

“METABOLIC RIDE” a conceptual evaluation tool for metabolic biochemistry teaching for graduate and postgraduate students in biological sciences and related areas

“METABOLIC RIDE” uma ferramenta de avaliação conceitual para o ensino de bioquímica metabólica para os alunos de graduação em ciências biológicas e áreas correlatas

Henrique Hessel Gaeta^{1*}; Bruna Doimi Ortolan¹; Caroline Fabri Bittencourt Rodrigues¹; Caroline Ramos da Cruz Costa¹; Mariana Novo Belchor¹; Daniela de Oliveira Toyama²; Marcos Hikari Toyama¹.

¹ Biosciences Institute, São Paulo State University (UNESP), São Vicente, Brazil

² Castelo Branco University (UNICASTELO), São Paulo, Brazil

*e-mail: henriquehg@gmail.com

Abstract

Biochemistry as a discipline have a high degree of difficulty. Otherwise, application of creative games as teaching methodology has spread in various disciplines. “METABOLIC RIDE” board game is a conceptual and perceptual evaluation tool for biochemistry teaching, aiming to review concepts transmitted in classroom, promoting a competitive challenge to students without denying tools that are at their disposal, stimulating their skills such as their creativity. Further, it makes possible to correlate metabolic routes and their interconnections to establish that metabolic pathways are not separated, such as a railway map. In addition, this game proved to be an excellent tool for student’s complementary evaluation, which allowed to analyze the student’s perception and thus realize that when properly stimulated some groups could show a great productive and creative capacity. However, this game demonstrated to students new ways to approach complex subjects in biochemistry using creativity.

Keywords: Metabolic map; didactic game; metabolic integration

Resumo

A disciplina de bioquímica no geral é considerada de alto grau de dificuldade. Contudo, a aplicação de jogos lúdicos como metodologia de ensino vem se disseminando em várias disciplinas. “METABOLIC RIDE” é uma ferramenta de avaliação conceitual e de percepção para o ensino de bioquímica, visando rever conceitos difundidos em sala de aula, promovendo um desafio competitivo aos estudantes sem negar as ferramentas que estão a sua disposição, estimulando diversas aptidões dos mesmos, como a sua criatividade. Ainda, possibilita correlacionar a importância das rotas metabólicas e suas interligações a fim de sedimentar que os caminhos metabólicos não estão separados, como um mapa ferroviário. Ademais, este jogo se mostrou uma excelente ferramenta de avaliação complementar, mostrando que quando devidamente estimulados alguns grupos foram capazes de mostrar uma capacidade produtiva e criativa. Além disso, mostrou-se novas formas de abordar temas complexos em bioquímica com práticas lúdicas.

Palavras-chave: Mapa metabólico; jogo didático; integração metabólica.

Ficha da atividade

Título	“METABOLIC RIDE” a conceptual evaluation tool for metabolic biochemistry teaching for graduate and postgraduate students in biological sciences and related areas..
Categoria:	Prêmio Nacional de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular “Bayardo Baptista Torres”: Materiais didáticos ou Prática de Ensino
Tipo de Material/ atividade	Jogo
Público-alvo:	Alunos de graduação em ciências biológicas e para alunos de pós-graduação.
Conteúdos abordados	Metabolismo; Integração metabólica; Mapa metabólico; Funções e nomenclatura das principais enzimas do metabolismo; Estratégia; Administração de recurso; Interação social
Objetivos educacionais	Articular durante uma ou mais aulas, através de uma atividade interativa como um jogo de tabuleiro, a fixação e sedimentação do conteúdo de bioquímica metabólica, promovendo a discussão entre os grupos sobre quais rotas metabólicas são usadas durante as diferentes condições de um organismo; quais os tipos de enzimas usadas nas rotas; as interações de diferentes formas entre os principais produtos e subprodutos do metabolismo, bem como suas rotas de produção e degradação.
Duração estimada	Quatro horas
Materiais utilizados	Tabuleiro (impresso ou projetado), tickets de enzimas, cartas de objetivos, marcadores coloridos por grupo, papel, caneta, livros didáticos e internet.
Justificativa	A disciplina de Bioquímica é fundamental para a formação dos estudantes das áreas biológicas e da saúde. Porém, os conceitos abordados na disciplina são muitas vezes abstratos, o que acaba tornando uma matéria maçante, dificultando o seu entendimento pelos alunos, o que contribui para um alto percentual de reprovação. A bioquímica está inserida em um contexto multidisciplinar, que não é vivenciado e nem praticado na sala de aula. A ciência não é mais um conhecimento exclusivo do espaço escolar, pois a internet tornou a informação facilmente disponível. Portanto, os docentes, ao utilizarem ferramentas convencionais de aula não conseguem superar as expectativas dos alunos. O uso de jogos educacionais, portanto, pode ajudar a enriquecer o conhecimento aprendido, introduzindo um elemento lúdico e reavivando o entusiasmo entre os alunos pela disciplina. Assim, criamos este jogo de tabuleiro que foi inspirado no jogo Ticket Ride criado por Alan R. Moon, mas com conceitos de integração metabólica, sendo batizado de “METABOLIC RIDE”, que tem como finalidade relacionar de forma dinâmica os diferentes conhecimentos que cercam a integração metabólica e a fisiologia. Ademais, este jogo foi desenvolvido como uma ferramenta nova de avaliação e fixação, principalmente em relação a percepção dos alunos e docentes em relação ao andamento da disciplina, motivação dos alunos e as relações estabelecidas pelos alunos em sala de aula.

