (2007). Jogos cooperativos auxiliando na construção do conhecimento do aluno: Análise dos benefícios que os jogos cooperativos podem proporcionar na aprendizagem do aluno e a importância de se conhecer o formato do jogo previamente. **Monografia de conclusão de curso de Especialização**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 35 pp.

Firooznia, F. (2007). "The story of the Calvin cycle: bringing carbon fixation to life." **The American Biology Teacher**, **69**(6): 364-367.

Fittipaldi, C. B. (2007). Jogar para ensinar - jogar para aprender: o jogo como recurso pedagógico na construção de conceitos escolares e desenvolvimento de habilidades cognitivas no Ensino Fundamental I. **Tese de Doutorado**. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo. 235 pp.

Freire, P. (1996). **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo, Paz e Terra.

Gillies, R. M. e Khan, A. (2008). "The effect of teacher discourse on students' discourse, problem-solving and reasoning during cooperative learning." **International Journal of Educational Research**, **47**: 323-340.

Giuliodori, M. J., Lujan, H. L. e DiCarlo, S. E. (2008). "Collaborative group testing benefits high- and low-performing students." **Advances in Physiology Education**, **32**(4): 274-278.

Grando, A. e Tarouco, L. (2008). "O uso de jogos educacionais do tipo RPG na educação." **CINTED-UFRGS**, **6**(2).

Green, K. C. (2002a). "Embroided in a conflict: who do you call?" **International Journal of Forecasting**, **18**: 389-395.

Green, K. C. (2002b). Forecasting decisions in conflict situations: a comparison of game theory, role-playing, and unaided judgement. International Journal of Forecasting. **18**: 321-344.

Gygax, G. e Arneson, D. (1974). **Dungeons & Dragons**. Rio de Janeiro, Devir Livrarias.

Hagen, M. H. (1994). **Vampiro - A Máscara**. São Paulo, Devir.

Hall, P. e Weaver, L. (2001). "Interdisciplinary education and teamwork: a long and winding road." **Medical Education**, **35**(9): 867-875.

Handelsman, J., Ebert-may, D., Beichner, R., Bruns, P., Chang, A., Dehaan, R., Gentile, J., Lauffer, S., Stewart, J., Tilghman, S. M. e Wood, W. B. (2004). "Scientific teaching." **Science**, **304**: 521-522.

Handelsman, J., Houser, B. e Kriegel, H. (2002). Group Learning. **Biology Brought to Life: A Guide to Teaching Students to Think Like Scientists**, McGraw-Hill: 81-120.

Hansen, E. J. e Stephens, J. A. (2000). "The ethics of learner-centered education." **Change**, **33**(5): 40.

Harder, S. (2007). Confessions of a schoolteacher: experiences with roleplaying in education. **Lifelike**. J. Donnis, M. Gade and L. Thorup. Copenhagen, Projektgruppen KP07: 228-235.

Hardy, D. F. e McMartin, J. A. (1971). Value of Counterattitudinal Role Playing for Student

Involvement in Biology Courses. *Bioscience*. **21**: 952-958.

Henriksen, T. D. (2006). Games and Creativity Learning. **Role, Play, Art: Collected Experiences of Role-Playing**. T. Fritzson and T. Wrigstad. Stockholm, Föreningen Knutpunkt: 3-15.

Hijzen, D., Boekaerts, M. e Vedder, P. (2007). "Exploring the links between students' engagement in cooperative learning, their goal preferences and appraisals of instructional conditions in the classroom?" *Learning and Instruction*, **17**(6): 673-687.

Hoffman, A., Utley, B. e Ciccarone, D. (2008). "Improving medical student communication skills through improvisational theatre." *Medical Education*, **42**: 537-538.

Hoffman, S. B., Brand, F. R., Beatty, P. G. e Hamill, L. A. (1985). "Geriatrics - a role-playing game." *Gerontologist*, **25**: 568-572.

Hudson, M. (2003). "Acting out muscle contraction." *The American Biology Teacher*, **65**(2): 128.

Hughes, J. (1998) Therapy is Fantasy: Roleplaying, Healing and the Construction of Symbolic Order. **Anthropology IV Honours, Medical Anthropology Seminar** 17 p. Acessado em 05/03/2009, de http://www.rpgstudies.net/hughes/therapy_is_fantasy.html

Huizinga, J. (2005). **Homo Ludens**. São Paulo, Perspectiva.

Iturra, R. (2009). "O processo educativo: ensino ou aprendizagem.". Acessado em 10/01/2011, de <http://repositorio-iul.iscte.pt/bitstream/10071/1516/1/O%20Processo%20Educativo.pdf>.

King, A. (1997). "ASK to THINK-TEL WHY: A model of transactive peer tutoring for scaffolding higher level complex." *Educational Psychologist*, **32**(4): 221.

King, A., Learning, P. A. e Questioning, G. R. P. (1993). "From sage on the stage to guide on the side." *College Teaching*, **41**(1): 30-35-30-35.

Kirschner, P. A., Sweller, J. e Clark, R. E. (2006). "Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching." *Educational Psychologist*, **41**(2): 75-86.

Kitchen, E., Bell, J. D., Reeve, S., Sudweeks, R. R. e Bradshaw, W. S. (2003). "Teaching Cell Biology in the Large-Enrollment Classroom: Methods to Promote Analytical Thinking and Assessment of Their Effectiveness." *Cell Biology Education*, **2**(3): 180-194.

Kwon, S. Y. e Cifuentes, L. (2009). "The comparative effect of individually-constructed vs. collaboratively-constructed computer-based concept maps." *Computers & Education*, **52**(2): 365-375.

- Lu, J. Y. e Lajoie, S. P. (2008). "Supporting medical decision making with argumentation tools." **Contemporary Educational Psychology**, **33**(3): 425-442.
- Lyon, P. (2004). "A model of teaching and learning in the operating theatre." **Medical Education**, **38**: 1278-1287.
- Machado, M. L. M., Souza, D. G., Souza, J. A., Dandolini, G. A. e Silveira, R. A. (2004). RPG: uma abordagem empregando sistemas multiagentes.
- Magalhães, M. G. d. M. d. (2004). Metodologia para Integração de Novas Tecnologias na Formação de Professores. **tese de doutorado**. Universidade de São Paulo. São Carlos. 148 pp.
- Marcato, A. (1996). **Saindo do Quadro**. São Paulo, Exata Comunicações e Serviços S/C Ltda.
- Mariotti, H. (2000). **As paixões do ego: complexidade, política e solidariedade**. São Paulo, Palas Athena.
- Martins, L. A. (2000). A porta do encantamento: os jogos de representação (RPG) na perspectiva da socialização e da educação. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 204 pp.
- Maturana, H. R. e Varela, F. J. (2001). **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. São Paulo, Palas Athena.
- Maudsley, G., Strivens, J. e Maudsley (2000). "Promoting professional knowledge, experiential learning and critical thinking for medical students." **Medical Education**, **34**(7): 535-544.
- Mayer, R. E. (2004). "Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning?" **American Psychologist**, **59**(1): 14-19.
- Mazur, E. (2009). "Farewell, Lecture?" **Science**, **323**: 50-51.
- Mazzarotto, J. (2006). Jogos Cooperativos Para o Auxílio do Aprendizado de Biologia: Análise da aplicação de jogos cooperativos como instrumento facilitador do aprendizado de Biologia. **Monografia de conclusão de curso de graduação**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 59 pp.
- McCarthy, J. P. e Anderson, L. (2000). "Active learning techniques versus traditional teaching styles: two experiments from history and political science." **Innovative Higher Education**, **24**(4): 279-294.
- Mello, M. L. S. e Cortelazzo, A. L. (2006). "Uma proposta de dramatização como complemento didático para o estudo sobre cromatina e cromossomos." **Genética na Escola**, **1**(2): 83-86.
- Montanari, T., Timm, M. I., Perry, G. T., Motta, L. L. d. e Barilli, S. L. S. (2007). " Recurso

digital para apoio ao aprendizado de Biologia Celular e Tecidual." **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, 5: 1-11.

Moran, J. M. (2004). Os novos espaços de atuação do educador com as tecnologias. 12º Endipe - Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino. J. P. R. e. al. Curitiba, Champagnat. 2: 245-253.

Moreira, M. A. (2000). Aprendizagem Significativa Crítica. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Lisboa: 33-45.

Moreira, M. A. e Masini, E. F. S. (1982). **Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. São Paulo, Moraes Editora.

Morin, E., Ciurana, E.-R. e Motta, R. D. (2003). **Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humana**. São Paulo, Cortez Editora.

Nascimento-Júnior, F. d. A. (2006). **RPG e física: alguma relação?** G. Gouvêa, São Paulo. RedeRPG.
<http://www.rederpg.com.br/portal/modules/mydownloads/singlefile.php?cid=2&lid=265>.

Nayak, L. e Erinjeri, J. P. (2008). "Audience Response Systems in Medical Student Education Benefit Learners and Presenters." **Academic Radiology**, 15(3): 383-389.

Neves, L. O. R. (2006). "O lúdico nas interfaces das relações educativas.". Acessado em 28/09/2010, de <http://www.centrorefeducacional.com.br/ludicoint.htm>.

Novak, J. D. (2003). "The promise of new ideas and new technology for improving teaching and learning." **Cell Biology Education**, 2(2): 122-132.

Novak, J. D. e Gowin, D. B. (1993). **Learning how to learn**. Cambridge, Cambridge University Press.

Parsons, A. H. (1983). The Use of Roleplay to Overcome Cultural Fatigue - Reply. Tesol Quarterly. 17: 142-143.

Pereira, C. E. K. (2008). Uma ponte pela escrita - A narratividade do RPG como estímulo à escrita e à leitura. **Tese de Doutorado**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 200 pp.

Peters, A. S. P., Greenberger-Rosovsky, R., Crowder, C. M. P. H., Block, S. D. M. D. e Moore, G. T. M. D. M. P. H. (2000). "Long-term Outcomes of the New Pathway Program at Harvard Medical School: A Randomized Controlled Trial." **Academic Medicine**, 75(5): 470-479.