1 Introdução

A disciplina de Bioquímica é fundamental para a formação dos estudantes das áreas de biológicas e da saúde. Além de ser uma temática ampla, que envolve o conhecimento de assuntos complexos, muitas vezes abstratos e multidisciplinares, o que acaba tornando uma matéria maçante, dificultando o seu entendimento pelos alunos, o que contribui para um alto percentual de reprovação dentro da disciplina [1-3]. Hoje a bioquímica está inserida em um contexto multidisciplinar, mas que não é vivenciado e nem praticado de forma adequada dentro de uma sala de aula [4].

A ciência não é mais um conhecimento exclusivo do espaço escolar, nem de domínio exclusivo dos livros didáticos ou dos docentes que ministram estas aulas, a internet tornou a informação facilmente disponível e isso se reflete no ensino da bioquímica e de outras disciplinas como a biotecnologia. Portanto, os docentes ao utilizarem ferramentas convencionais de aula ou aulas práticas não conseguem superar as expectativas dos alunos que contam com uma gama extensa de ferramentas na internet [5-8].

As inovações tecnológicas vivenciadas hoje contribuem de forma determinante para que conceitos clássicos de multidisciplinaridade, interdisciplinaridade, relação aluno-professor e as relações entre os alunos mudaram muito. Ellington et al., 1981 [9], observou que os jogos educativos têm características vantajosas para uso na educação científica e reforçando fatos, princípios básicos e proporcionando uma compreensão do conhecimento que foi aprendido e aplicado em situações específicas. Subramaniam et al., 1999 [10] descreve que o uso de jogos educacionais podem ajudar a enriquecer o conhecimento aprendido, expondo os alunos a uma forma criativa de aprendizagem e introduzindo um elemento lúdico e recreativo e reavivando o entusiasmo entre os alunos pela disciplina. A maioria dos jogos difere de outras estratégias educacionais devido a sua natureza competitiva e o uso de configurações prescritas limitadas por regras e procedimentos [11-12].

As pesquisas em educação também têm demonstrado preocupação em discutir a necessidade de uma reforma educacional, com superação das práticas, do fazer docente e do conhecimento que hoje é disseminado nas instituições de ensino [13]. O perfil dos alunos modificou-se bastante com o acesso ao mundo propiciado pela internet, que se caracteriza pela intensa interação e comunicação com os colegas através de aplicativos diversos. Em decorrência disso, essa nova geração de alunos possui um novo estilo de aprendizagem [14]. Atualmente a prática docente tem forçado os docentes a adotarem

novas estratégias de aprendizagem e rever as estratégias de utilização de novos processos e habilidades para a prática docente de forma significativa [15].

Este jogo foi desenvolvido baseado em um famoso jogo de tabuleiro Ticket to Ride, que é um jogo de estratégia e tomada de decisões que mudam a cada turno. Os jogadores compram cartas de vários tipos de vagões, que devem ser usadas para reivindicar rotas de trens na América do Norte. O objetivo deste jogo é quanto maior a rota, mais pontos elas valem. Além disso, o jogador que construir a rota contínua mais longa, também ganhará pontos de bônus. As regras deste jogo são simples em cada turno cada jogador pode: comprar mais carta, reivindicando uma rota ou pegar bilhetes de Destino adicionais. A tensão deste jogo vem de ser forçado entre balancear a ganância, colocando mais cartas em sua mão, e o medo, perdendo uma via ou rota crítica para um rival. Assim, adaptamos o jogo *ticket to ride* para um aprendizado lúdico das principais rotas metabólicas e para o desenvolvimento da “Metabolic Ride”.

O jogo deve ser jogado em grupos de 5 a 6 alunos distribuídos em 6 a 8 grupos, compreendendo até quarenta alunos. Anteriormente haverá aulas teóricas, exercícios de fixação, seminários e discussões sobre as etapas metabólicas convencionais, onde serão abordados os estados metabólicos e fisiológicos que complementam e ilustram cada uma das rotas abordadas. A atividade foi elaborada para durar 4 horas se for previamente apresentado para os alunos as regras e o material disponibilizado com antecedência. Auxílio de monitores ou alunos de pós-graduação é recomendado. A disposição do tabuleiro é no centro com os grupos situados ao redor. Consultas a livros e resumos pelos grupos são incentivadas.