Pontes, A. L., Rego, S. e Junior, A. G. d. S. (2006). "Saber e prática docente na transformação

- do ensino médico." **Revista Brasileira de Educação Médica**, **30**(2): 66-75.
- Powell, K. (2003). "Spare me the lecture." **Nature**, **425**(September): 234-237.
- Priest, H., Segrott, J., Green, B. e Rout, A. (2007). "Harnessing collaboration to build nursing research capacity: a research team journey." **Nurse Educ Today**, **27**(6): 577-587.
- Reis, A. V. (2006). "Cronologia comentada dos jogos Pedagógicos e algumas reflexões para o futuro." Acessado em 28/09/2010, de http://games.groups.yahoo.com/group/rpg_em_debate/files/.
- Riyis, M. T. (2006, 28/09/2010). "RPG e Educação." Acessado em 28/09/2010, de <http://www.jogodeaprender.com.br/>.
- Rocha, M. S. (2006). RPG: Jogo e Conhecimento - O Role Playing Game como mobilizador de esferas do conhecimento. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Metodista de Piracicaba. Piracicaba. 144 pp.
- Rodrigues, S. (1997). Roleplaying Game: a ficção enquanto jogo. **Tese de Doutorado**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 364 pp.
- Rosa, M. (2008). A construção de identidades *on line* por meio do Role-playing game: relações com o ensino e aprendizagem de matemática em um curso à distância. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 263 pp.
- Ross, P. M., Tronson, D. A. e Ritchie, R. J. (2008). "Increasing conceptual understanding of glycolysis & the Krebs cycle using role-play." **The American Biology Teacher**, **70**(3): 163-168.
- Ross, S., Heys, S. e Galley, H. (2010). "Using live theatre in teaching about domestic abuse." **Medical Education**, **44**(5): 503-504.
- Santos, R. C. P. d. (2008). RPG: um estudo sobre a abordagem lúdica de incentivo à leitura e à produção textual. **Monografia de conclusão de curso de graduação**. Universidade Federal do Maranhão. São Luis. 59 pp.
- Sartorato, I. V. (2007). A aplicabilidade do RPG como ferramenta educacional e suas contribuições para o ensino de Ciências e Biologia. **Monografia de conclusão de curso de graduação**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 76 pp.
- Saviani, D. (2008). **História das ideias pedagógicas no Brasil**. Campinas, Autores Associados.
- Schaal, S. (2010). "Cognitive and motivational effects of digital concept maps in pre-service science teacher training." **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, **2**(2): 640-647.
- Schmidt, H. G., Vermeulen, L. e Van Der Molen, H. T. (2006). "Longterm effects of problem-

based learning: a comparison of competencies acquired by graduates of a problem-based and a conventional medical school." **Medical Education**, **40**(6): 562-567.

Schmit, W. L. (2008). RPG e educação: alguns apontamentos teóricos. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 270 pp.

Sena, S. (2007). O jogo como precursor de valores no contexto escolar. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente. 242 pp.

Shin, J. H., Haynes, R. B. e Johnston, M. E. (1993). "Effect of problem-based, self-directed undergraduate education on life-long learning." **Canadian Medical Association Journal**, **148**(6): 969-976.

Silva, L. X. d. L. e. (2008). Processos cognitivos em jogos de role-playing: world of warcraft vs. dungeons & dragons. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 199 pp.

Silverthorn, D. U., Thorn, P. M. e Svinicki, M. D. (2006). "It's difficult to change the way we teach: lessons from the Integrative Themes in Physiology curriculum module project." **Advances in Physiology Education**, **30**(4): 204-214.

Smith, M. K., Wood, W. B., Adams, W. K., Wieman, C., Knight, J. K., Guild, N. e Su, T. T. (2009). "Why peer discussion improves student performance on in-class concept questions." **Science**, **323**(5910): 122-124.

Sogunro, O. A. (2004). "Efficacy of role-playing pedagogy in training leaders: some reflections." **The Journal of Management Development**, **23**(4): 355-370.

Songer, C. J. e Mintzes, J. J. (1994). "Understanding cellular respiration: An analysis of conceptual change in college biology." **Journal of Research in Science Teaching**, **31**(6): 621-637.

Souza, M. A. d. e Vieira, A. M. D. P. (2009). **Metodologia da Educação Superior - o professor na sala de aula**. Curitiba, CIPEAD - Coordenação de Integração de Políticas de Educação a Distância - UFPR.

Spiegel, C. N., Alves, G. G., Cardona, T. d. S., Melim, L. M. C., Luz, M. R. M. P., Araújo-Jorge, T. C. e Henriques-Pons, A. (2008). "Discovering the cell: an educational game about cell and molecular biology." **Journal of Biological Education**, **43**(1): 27-35.

Stamper, W. R. (1973). "Role-Playing in Biology Classroom." **The American Biology Teacher**, **35**: 251-253.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G. e Paas, F. (1998). "Cognitive architecture and instructional design." **Educational Psychology Review**, **10**: 251-296.

- Tanner, K. e Allen, D. (2005). "Approaches to biology teaching and learning: understanding the wrong answers - teaching toward conceptual change." **Cell Biology Education**, **4**(2): 112-117.
- Tanner, K., Chatman, L. S. e Allen, D. (2003). "Approaches to cell biology teaching: cooperative learning in the science classroom--beyond students working in groups." **Cell biology education**, **2**(1): 1-5.
- Teixeira, P. M. M. e Neto, J. M. (2006). "Investigando a pesquisa educacional. Um estudo enfocando dissertações e teses sobre o ensino de Biologia no Brasil." **Investigações em Ensino de Ciências**, **11**(2): 261-282.
- Tolnai, S. (1991). "Lifelong learning habits of physicians trained at an innovative medical school and a more traditional one." **Academic Medicine**, **66**(7): 425-426.
- Van Merriënboer, J. J. G. e Sweller, J. (2010). "Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies." **Medical Education**, **44**(1): 85-93.
- Vogler, C. (1997). **A jornada do escritor**. Rio de Janeiro, Ampersand Editora.
- Vygotsky, L. (1986). **Thought and Language**. Massachusetts, MIT Press.
- Vygotsky, L. (1998). **A formação social da mente**. São Paulo, Martins Fontes.
- Webb, N. M., Franke, M. L., Ing, M., Chan, A., De, T., Freund, D. e Battey, D. (2008). "The role of teacher instructional practices in student collaboration." **Contemporary Educational Psychology**, **33**(3): 360-381.
- Weerts, S. E., Miller, D. e Altice, A. (2009). "'Clicker' Technology Promotes Interactivity in an Undergraduate Nutrition Course." **Journal of Nutrition Education and Behavior**, **41**(3): 227-228.
- Willingale-Theune, J., Manaia, A., Gebhardt, P., De Lorenzi, R. e Haury, M. (2009). "Introducing modern science into schools." **Science**, **325**: 1077-1078.
- Wood, W. B. (2004). "Clickers: A Teaching Gimmick that Works." **Developmental Cell**, **7**(6): 796-798.
- Wyn, M. A. e Stegink, S. J. (2000). "Role-playing mitosis." **The American Biology Teacher**, **62**(5): 378.
- Xavier, M. C. F., Freire, A. d. S. e Moraes, M. O. (2006). "A nova (moderna) Biologia e a genética nos livros didáticos de Biologia no ensino médio." **Ciência e Educação**, **12**(3): 275-289.
- Yen-Shou, L., Hung-Hsu, T. e Pao-Ta, Y. (2011). "Integrating Annotations into a Dual-slide PowerPoint Presentation for Classroom Learning." **Journal of Educational Technology &**

Society, **14**(2): 43-57.

Yokaichiya, D. K., Fraceto, L. F., Miranda, M. A., Galembeck, E. e Torres, B. B. (2004).
"AMPc – Sinalização intracelular: um software didático." **Química Nova**, **27**(3): 489-491.

Apêndices

1. Exemplo de aventura: síntese de ATP

Formatação de caracteres utilizados, para referência:

- História (Times New Roman 11)
- Jogadas (courier New 11)
- Observações para os mestres (Comic Sans MS 10)

Terra, ano 20XX²

O Planeta está um caos e todos os meios de comunicação noticiam o mesmo fato: a morte em massa da população mundial. Há anos já se sabia que o uso de antibióticos para tratamento de doenças tem seu preço, pois acaba por selecionar apenas os microrganismos mais resistentes, eliminando os possíveis competidores, resultando em gerações de microrganismos cada vez mais fortes e de difícil controle.

A primeira grande evidência disso surgiu em 2004, quando a Pneumonia Asiática atingiu grande parte da população. Todos preferiram imaginar que esse seria um fato rápido e que outra doença tão impactante não surgiria tão cedo. Agora, o que se observa é a NECROSE VIOLENTA se manifestando em todos os continentes. Desde o seu surgimento, provavelmente no fim de 20XX, até os dias de hoje, já causou a morte de 22,3%³ da população mundial.

É uma doença bacteriana, caracterizada pela necrose rápida de tecidos, iniciando pelos órgãos internos, principalmente pulmão, fígado e rins. Pode ser contraída principalmente pelo compartilhamento de objetos com o doente e pelo ar (livre na atmosfera, a bactéria sobrevive de 3 a 5 minutos). Atinge principalmente humanos, mas outros mamíferos estão suscetíveis.

A NV, sem tratamento, causa morte em 3 semanas. Pesquisadores do grupo norte-americano “Garbs” apresentaram, 6 meses após a primeira notícia de contágio, um antibiótico eficaz na cura; porém, além da demora, o tratamento tem um custo absurdo. Resultado: sobrevive quem tem dinheiro, enquanto grande parte da população tem que se contentar com os medicamentos paleativos fornecidos pelos governos, que apenas conseguem retardar o processo de necrose e o tempo de vida do enfermo varia conforme as condições em que o organismo se encontrava no início do tratamento.

Se o número de infectados é grande, maior ainda é o número de pessoas atingidas de outra forma pela doença: o pânico. A vida social das pessoas praticamente é inexistente e o medo de contágio é geral. A maioria não tinha esperanças até esta semana, quando chegou à imprensa a notícia que a Dra. Annia Tavares Pinheiro estava no caminho de uma cura barata e rápida da N.V.. Esta é uma das profissionais brasileiras mais respeitadas na comunidade científica internacional.

São Paulo, 20XX

A Dra. Annia Tavares Pinheiro desenvolve pesquisas sobre antibióticos e medicamentos em geral, num reconhecido laboratório do país. Nos últimos meses, vem enfrentando as consequências da repentina fama no meio científico, após obter o reconhecimento da importância dos projetos por ela executados durante anos.

² O ano pode ser escolhido, mas a sugestão é que seja num futuro próximo, como os anos seguintes ao tempo atual.

³ 22,3% é também um número aleatório, que pode ser trocado por qualquer outro (como o ano em que se passa a história). O objetivo é mostrar que é uma doença impactante.

As expectativas em relação aos possíveis resultados que possa obter na cura da NV têm causado grande pressão psicológica sobre ela. A comunidade científica quer respostas imediatas.

O maior alvo de suas pesquisas são as bactérias do gênero Streptomyces. Este gênero é a fonte de estreptomicina, aureomicina, terramicina, cloranfenicol, eritromicina, neomicina e farmicetina, antibióticos usados há anos na cura de diversas doenças. Obviamente, nem todas as espécies de Streptomyces produzem substâncias benéficas; um exemplo é a antimicina, que bloqueia a transferência de elétrons no Complexo III da mitocôndria.

No laboratório, a doutora conseguiu desenvolver uma nova espécie híbrida que é capaz de combater a NV, porém sua dificuldade está em isolar o princípio ativo e estabelecer a dosagem correta. A notícia dos resultados de sua pesquisa deveria ter sido divulgada apenas depois que seu trabalho estivesse completo, mas de alguma forma a imprensa tomou conhecimento prévio, criando expectativas (e curiosos) em torno dela.

Já passa das 20 horas, cai uma fina garoa sobre as janelas, carros enfrentam o trânsito do retorno para casa e a luz do 3º andar dos “Laboratórios Reminical Brasil” é a única acesa em todo o prédio. Annia não aguenta mais as especulações em cima de sua pesquisa, as enormes esperanças que foram criadas.

Tem estado nos Laboratórios muito além do horário nos últimos dias, quer concluir logo o seu trabalho, pois desde que a informação sobre ele vazou ela não teve mais sossego. Sua última refeição foi por volta das 12 horas.

Hepatócito, 20XX

Já faz algumas semanas que o fígado, assim como outros órgãos, vem sentido o efeito do stress a que o organismo está sendo submetido.

A demanda de energia para o cérebro sempre foi alta, mas ultimamente tem sido maior ainda. Como se não bastasse, os períodos entre as refeições têm sido cada vez maiores e elas, de menor qualidade; pelo menos são ricas em carboidratos e muitas reservas foram feitas.

São 8 horas da noite e a última vez que este organismo recebeu nutrientes foi na hora do almoço.

Dra. Annia apresenta sinais de sonolência e cansaço – vai e prepara uma generosa xícara de café – mais generosa que a quantia de café, só mesmo a quantia de açúcar...

(iniciar as atividades - a idéia é que o Transportadores traga a glicose para o interior do Hepatócito, para manter a Dr.^a ativa)

Lembrar que, apesar de cada aluno ser um único componente do processo de produção de ATP, de uma das aproximadas 1300 mitocôndrias do hepatócito, suas ações representam o que está acontecendo na maioria das mitocôndrias dos Hepatócitos, e que muitas falhas na produção de ATP causariam a morte da célula e automaticamente do fígado, levando a morte da pesquisadora.

De acordo com a sorte e com a forma que as fichas foram montadas, o jogo fluirá mais facilmente ou não. Para isso seguem opções de empecilhos para torná-lo mais interessante. Cabe ao mestre estabelecer quais serão utilizados, lembrando-se que eles seguem uma certa ordem lógica.

Agora chegou a hora da ação, o objetivo é **produzir ATP**.

Os alunos podem verificar a quantia de prótons no espaço intermembranas e a partir disso podem seguir os seguintes caminhos⁴:

Utilizar a "reserva" de prótons da ATPsintetase para realizar a síntese de ATP;

Utilizar a "reserva" de $\text{NADH}+\text{H}^+$ da Cadeia Transportadora para criar um gradiente maior de prótons, para aumentar as reservas da ATPsintetase;

Utilizar a "reserva" de FADH_2 da Cadeia Transportadora para criar um gradiente maior de prótons, para aumentar as reservas da ATPsintetase;

Utilizar a "reserva" de Acetil-CoA do Ciclo do Ácido Cítrico para criar uma quantia maior de FADH_2 e $\text{NADH}+\text{H}^+$, com o conseqüente aumento das reservas da Cadeia Transportadora;

Produzir Acetil-coA a partir da glicólise.

A chance deles transportarem glicose para o interior celular é apenas essa, agora que a Dra. tomou café, depois disso serão outras jogadas.

Consequências:

1- verificar se há quantia suficiente de prótons no espaço intermembranas

1.1- Há quantia suficiente: ainda devem ser verificadas as características:

1.1A- Razão ATP/ADP: - alta (**Razão máxima a ser tolerada = 3/10 - ir para 1.1E)**

- baixa (ir para 1.1B)

1.1B- Transportar P_i : - não consegue (se o personagem Transportadores não carrear P_i para a matriz, não será possível formar ATP – como este é um co-transporte através do fluxo de prótons, talvez o gradiente de prótons não estivesse favorável no momento - ir para 2, 3, 4 ou 5)

- consegue (agora já é possível dar o próximo passo, pois já existe P_i para produzir ATP - ir para 1.1C)

1.1C- Afinidade por ADP e P_i : - tem afinidade (ATP foi produzido, mas ainda está ligado ao ATPsintetase - ir para 1.1D)

- não tem afinidade ADP e/ou P_i não se ligaram ao ATPsintetase - ir para 2, 3, 4 ou 5)

1.1D- Afinidade por ATP: - tem afinidade (o ATP foi produzido, porém não se desligará da ATPsintetase - ir para 2, 3, 4 ou 5)

- sem afinidade (o ATP foi produzido com sucesso).

1.1E- Trocador ATP/ADP: - funciona. Subtraia o valor da habilidade pelo valor obtido nos dados; essa é a quantidade de ATP trocado com ADP. Isso altera a razão ADP/ATP no interior da mitocôndria e disponibiliza ATP para o citosol.

- não funciona (o ATP foi produzido, porém jamais chegou ao citosol, sem contar que a quantia de ADP não foi repostas). Se isso se repetir por muitas vezes, a matriz mitocondrial não oferecerá condições favoráveis à produção de ATP - ir para 2, 3, 4, ou 5.

1.2- Quantia Insuficiente: O personagem não pode produzir sozinho o ATP - ir para 2, 3, 4 ou 5.

2- verificar se há quantia suficiente de $\text{NADH}+\text{H}^+$ na matriz mitocondrial:

2.1- Há quantia suficiente. ainda devem ser verificadas (individualmente) as afinidades dos Complexos I, III e IV, por substâncias.

2.1A- Complexo I: - tem baixa afinidade (insucesso nos dados) (O $\text{NADH}+\text{H}^+$ não encontrou o Complexo I ou chegou lá e liberou os elétrons,

⁴ O jogo pode começar por qualquer dos personagens, uma vez que eles têm reservas de compostos para utilizar na produção de ATP (ver "outras características", nas fichas de personagens). Mesmo o personagem transportadores pode iniciar, captando glicose da corrente sanguínea.

mas o Complexo I não os capturou, ficando elétrons livres na matriz - ir para 1, 3, 4 ou 5)

- tem alta afinidade (o $\text{NADH}+\text{H}^+$ encontra o Complexo I e transfere seus elétrons; 3 prótons são bombeados para o espaço intermembranas - ir para 2.1B)
- 2.1B- Complexo III:
 - tem baixa afinidade (A Ubiquinona capturou os elétrons no Complexo I, mas a membrana interna da mitocôndria é uma confusão. Assim, a Ubiquinona saiu carregando os elétrons, mas se perdeu no caminho e não pôde alcançar o Complexo III - ir para 1, 3, 4 ou 5)
 - tem alta afinidade (a Ubiquinona atravessa toda a confusão que é a membrana interna da mitocôndria, desvia de proteínas, esbarra em lipídeos, mas finalmente encontra o Complexo III e transfere seus elétrons. O Complexo bombeia 4 prótons para o espaço intermembranas - ir para 2.1C)
- 2.1C- Complexo IV⁵:
 - tem baixa afinidade (O citocromo c conseguiu capturar os elétrons do Complexo III, mas o caminho longo, cheio de obstáculos impediu que ele chegasse ao Complexo IV, perdendo os elétrons - ir para 1, 3, 4 ou 5)
 - tem alta afinidade (Um Citocromo C consegue, se debatendo, trazer um elétron até o Complexo IV e o transfere. O Complexo IV bombeia 3 prótons para o espaço intermembranas) Continuar em 1, 3, 4 ou 5.

2.2- Quantia Insuficiente: não será possível enviar prótons para o espaço intermembranas, pelo menos nesta jogada (ir para 1,3 4 ou 5).

3- verificar se há quantia suficiente de FADH_2 na matriz mitocondrial:

- 3.1- Há quantia suficiente: ainda devem ser verificadas (individualmente) as afinidades dos Complexos II, III e IV, por substâncias.
 - 3.1A- Complexo II:
 - tem baixa afinidade (O FADH_2 não encontrou o Complexo II ou chegou lá e liberou os elétrons, mas o Complexo II não os capturou - ir para 1, 2, 4 ou 5)
 - tem alta afinidade (o FADH_2 encontra o Complexo II e transfere seus elétrons. O Complexo II não bombeia prótons. - ir para 3.1B)
 - 3.1B- Complexo III:
 - tem baixa afinidade (A Ubiquinona capturou os elétrons no Complexo I, mas a membrana interna da mitocôndria é uma confusão. Assim, a Ubiquinona saiu carregando os elétrons, mas se perdeu no caminho e não pôde alcançar o Complexo III - ir para 1, 2, 4 ou 5)

⁵ Na verdade, o Complexo IV recebe um elétron por vez, então esse processo de transferência deveria ser testado duas vezes. Para o bom andamento do jogo, entretanto, uma tentativa bem sucedida é suficiente, mas é interessante explicar aos jogadores como ocorre o processo, inclusive da transferência posterior dos elétrons ao oxigênio, para formar água. O aluno deve compreender que o O_2 receberá esses elétrons formando H_2O , porém é necessário acumular 4 elétrons; quando o O_2 recebe um elétron torna-se perigosamente reativo (O_2^-), requerendo mais 3 elétrons. O Complexo IV mantém esse O_2^- até ter captado 4 elétrons, para daí transferi-los.

- tem alta afinidade (a Ubiquinona atravessa toda a confusão que é a membrana interna da mitocôndria, desvia de proteínas, esbarra em lipídeos, mas finalmente encontra o Complexo III e transfere seus elétrons. O Complexo bombeia 4 prótons para o espaço intermembranas - ir para 3.1C)
- 3.1C- Complexo IV⁶:
- tem baixa afinidade (O citocromo c conseguiu capturar os elétrons do Complexo III, mas o caminho longo, cheio de obstáculos impediu que ele chegasse ao Complexo IV, perdendo os elétrons - ir para 1, 2, 4 ou 5)
 - tem alta afinidade (Um Citocromo C consegue, se debatendo, trazer um elétron até o Complexo IV e o transfere. O Complexo IV bombeia 3 prótons para o espaço intermembranas) Continuar em 1, 2, 4 ou 5.
- 3.2- Quantia Insuficiente: não será possível enviar prótons para o espaço intermembranas, pelo menos nesta jogada (ir para 1, 2, 4 ou 5).
- 4- verificar se há quantia suficiente de Acetil-CoA na matriz mitocondrial**
- 4.1- Há quantia suficiente: ainda devem ser verificadas as seguintes características
- 4.1A- Funcionamento das Enzimas: - incorreto (As enzimas não puderam trabalhar, talvez por uma alteração momentânea de pH, temperatura, ou não havia enzimas disponíveis. - ir para 1, 2, 3 ou 5)
- correto (as enzimas estão disponíveis para realizar o processo - ir para 4.1B)
- 4.1B- NAD⁺ captar elétrons: - não capta (O Ciclo não foi realizado com sucesso, pois não havia NAD⁺ capaz de oxidar os substratos necessários - ir para 1, 2, 3 ou 5)
- capta⁷ (2 NADH+H⁺ foram produzidos, bem como uma molécula de ATP - ir para 4.1C)
- 4.1C- FAD captar elétrons: - não capta (O Ciclo de Krebs não se completou - ir para 1,2,3 ou 5)
- capta (pelo menos o serviço não foi em vão; após tanto empenho, tem-se mais um FADH₂ e um NADH+H⁺ produzidos, que agora devem ser destinados corretamente - ir para 4.1D)
- 4.1D- NADH+H⁺ ir ao Complexo I: - não chega (É, depois de tanto esforço os NADH+H⁺ formados se perderam na sopa de enzimas que é a matriz mitocondrial - ir para 4.1E caso tenha sido formado algum FADH₂ ou para 1, 2, 3 ou 5 caso nenhum FADH₂ tenha sido formado)
- chega (Excelente! Agora a cadeia transportadora pode realizar melhor seu trabalho - ir para 4.1E caso tenha sido formado algum FADH₂ ou ir para 1, 2, 3 ou 5 caso nenhum FADH₂ tenha sido formado)

⁶ Na verdade, o Complexo IV recebe um elétron por vez, então esse processo de transferência deveria ser testado duas vezes. Para o bom andamento do jogo, entretanto, uma tentativa bem sucedida é suficiente, mas é interessante explicar aos jogadores como ocorre o processo, inclusive da transferência posterior dos elétrons ao oxigênio, para formar água. O aluno deve compreender que o O₂ receberá esses elétrons formando H₂O, porém é necessário acumular 4 elétrons; quando o O₂ recebe um elétron torna-se perigosamente reativo (O₂⁻), requerendo mais 3 elétrons. O Complexo IV mantém esse O₂ até ter captado 4 elétrons, para daí transferi-los.

⁷ No ciclo de Krebs, há três reações onde NAD⁺ é reduzido, uma onde FAD é reduzido. O sucesso nas duas habilidades garante o sucesso no ciclo. Caso apenas a reatividade de NAD⁺ seja vencedora, dois NADH+H⁺ e um GTP (convertido a ATP) são produzidos. Se FAD for reduzido, aí automaticamente será reduzido o terceiro NAD⁺.

- 4.1E- FADH₂ ir ao Complexo II: - não chega (É, o FADH₂ nadou, nadou e “morreu” na matriz, perdendo seus elétrons antes da hora - ir para 1, 2, 3 ou 5)
 - chega (Ótimo! - ir para 1, 2, 3 ou 5)

4.2- Quantia Insuficiente: não há substrato essencial para o início do Ciclo, infelizmente. (ir para 1, 2, 3 ou 5).

5- verificar se há glicose disponível para se iniciar o processo⁸.

5.1- Há quantia suficiente: ainda devem ser verificadas as seguintes características

- 5.1A- Funcionamento das Enzimas: - incorreto (As enzimas não puderam trabalhar, talvez por uma alteração no momentânea de pH, temperatura, ou não haviam enzimas disponíveis. - ir para 1, 2, 3 ou 4)
 - correto (as enzimas estão disponíveis para realizar o processo e portanto, foram formados 2 ATPs através da fosforilação ao nível do substrato - ir para 5.1B)
- 5.1B- Transporte e conversão de Piruvato⁹:
 - não consegue (O Piruvato é transportado ativamente, junto com um próton; infelizmente, momentaneamente a proporção de prótons não era favorável para realização de tal processo, ou a conversão a acetil-coA, pela piruvato desidrogenase, falhou - ir para 5.1C)
 - consegue (Excelente, agora as reservas de acetil-coA do Ciclo do Ácido Cítrico foram ampliadas, e provavelmente mais NADH+H⁺ serão formados - ir para 5.1D)
- 5.1C- NAD⁺ captar elétrons: - não capta (Apesar das enzimas estarem ativas e trabalhando bem, não houve NAD⁺ disponível para concluir o processo - ir para 1, 2, 3 ou 4)
 - capta (Após a realização do processo é observado que NADH+H⁺ é produzido com sucesso - ir para 5.1D)
- 5.1D- Transporte de NADH+H⁺:
 I - ele chega ao transportador (*habilidade sob responsabilidade da Glicólise*)
 Verificar se o personagem Transportadores consegue fazer a Lançadeira Malato/Aspartato ou Glicerofosfato funcionar
 - não consegue (O NADH+H⁺ citosólico nunca entra na mitocôndria; na verdade, ele transfere seus elétrons para um dos transportadores e estes o transfere para um NAD⁺ ou para um FAD mitocondrial. Infelizmente, os elétrons se perderam no meio do processo - ir para 1, 2, 3, 4 ou 6)
 - consegue (Ótimo! Após os elétrons serem transferido do NADH+H⁺ citosólico para o NAD⁺ mitocondrial, só falta eles chegarem ao Complexo I - ir para 5.1E)
 II - não chega ao transportador (Não pode-se esquecer que o citoplasma é cheio substâncias, verdadeiros obstáculos para o NADH+H⁺ - ir para 1, 2, 3, 4, ou 6)

⁸ Importante ressaltar, aqui, que o personagem “Transportadores” pode captar glicose da corrente sanguínea.

⁹ O piruvato tem que ser transportado para o interior da mitocôndria, favorecido pelo gradiente de prótons; na matriz, é convertido a acetil-coA, com redução de um NAD⁺.

- 5.1E- $\text{NADH}+\text{H}^+$ ir ao Complexo I: - não chega (É... depois de tanto esforço, o $\text{NADH}+\text{H}^+$ se perdeu na sopa de enzimas que é a matriz mitocondrial - ir para 1, 2, 3, 4 ou 6)
- chega (Excelente! Agora a Cadeia Transportadora pode realizar seu trabalho, pois seu estoque de $\text{NADH}+\text{H}^+$ foi ampliado - ir para 1, 2, 3, 4 ou 6)

5.2- Quantia Insuficiente: não há substrato para o início da Glicólise. (ir para 1,2 3 ou 4).

Ótimo, a demanda de ATP foi suficiente para a Dra. se manter acordada por mais algumas horas.

São 23h30min, não há mais garoa e sim chuva. Naquele local, um pouco afastado do centro, o trânsito acalmou.

Annia vai verificar os resultados obtidos durante aquele dia de trabalho intenso e, ao olhar mais atentamente, nota que a amostra 486 não se encaixa no padrão estatístico... Será que? Não, não poderia. Ela olha mais uma vez, já aflita corre verificar suas bibliografias. Não, ela não se enganara: de alguma forma, naquela cepa as bactérias haviam produzido antimicina em grande quantidade... Com toda certeza a Streptomyces curanderosis, espécie desenvolvida pela própria doutora, não seria capaz de produzir tal substância, pois é característica da espécie S. griseus, mas agora era tarde de mais. Quanto tempo esteve em contato com tal amostra era impossível saber, nem as formas de contato que teve.

Annia, uma profissional experiente, sempre manteve certos cuidados, mas ultimamente, com a rotina e tendo maior conhecimento em relação às suas amostras, não estava mais tão atenta. Ela tinha consciência disso e não imaginava quais seriam as conseqüências da exposição e manipulação daquela amostra. Seu batimento cardíaco aumentou, suas mãos se umedeceram, ela agora suava frio. Apenas os seguros estavam presentes e, se fosse necessário, dificilmente poderiam ajudá-la.

O personagem Cadeia Transportadora lança os dados e verifica, através da habilidade afinidade do complexo III por substâncias, se a antimicina atingiu ou não o Complexo.

Atingiu (soma nos dados igual ou menor que o valor da habilidade):

Hepatócito, 20XX

Infelizmente a entrada de antimicina no organismo não pôde ser detida; já há partículas na corrente sanguínea e se aproximam do fígado. Alguns hepatócitos já demonstram terem sido afetados. E agora? A produção de ATP deve ser mantida, para a sobrevivência do organismo¹⁰.

Não Atingiu

Hepatócito, 20XX

A produção de ATP é satisfatória, tudo está ocorrendo bem e a demanda está sendo atendida¹¹.

¹⁰ Discutir com os alunos as conseqüências do bloqueio do Complexo III para a produção de ATP.

¹¹ Mesmo o complexo não tendo sido bloqueado, pode-se discutir com os alunos o que aconteceria se o complexo fosse atingido.

Laboratórios Reminical

Já se passa das 2 da manhã¹² e Annia continua com seus experimentos em busca da cura da necrose violenta. O cansaço já veio à tona, mas ela insiste em permanecer no laboratório, buscando sempre avançar em suas pesquisas...

O despertador toca; já são 7 horas da manhã. Annia acorda e percebe que há algo de estranho com ela. Pode ser fome, pois no dia anterior os trabalhos foram tantos que mal deu tempo para se alimentar. Ela levanta, toma um café da manhã reforçado, mas continua se sentindo indisposta. Realmente, havia algo mais do que a falta de comida agredindo o seu organismo.

Para seu desespero, ela percebeu que o dia de trabalho já estava comprometido, pois por mais que tentasse não iria conseguir sair de casa. O que seria aquela súbita dor no corpo e uma aparente vermelhidão em seu rosto? Seria uma nova virose? Ela não fazia idéia.

Annia resolve então repousar para ver se melhora. Assim, dormiu como a tempos não dormia... Quando acorda, a cientista mal consegue levantar-se da cama, as dores eram muito mais intensas que antes. Ela resolve, então, tomar um medicamento, pois para ela parecia a solução mais certa para aquele momento. Transtornada pela forte dor e na ausência de seus óculos, ela ingere, ao invés de um analgésico, um antibiótico: a oligomicina.

Oligomicina- antibiótico tóxico que se liga a ATP sintetase na mitocôndria, bloqueando o movimento de prótons através de Fo.

Verificar a afinidade do personagem ATP Sintetase por antibióticos.

Possui afinidade:

Como produzir ATP nessa situação? (discutir com os alunos)

Não possui afinidade:

Para sua sorte, ela havia ingerido uma pequena dose do medicamento e sua refeição pela manhã tinha sido satisfatória. Ainda assim, Annia teve que se ausentar do trabalho por mais alguns dias.

Laboratórios Reminical – 15h14min

Tudo está ocorrendo bem, o fato de Annia ter dedicado seu domingo para relaxar fez a segunda-feira mais proveitosa. Claro que para isso teve que se isolar do mundo, pois a imprensa está incontrolável e o medo de sabotagem é grande.

Neste horário ela tem toda sua equipe disponível para ajudá-la. Eles estão fazendo a análise das amostras, observando compostos fracionados – a rotina do laboratório. Um dos pesquisadores auxiliares solta uma exclamação! Finalmente! Finalmente haviam isolado definitivamente o antibiótico para combater a NV, o princípio ativo exato estava determinado.

Para chegar às farmácias era questão de meses; bastava apenas determinar a dosagem, realizar alguns testes e patentear. A comemoração foi geral!

¹² Caso o resultado da jogada anterior tenha deixado a Dra. Annia intoxicada, é melhor trocar "2 da manhã" por algo como "uma semana depois". Aqui fica claro que o enredo deve ser adaptado à situação!

Seguem duas opções para a continuidade da estória.¹³

primeira opção:

Annia chega em casa, está cansada mas sua euforia não permite que ela durma. Ela precisa ter uma boa noite de sono, ainda tem uma semana de intenso trabalho. Vai buscar seus medicamentos e ingere comprimidos de Amital.

Fato: Amital é nome comercial do Amobarbital, um barbitúrico. É indicado para sedação, insônia, em psicoterapia e como anti-convulsivo.

Os barbitúricos agem sobre o sistema nervoso central, afetando os sinais nervosos, alterando o equilíbrio químico e diminuindo o funcionamento de partes do organismo. Ele diminui o batimento cardíaco, pressão sanguínea e a respiração. Os efeitos variam conforme o metabolismo e dosagem e podem causar a morte.

É, Annia exagerou um pouco na dosagem, agora deve ser verificado se o Complexo I foi inibido. (o Amital liga-se ao complexo I)

Fim da primeira opção. Pular a segunda opção.

segunda opção:

20h43min

Como de costume, apenas Annia trabalhava após o horário, mas hoje era com novo estímulo. Com o isolamento do princípio ativo, ela queria adiantar tudo para finalizar a fórmula o mais rápido o possível.

Já havia guardado tudo, fechado seu laboratório, tudo devia ser mantido em sigilo absoluto. Despediu-se do vigia, entrou no carro e partiu para casa.

Estava tranqüila no trânsito, caía uma chuva de verão. Ouvindo notícias sobre a disseminação da NV, orgulhava-se por ser a futura responsável pela sua cura. Foi tudo muito rápido. A caminho de sua casa, um carro trancou sua passagem, ela estranhou. De repente: BAM! O vidro de seu carro foi quebrado. Com certa facilidade, alguns homens, não sabia ao certo quantos, a carregaram.

Annia não sabia para onde estava sendo levada. Gritar, espernear, não adiantou nada. Havia uma arma apontada em sua cabeça. Não houve muito diálogo, apenas um dos homens encapuzados sacou uma seringa e encheu-a com um líquido retirado de um frasco. Annia estava desesperada! Com certeza, de alguma forma alguém descobrira que o antibiótico fora isolado. Qual era o objetivo daquela gente?

A injeção foi aplicada.

Fato: O amital sódico já foi utilizado como “soro da verdade” e este era o objetivo de sua aplicação. Um dos homens conversava em voz baixa com outro e depois enchia Annia de perguntas. Eles ainda estavam no carro. Tudo indicava que eles queriam qualquer informação que lhes permitisse obter o princípio ativo. (o Amital liga-se ao complexo I)

Rolar os dados e ver se o Complexos I foi atingido.

Foi atingido:

Annia não se sente mais capaz de controlar suas vontades. (descrever suas sensações)

Não foi atingido:

¹³ Para manter o caráter lúdico da aventura, os jogadores agora podem escolher a continuidade da história, ou um dado pode ser lançado para decidir qual opção o narrador seguirá.

Annia luta contra o efeito da droga e felizmente recobra o seu auto-controle, o suficiente para conseguir enganá-los. Para sua sorte, eles não cogitavam a possibilidade de entrar no laboratório, pois o mesmo tinha alto nível de segurança. Ela foi jogada, sob ameaça, numa rua deserta. Completamente perdida, foi encontrar um posto policial quando o dia amanhecia.

Trauma superado, pelo menos superficialmente. Annia vai para casa acompanhada de um segurança da empresa e sua equipe está sob investigação.

Fim da segunda opção

Passa-se o natal e ano-novo e o clima já é outro.

Agora que ela publicou sua pesquisa, não demorará muito para cair no esquecimento do povo.

Brasil, 20XX

Passam-se algumas semanas e Annia volta a ser notícia – é a principal indicada para o “Brasileiro em Destaque – 3ª Edição”, categoria “Benefícios para a Humanidade”. Este prêmio foi instaurado em 20XY¹⁴, fazendo parte de um programa governamental de incentivo ao patriotismo. Desde sua primeira edição este prêmio teve grande importância nacional e destaque mundial, indicando três brasileiros de sucesso para concorrerem à premiação pelos seus trabalhos em áreas como saúde, educação, esporte, artes, meio ambiente e o principal, Benefícios para a Humanidade.

Através da divulgação em massa do projeto e dos premiados dizendo o bordão “Eu faço a diferença”, o programa tem o objetivo de fazer os brasileiros acreditarem em si, mostrando que seu povo é capaz, recuperando o orgulho pelo Brasil.

O motivo da indicação de Annia foi a importante participação que teve num projeto que estudou os impactos do uso de antibióticos por muitos anos, mostrando os aspectos negativos do uso dos mesmos ao selecionar bactérias mais resistentes e propôs um novo método de uso, menos impactante. A pesquisa foi feita com um grupo de alemães, quando Annia residia em Berlim para concluir seu pós-doutorado. Apesar dos estudos terem sido realizados fora do país e em equipe, o mérito da Dra. foi reconhecido.

A premiação tornou-se bastante reconhecida pela comunidade científica e pela população brasileira, por isso a notícia da indicação trouxe a ela, ao mesmo tempo, muita alegria pelo sucesso de seu trabalho, mas também um certo receio, pois durante o longo tempo que ficou trabalhando nas pesquisas do antibiótico contra a NV ela deixou de lado a vaidade e o cuidado com a alimentação.

São Paulo, 20XZ (ano seguinte)

É janeiro, faz muito calor na cidade, Annia acorda.

Ela está decidida a aproveitar sua folga cuidando de si. Por quantos meses deixou de ter cuidado com seu corpo? Não sabia. A premiação seria em fevereiro, ela estaria em foco e queria aparecer na imprensa em sua melhor forma. Seu estado emocional, que já não era bom, não colaborou

¹⁴ Aqui, 20XY representa, obviamente, dois anos antes do que se passa a história.

nada quando se olhou no espelho e se deu conta do quanto havia engordado.

Ela queria uma solução eficaz. Tendo tanto conhecimento sobre medicamentos, achou-se capaz de administrar corretamente dinitrofenol (DNP).

Há 50 anos, o DNP foi utilizado como medicação para emagrecimento.

Hepatócito, 20XZ

A chegada de um agente químico é detectada; ele já invadiu o hepatócito e instalou-se na membrana mitocondrial interna. Está aberta mais uma porta de passagem para os prótons.

Questionar os alunos sobre o que irá acontecer com a produção de ATP e por quê.¹⁵

O princípio do funcionamento do DNP é fazer com que o metabolismo de açúcares aumente para compensar a baixa produção de ATP, ocasionada pela destruição do gradiente de prótons, uma vez que estes atravessam a membrana mitocondrial interna carregados pela droga.

Brasília / Palácio Alvorada – 21h38min

Annia já está no salão da premiação; muitas luzes, muita gente importante, vários seguranças. Premiados dos anos anteriores, gente rica, cientistas, esportistas e – é claro – políticos. É uma noite de gala, os garçons estão frenéticos tentando atender a todos.

Na verdade a cena era a de uma comédia: alguns dos convidados, antes pomposos, precisaram de pouco tempo para se embriagar e saírem da linha... Emergentes e decadentes – ou pessoas que, de uma forma geral, não recebiam mais atenção da mídia – buscavam disfarçadamente os cinegrafistas, se apinhando de forma completamente ridícula em frente às câmeras; enquanto os verdadeiros focos de interesse se esquivavam.

A Dra. estava gostando da festa e agora era um intervalo entre as categorias da premiação. Os convidados estavam chegando desde as 19 horas e já haviam sido homenageados os indicados das categorias educação e meio ambiente. A cerimônia dava-se da seguinte forma: inicialmente, havia um discurso presidencial; explicações sobre o “Programa de Incentivo ao Patriotismo”, apresentando metas e resultados. Antes da entrega de cada prêmio, num telão eram mostrados fatos sobre a vida de cada indicado, constando seus feitos mais importantes, justificando sua indicação e finalmente era revelado o escolhido.

Annia acabara de dispensar um grupo de interesseiros que vieram especular sobre seus planos de trabalho – este era o inconveniente destes intervalos – e agora estava se aproximando um pequeno grupo de norte-americanos. Engataram uma conversa boa; eles eram cientistas também, com excelentes projetos e agora ela se divertia com a conversa. Já fazia certo tempo que Annia procurava um drink, mas sempre antes do garçon chegar surgia alguém para ser filmado/fotografado ao seu lado, e estes norte-americanos gentilmente lhe ofereceram um cálice de vinho.

Ela estava entusiasmada com a conversa e feliz com todas as gentilezas dos cientistas. Havia bebido apenas um pouco do vinho, quando um senhor a puxou pelo braço, com o objetivo de carregá-la para mais uma foto. A taça se espatifou, Annia ficou revoltada e o senhor – que gaguejava mil desculpas – pelo menos agora tinha a atenção que queria, grande parte do salão olhava para ele.

Aeroporto Internacional de Brasília, algumas horas antes

¹⁵ Esta discussão é, talvez, a de maior importância no jogo, pois permite recapitular todo o processo de síntese de ATP, uma vez que ele fica afetado em sua fase final (gradiente de H⁺). É um bom “termômetro” para verificar se os alunos entenderam de fato o mecanismo todo.

Uma manhã abafada, a cidade inteira parece estar viva em função apenas da premiação. Um grupo de distintos norte-americanos desembarca...

Não era a primeira vez deles no país, pelo menos um dos cientistas havia estado ali a apenas um mês, junto com outro grupo de ianques. Eles observaram Annia por dias e subornaram um dos membros de sua equipe... eles haviam comandado a troca de cepas do laboratório, com o objetivo de contaminar a Dra., tentando causar sua morte de forma a não levantar suspeitas. *Também haviam sido responsáveis pelo seu seqüestro. ***(esse último comentário só deve ser feito caso a segunda opção - acima - tenha sido a escolhida!)**

Annia estava chegando próximo da cura da NV, acabando com qualquer chance de eles continuarem lucrando às custas da doença. Era um grupo de cientistas promissores, mas nunca tinham feito algo realmente memorável; começaram a desenvolver microrganismos perigosos e receberam uma proposta de um grande grupo de pesquisa – o Garbs Institute of Researches – para desenvolver uma doença e sua vacina ou medicamentos e, dessa forma, obtiveram lucro, sucesso e reconhecimento.

Estavam conformados com a derrota quando, convenientemente, receberam convites para a cerimônia da entrega dos prêmios. Por que não fazer mais uma tentativa? Haveria centenas de pessoas e quem iria suspeitar que um grupo de cientistas envenenaria alguém de uma forma tão sem originalidade quanto o cianeto? Com certeza, todos pensariam que isto era coisa de alguém invejoso, um louco infiltrado na festa, cientistas com toda certeza usariam algo mais sofisticado... Pois é, mas eles entregaram a Annia um cálice contendo vinho e... cianeto!

Será que ela ingeriu dose de cianeto suficiente para ocasionar a sua morte? Como será que suas células estão funcionando?

O cianeto inibe o complexo IV, especificamente a citocromo c oxidase.

Jogar a afinidade do complexo IV por substâncias. (discutir com os alunos os efeitos da inibição do complexo IV sobre a produção de ATP)

Cianeto ligou-se ao complexo IV:

Annia sente-se fraca, com um pouco de tontura e dificuldades respiratórias Ela acha que esses sintomas são decorrentes da ansiedade pela proximidade da entrega do prêmio e acaba não dando muita importância.

Já passa de meia-noite e o grande momento chega. Sobe ao palco o Ministro da Ciência e Tecnologia para anunciar o ganhador do “Benefícios para a Humanidade”.

A platéia silencia e é em alto e bom som que se escuta a Dra. Annia Tavares Pinheiro¹⁶ ser chamada para receber o prêmio. Quando os holofotes apontam para sua cadeira, ela não se move... a comoção foi geral com sua morte naquele momento.

Cianeto não ligou ao complexo IV:

Annia sente-se fraca, com um pouco de tontura e dificuldades respiratórias Ela acha que esses sintomas são decorrentes da ansiedade pela proximidade da entrega do prêmio e acaba não dando muita importância.

Passa algum tempo e a doutora recupera-se. (Cabe ao mestre determinar a intensidade dos sintomas, de acordo com a quantia de ATP produzida).

Já passa de meia-noite e o grande momento chega. Sobe ao palco o Ministro da Ciência e Tecnologia para anunciar o ganhador do “Benefícios para a Humanidade”.

A platéia silencia e é em alto e bom som que se escuta a Dra. Annia Tavares Pinheiro¹⁷ ser chamada para receber o prêmio!

¹⁶ Annia Tavares Pinheiro também é conhecida, pelas iniciais de seu nome, como Dra. ATP!

¹⁷ Annia Tavares Pinheiro também é conhecida, pelas iniciais de seu nome, como Dra. ATP!

2. Exemplo de fichas de personagens: síntese de ATP

RPG-BIOLOGIA CELULAR SÍNTESE DE ATP

JOGADOR: _____

PERSONAGEM: **Ciclo do Ácido Cítrico**

HABILIDADE	PONTOS		
	base	modif.	TOTAL
Funcionamento das enzimas	8	+	=
Reatividade do NAD ⁺	8	+	=
Reatividade do FAD	8	+	=
Destinação de NADH+H ⁺	8	+	=
Destinação de FADH ₂	8	+	=

distribua 15 pontos entre as habilidades, no modif., e some com o base para obter o valor TOTAL (que nunca pode ser maior que 16).

Substratos:

acetil-coA

inicial (1d6)=

alterações:

OBSERVAÇÕES:

RPG-BIOLOGIA CELULAR SÍNTESE DE ATP

JOGADOR: _____
PERSONAGEM: **ATP sintetase**

HABILIDADE	PONTOS		
	<i>base</i>	<i>modif.</i>	<i>TOTAL</i>
Afinidade por antibióticos	8	+	=
Afinidade por ADP e Pi	8	+	=
Afinidade por ATP	8	+	=
Capacidade de transportar prótons	8	+	=

distribua 15 pontos entre as habilidades, no modif., e some com o base para obter o valor TOTAL (que nunca pode ser maior que 16).

Substratos:

Prótons no espaço intermembranas <i>inicial (3d6x2)=</i>	alterações:
Razão ATP/ADP <i>inicial (1d6/2d6)=</i>	alterações:

OBSERVAÇÕES:

RPG-BIOLOGIA CELULAR SÍNTESE DE ATP

JOGADOR: _____

PERSONAGEM: **Cadeia transportadora de elétrons**

HABILIDADE	PONTOS		
	base	modif.	TOTAL
Afinidade do complexo I por substâncias	8	+	=
Afinidade do complexo II por substâncias	8	+	=
Afinidade do complexo III por substâncias	8	+	=
Afinidade do complexo IV por substâncias	8	+	=

distribua 15 pontos entre as habilidades, no modif., e some com o base para obter o valor TOTAL (que nunca pode ser maior que 16).

Substratos:

NADH+H ⁺ <i>inicial (1d6)=</i>	alterações:
FADH ₂ <i>inicial (1d6)=</i>	alterações:

OBSERVAÇÕES:

RPG-BIOLOGIA CELULAR SÍNTESE DE ATP

JOGADOR: _____

PERSONAGEM: **Glicólise**

HABILIDADE	PONTOS		
	<i>base</i>	<i>modif.</i>	<i>TOTAL</i>
Funcionamento de enzimas	8	+	=
Transporte e conversão do piruvato	8	+	=
Reatividade do NAD ⁺	8	+	=
Destinação de NADH+H ⁺	8	+	=

distribua 15 pontos entre as habilidades, no modif., e some com o base para obter o valor TOTAL (que nunca pode ser maior que 16).

Substratos:

glicose <i>inicial (1d6)=</i>	alterações:
--------------------------------------	-------------

OBSERVAÇÕES:

RPG-BIOLOGIA CELULAR SÍNTESE DE ATP

JOGADOR: _____
PERSONAGEM: **Transportadores**

HABILIDADE	PONTOS		
	<i>base</i>	<i>modif.</i>	<i>TOTAL</i>
Captação de glicose	8	+	=
Lançadeiras malato/aspartato ou glicerofosfato	8	+	=
Fosfato translocase	8	+	=
Adenina nucleotídeo translocase	8	+	=

distribua 15 pontos entre as habilidades, no modif., e some com o base para obter o valor TOTAL (que nunca pode ser maior que 16).

OBSERVAÇÕES:

3. Resumo da apresentação sobre o estudo, feita aos alunos.

RPG e Biologia Celular

Hernandes F. Carvalho
Marco A. F. Randi

O que é o RPG?

- Jogo no qual um **grupo de participantes** conta uma história de forma interativa.
- Cada jogador (aluno) assume para si o papel de um **personagem fictício** e é responsável por representá-lo e definir as suas ações dentro da história contada.

Como funciona?

- Um mestre, ou narrador, conta a história e os jogadores (alunos) vão participar dessa história como personagens.
- No caso das histórias que jogarão, os personagens serão **componentes/processos** celulares.

Como são decididas as ações?

- As fichas dos personagens contêm **características/habilidades** que serão testadas durante o jogo, através do lançamento de dados.
- Quanto **maior a pontuação** numa habilidade, **mais chance de sucesso** o jogador tem.

O que é preciso para a aula?

- O jogo é uma aula diferente.
- **ESTUDAR** o tema antes do dia programado.
- **Trazer livros** de Biologia Celular para a aula (para consultas) ajudará bastante.
- Organização: **equipes de 6 a 10 alunos**

Quando vão acontecer as aulas?

- Turma **B**
 - 25/04 (quarta) – 10h-12h.
 - Síntese de ATP
- Turma **A**
 - 26/04 (quinta) – 14h-16h
 - Sistema endossômico/lisossômico

Que outras atividades estão associadas à aula?

- turma A – **mapas de conceitos**
 - um antes e outro após a aula
 - Sistema endossômico/lisossômico
- A turma B – **questionário**
 - um antes e outro após a aula
 - Síntese de ATP

Obrigado pela atenção.

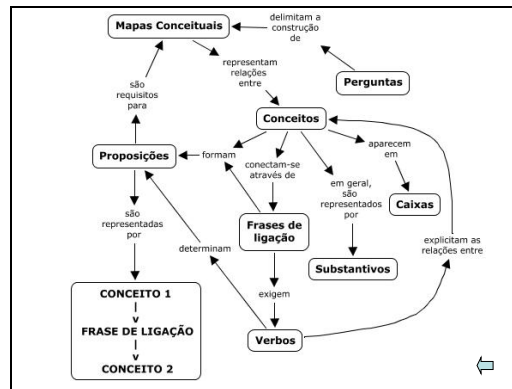
RPG-BIOLOGIA CELULAR
CICLO CELULAR
 JOGADOR: _____
 PERSONAGEM: DNA

HABILIDADE	PONTOS		
	base	modif.	TOTAL
Duplicação	8	+	=
Permissão para re-replicação do DNA	8	+	=
Permissão de mutações	8	+	=
Compactação/descompactação do DNA	8	+	=
Associação do cinetócoro ao fuso mitótico	8	+	=

distribui 16 pontos entre as habilidades, no modif. e soma com a base para obter o valor TOTAL (que nunca pode ser maior que 16).

Outras características:

Mutações aceitáveis		
Valor (1 a 62)		



4. Questionário de avaliação: síntese de ATP

Este questionário visa avaliar os benefícios (ou não) da implementação dessa nova metodologia de ensino em um curso de graduação. Sua resposta honesta é importante para o sucesso dessa avaliação.

Responda utilizando o seguinte critério:

- 1 – discordo completamente**
- 2 – discordo parcialmente**
- 3 – neutro ou sem opinião**
- 4 – concordo parcialmente**
- 5 – concordo completamente**

A) Eu conheço o jogo de interpretação de personagens (RPG).

1 2 3 4 5

B) O RPG me estimula a ler mais sobre os temas das aulas.

1 2 3 4 5

C) O RPG não modificou meus conhecimentos sobre o tema síntese de ATP.

1 2 3 4 5

D) O RPG é eficaz para o ensino de Biologia Celular.

1 2 3 4 5

E) O RPG é uma ferramenta de aprendizagem melhor que as aulas formais.

1 2 3 4 5

F) Eu aplicaria RPG educacional em uma sala de aula do ensino fundamental, médio ou superior.

1 2 3 4 5

G) Tenho facilidade para trabalhar em grupo.

1 2 3 4 5

H) Eu entendo como funciona a produção de ATP numa mitocôndria.

1 2 3 4 5

I) A glicólise é o processo metabólico que gera a maior quantidade de ATP numa célula.

1 2 3 4 5

J) Sem a glicólise não há como a célula formar Acetil-coA, para manter funcional o ciclo de Krebs, também conhecido como ciclo do ácido cítrico.

1 2 3 4 5

L) Sem o ciclo do ácido cítrico, a cadeia transportadora de elétrons (cadeia respiratória) pararia de funcionar por completo.

1 2 3 4 5

M) A cadeia transportadora de elétrons é a principal responsável por gerar um gradiente de prótons entre o espaço intermembranas e a matriz mitocondrial.

1 2 3 4 5

N) A ATPsintetase fosforila o ADP constantemente, sempre que houver os substratos (ADP e Pi).

1 2 3 4 5

5. Questionário de avaliação: ciclo celular

Este questionário visa avaliar os benefícios (ou não) da implementação dessa nova metodologia de ensino em um curso de graduação. Sua resposta honesta é importante para o sucesso dessa avaliação.

Responda utilizando o seguinte critério:

- 1 – discordo completamente**
- 2 – discordo parcialmente**
- 3 – neutro ou sem opinião**
- 4 – concordo parcialmente**
- 5 – concordo completamente**

A) Eu conheço o jogo de interpretação de personagens (RPG).

1 2 3 4 5

B) O RPG não me estimula a ler mais sobre os temas das aulas.

1 2 3 4 5

C) O RPG não é uma metodologia adequada para se usar em sala de aula.

1 2 3 4 5

D) O RPG é eficaz no ensino de Biologia Celular.

1 2 3 4 5

E) O RPG é uma metodologia que complementa, mas não substitui, as aulas formais.

1 2 3 4 5

F) Eu aplicaria RPG educacional em uma sala de aula do ensino fundamental, médio ou superior.

1 2 3 4 5

G) Tenho facilidade para trabalhar em grupo.

1 2 3 4 5

H) Eu entendo como funciona o ciclo celular.

1 2 3 4 5

I) O controle do avanço do ciclo celular é dependente de eventos de fosforilação / desfosforilação e de síntese / degradação de proteínas.

1 2 3 4 5

J) Não seria possível acontecer a divisão celular sem a presença de microtúbulos.

1 2 3 4 5

L) O complexo romotor da anáfase (APC) atua fosforilando as ciclinas mitóticas, promovendo assim sua degradação.

1 2 3 4 5

M) Os eventos da prófase mitótica (condensação dos cromosomas, desagregação do envoltório nuclear) são desencadeados por eventos de desfosforilação.

1 2 3 4 5

N) Um excesso de danos no DNA pode levar uma célula à apoptose.

6. Entrevista semiestruturada: questões

1. Nome e formação.
2. Você já conhecia o RPG, ou já tinha ouvido falar desse jogo?
3. Você tem conhecimento de alguma experiência, além dessa, de aplicação de RPG na escola ou outras instituições educacionais?
 - a. Qual o público?
 - b. Quais os objetivos?
 - c. Quem aplicou?
 - d. Como foi a recepção por parte das pessoas da instituição?
4. O que você acha que o RPG tem a oferecer à educação?
5. Qual o papel do professor na criação/aplicação do RPG?
6. A participação nesse projeto foi importante, de alguma forma, para sua formação de educador? Como?
7. Quais são os limites para o uso do RPG na educação? Quando ele não deve ser usado?
8. Em sua opinião, quais seriam as vantagens e desvantagens do RPG em relação a uma aula formal/tradicional?
9. Conhece alguma publicação de RPG voltada para o uso em educação?

7. TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você, aluno da disciplina de Biologia Celular, está sendo convidado a participar de um estudo intitulado “Criação, aplicação e avaliação de material didático no ensino de Biologia Celular”. É através das pesquisas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.

- a) O objetivo desta pesquisa é avaliar a eficácia do uso de jogos no ensino de Biologia Celular.
- b) Caso você participe da pesquisa, será necessário participar das aulas onde os jogos serão aplicados, após prévio estudo dos temas abordados, além de responder a questionários ou outros indicadores que permitam avaliar o sucesso (ou não) do projeto.
- c) Como em qualquer pesquisa dessa natureza, você poderá estar sujeito ao desconforto de participar de atividades coletivas nas quais tenha que se expressar, verbalmente ou pela escrita. Se você for muito tímido ou introvertido, pode não participar das atividades.
- d) Os benefícios esperados são: melhora no aprendizado, através da construção ativa do conteúdo relacionado aos assuntos tratados.
- e) Os pesquisadores Marco Antonio Ferreira Randi, doutorando do programa de pós-graduação em Biologia Celular e Estrutural – e-mail: miriade65@gmail.com e Hernandes Faustino de Carvalho, orientador da pesquisa – e-mail: hern@unicamp.br são os responsáveis por essa pesquisa e poderão esclarecer eventuais dúvidas.
- f) Você também, se desejar, poderá optar por participar de aulas formais sobre os assuntos, ou estudar pelos livros fornecidos como bibliografia básica e complementar da disciplina.
- g) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária. Você tem a liberdade de se recusar a participar ou, se aceitar participar, retirar seu consentimento a qualquer momento.
- i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos professores/pesquisadores que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida.
- j) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não são da sua responsabilidade.
- k) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.
- l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim, se necessário, um código.

Eu, _____ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão. Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

(Assinatura do sujeito de pesquisa ou responsável legal)

Local e data

8. Mini aventura sobre divisão celular, produzida por alunos de licenciatura

Personagens

Centríolos
DNA
Fibras
Membrana Celular
Envoltório Nuclear

Objetivo

Multiplicar as células de *Espiralensis limpidus* para a despoluição dos rios Pinheiros e Tietê e acabar com o monopólio da Dominacqua.

História

2142, São Paulo, Brasil. O mundo beira o caos. No Brasil, a situação não é diferente: a cidade de São Paulo, com quase 30 milhões de habitantes, vive sob o domínio da empresa Dominacqua, liderada por seu presidente Jerkolino Pereira – o Matador do Ceará. Jerkolino nasceu no Ceará e resolveu, aos 23 anos de idade, abandonar a carreira de matador de aluguel e tentar a vida na cidade de São Paulo. Chegando à grande metrópole, ingressou na “UPT” (Universidade Para Todos), onde aprendeu, dentre outras coisas, conhecimentos fabulosos de química que lhe permitiram a produção de água pura em larga escala. Prevendo a total escassez, na cidade de São Paulo, de água com um mínimo de qualidade, ainda que para a utilização em privadas, Jerkolino Pereira fundou sua empresa. Dois anos após a fundação, detinha 100% do mercado hídrico da cidade: todo e qualquer cidadão que necessitava utilizar água com qualidade deveria pagar *royalties* à empresa. Jerkolino aproveitava-se para enriquecer, visto que todas as fontes de água da cidade encontravam-se poluídas a ponto de não ser possível a sua utilização para nada.

Cleytus Cassidy é um grande biólogo cuja especialidade é o desenvolvimento de leveduras geneticamente modificadas. Um de seus principais estudos, que lhe conferiu o Nobel deste ano, foi o desenvolvimento de uma levedura com genes de camarão, também conhecido como o “lixeiro do mar”. A levedura, batizada por Cleytus de *Espiralensis limpidus*, tem o poder de digerir todas as impurezas de águas poluídas, convertendo a sujeira em oxigênio, que é liberado para a água e para a atmosfera. Uma levedura de *Espiralensis* é capaz de despoluir 1 ml de água e seu tempo de vida médio é de 3 dias. Ou seja, antes de completar os 3 dias de vida, a levedura deve se multiplicar por mitose, dando origem a dois novos indivíduos que durarão 3 dias.

Inconformado com o monopólio da Dominacqua, Cleytus planeja um grande ataque a esta situação. Com a ajuda de colegas de trabalho irá despejar, nos rios Tietê e Pinheiros, pequenas frações de *Espiralensis limpidus*, para que se multipliquem, para assim conseguir a total despoluição dos rios. No entanto, graças a espiões, Jerkolino soube da invenção de Cleytus e conseguiu desenvolver uma droga, chamada de Jerkolchicina, que atua impedindo a formação das fibras do fuso e do áster durante a divisão mitótica das leveduras *Espiralensis*. Porém, o tempo para produção de tal droga é longo o que faz com que, se as leveduras conseguirem se multiplicar a tempo, os rios sejam despoluídos e o reinado de Jerkolino chegará ao fim.

Está em suas mãos o futuro da cidade de São Paulo e o fim do monopólio da Dominacqua!

Aqui, cabe ao mestre explicar aos alunos que, a partir de agora, eles representam as organelas e estruturas das leveduras *Espiralensis* envolvidas no processo mitótico, e as mesmas devem atuar de forma ordenada e sincronizada visando a reprodução das bactérias para a total despoluição dos rios Tietê e Pinheiros e o fim do monopólio da Dominacqua. O mestre também deverá assumir o papel de Jerkolino que, sempre que quiser, irá jogar nos rios a Jerkolchicina, responsável pela inibição da formação das fibras mitóticas.

Ação dos jogadores: Proporcionar as melhores condições para a ocorrência desejável da divisão celular das bactérias. Segue abaixo a sequência de jogadas que devem ser testadas pelos alunos.

Personagem	Habilidade	Observações
DNA	Duplicação	A duplicação acontece na fase S da intérfase. As moléculas de DNA são replicadas e mantidas unidas por uma região (centrômero) que aparecerá mais tarde.
Centríolos	Duplicação	Assim como o DNA, a duplicação dos centríolos ocorre na intérfase. Ao fim da duplicação haverá 4 centríolos, organizados em 2 pares.
DNA	Condensação	As moléculas de DNA iniciam sua condensação, caracterizando o início da prófase mitótica. Indivisão visual dos cromossomos.
Envoltório Nuclear	Desintegração	Irà permitir o contato dos cromossomos com o fuso mitótico.
Centríolos	Migração	Cada um dos pares de centríolo migra, em sentidos opostos, para uma das extremidades da célula.
Fibras	Formação das fibras do áster e do fuso	A formação do fuso mitótico é necessária para organizar os cromossomos. e posicionar corretamente os polos para onde estes migrarão posteriormente. Polimerização/despolimerização de microtúbulos.
Fibras	Ligação das fibras do fuso aos centrômeros de cada cromossomo	As fibras se ligam em uma região do centrômero chamada de cinetócoro, iniciando a metáfase.
DNA	Migração	Os cromossomos (DNA condensado com proteínas), dispostos na região equatorial da célula, caracterizam a metáfase.
DNA	Separação das cromátides irmãs	A região dos centrômeros se divide e as cromátides irmãs se separam, finalizando a metáfase e iniciando a anáfase.
Fibras	Encurtamento das fibras do fuso	O encurtamento das fibras acarreta na migração dos cromossomos em direção a um dos pares de centríolos no pólo da célula. Esta ação caracteriza a anáfase.

Envoltório Nuclear	Recomposição	Na telófase, ocorre a reconstituição dos envoltórios nuclear nas células filha.
DNA	Descondensação	Os cromossomos se desespiralizam, voltando a constituir a cromatina.
Fibras	Reorganização	Na telófase, as fibras do fuso e do áster desaparecem. Despolimerização de microtúbulos
Membrana Celular	Invaginação e separação das células filhas.	A invaginação da membrana celular (células animais) resultará na separação da célula mãe dando origem a duas novas células filha. É a citocinese.

...:: RPG – MITOSE ::...

Jogador(a): _____
Personagem: CENTRÍOLOS
Pontos a Distribuir: 16

HABILIDADES	PONTOS
Duplicação	
Migração	

...:: RPG – MITOSE ::...

Jogador(a): _____
Personagem: ENVOLTÓRIO NUCLEAR
Pontos a Distribuir: 16

HABILIDADES	PONTOS
Desintegração	
Recomposição	

...:: RPG – MITOSE ::...

Jogador(a): _____
Personagem: FIBRAS
Pontos a Distribuir: 32

HABILIDADES	PONTOS
Formação das fibras do áster e do fuso	
Ligação das fibras do fuso nos centrômeros de cada cromossomo	
Encurtamento das fibras do fuso	
Afinidade por Jerkolchicina	

...:: RPG – MITOSE ::...

Jogador(a): _____
Personagem: MEMBRANA CELULAR
Pontos a Distribuir: 8

HABILIDADES	PONTOS
Invaginação e Separação das células filhas	

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que o conteúdo de minha Tese de Doutorado intitulada "CRIAÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR":

() não se enquadra no § 3º do Artigo 1º da Informação CCPG 01/08, referente a bioética e biossegurança.

Tem autorização da(s) seguinte(s) Comissão(ões):

() CIBio - Comissão Interna de Biossegurança , projeto nº _____, Instituição: _____

() CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais , projeto nº _____, Instituição: _____

(X) CEP - Comissão de Ética em Pesquisa, protocolo nº CAAE-0520.1.146.000-07, Instituição: SISNEP – Sistema Nacional de Informação sobre Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos.

** Caso a Comissão seja externa ao IB/UNICAMP, anexar o comprovante de autorização dada ao trabalho. Se a autorização não tiver sido dada diretamente ao trabalho de tese ou dissertação, deverá ser anexado também um comprovante do vínculo do trabalho do aluno com o que constar no documento de autorização apresentado.*



Aluno: Marco Antonio Ferreira Randi

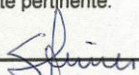


Orientador: Hermandes Faustino de Carvalho

Para uso da Comissão ou Comitê pertinente:

Deferido () Indeferido



Carimbo e assinatura


Prof. Dr. Carlos Eduardo Steiner
Presidente do
Comitê de Ética em Pesquisa
FCM/UNICAMP
Módulo 2885-6

Para uso da Comissão ou Comitê pertinente:

() Deferido () Indeferido

Carimbo e assinatura

 **Andamento do projeto - CAAE - 0520.1.146.000-07**

Título do Projeto de Pesquisa

Criação, aplicação e avaliação de material didático no ensino de Biologia Celular.

Situação	Data Inicial no CEP	Data Final no CEP	Data Inicial na CONEP	Data Final na CONEP
Aprovado no CEP	04/10/2007 16:13:27	23/11/2007 12:13:14		

Descrição	Data	Documento	Nº do Doc	Origem
1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet	24/09/2007 10:46:54	Folha de Rosto	FR158018	Pesquisador
2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List)	04/10/2007 16:13:27	Folha de Rosto	0520.1.146.000-07	CEP
3 - Protocolo Pendente no CEP	23/10/2007 15:21:17	Folha de Rosto	725/2007	CEP
4 - Protocolo Aprovado no CEP	23/11/2007 12:13:14	Folha de Rosto	725/2007	CEP

 **Voltar**