2 Apresentação do material ou prática de ensino

Regras do jogo:

Objetivos do jogo

Completar a rota metabólica corretamente de acordo com seu objetivo sorteado. Tentar fazer a rota de forma mais longa e contínua possível.

Início

Serão sorteados dois objetivos por grupo e os integrantes selecionarão um, os descartados voltarão à pilha dos objetivos. Será dado um estoque de 45 enzimas para cada grupo, que serão usadas para reivindicar as rotas. O grupo que iniciará será

sorteado, sendo os turnos realizados em sentido horário. Em seu turno, o grupo deverá escolher uma das ações abaixo:

Pegar tickets enzimáticos: o grupo pode pegar até dois cartões. Ele pode tomar qualquer uma das cartas do monte ou tirar uma carta das 5 reveladas. Se ele tirar um cartão virado para cima, ele imediatamente vira uma carta de substituição do baralho. Ele então pega o segundo cartão, a partir dos cartões virados para cima ou a partir do topo do baralho. Se o grupo pegar um cartão hormonal que estiver virado para cima não terá direito a segunda compra. Os cartões hormonais comprados da pilha do baralho contam como um cartão enzimático, então o grupo poderá adquirir outro cartão aberto ou da pilha de cartões.

Reivindique uma rota: O jogador pode reivindicar uma rota no tabuleiro jogando um conjunto de tickets de enzimas que correspondem a rota metabólica e então colocando uma de suas enzimas coloridas em cada espaço desta rota. Ele então anota sua pontuação (consulte Tabela de Pontos de Rota). O grupo começa o jogo com 45 enzimas, quando chegar a duas ou menos enzimas, deverá indicar que sua próxima jogada é a última.

Pegar objetivos: O grupo poderá pegar novos objetivos em sua jogada. Escolhendo essa ação, será retirado dois cartões da pilha de objetivos e poderá ser mantido mais um ou os dois. Os cartões devolvidos ficam no fundo do baralho. Se o objetivo não for atingido os pontos são descontados da pontuação somada ao fim do jogo.

Durante a jogada dos demais grupos os alunos deverão discutir entre eles quais as estratégias deverão ser tomadas até que chegue sua vez e não deverão levar mais que 40 segundos para tomar sua decisão. (É importante limitar o tempo da jogada, pois poderá aumentar muito o tempo total de jogo).

Tickets enzimáticos

Os cartões ou tickets enzimáticos são divididos em 6 classes de enzimas e mais dois hormônios, sendo os hormônios coringas (podendo funcionar como substituto de uma enzima) desde que se obedeça ao metabolismo.

Os hormônios são:

Insulina e Glucagon.

As classes de enzimas são:

- Oxidorredutases • Catalisam reações de oxirredução

Exemplos:

- Lactato - piruvato (lactato desidrogenase)
- Etanol -Acetaldeído (Álcool desidrogenase)
- Transferases • Catalisam a transferência de grupos contendo C, N ou P

Exemplos:

- Serina – glicina (serina-hidroximetil-transferase)
- Glicose – Glicose-6-fosfato (glicoquinase)
- Hidrolases • Catalisam a quebra de ligações com adição de água

Exemplos:

- Quebra da uréia (Urease)
- Sacarose – Frutose + Glicose (Sacarase)
- Liases • Adição/remoção de grupos contendo duplas ligações

Exemplos:

- Piruvato – Acetaldeído (Piruvato-descarboxilase)
 - Fumarato- malato (Fumarase)
 - Isomerasas • Catalisam a racemização de isômeros
- Exemplos:
- Glicose-6-Fosfato – Frutose-6-fosfato (fosfoglicoisomerase)
 - Ligases • Catalisam a formação de ligações entre C e O,S, N, acoplada à hidrólise de fosfatos de alta energia • Gasto ATP

Exemplos:

- Piruvato – Oxalacetato (Piruvato-carboxilase)

Reivindicando rotas

Para reivindicar rotas metabólicas, o grupo precisará ter os tickets enzimáticos correspondentes àquela rota. Os hormônios podem substituir uma enzima DESDE QUE se obedeça ao metabolismo. Os ciclos são contados como uma única via e devem ser preenchidos em uma única jogada.

Exemplo: Minha rota necessita de duas isomerasas e uma ligase. É necessário meu grupo possuir os três tíquetes enzimáticos para reivindicá-la.

Em uma via glicolítica, eu posso substituir uma enzima pela insulina, por exemplo.

Então, o grupo coloca sobre o tabuleiro a quantidade de enzimas relativas à via reivindicada, retirando de sua reserva de enzimas, se essa for a primeira jogada (45 - 3) ficando com 42 enzimas.

Caso algum grupo tenha que usar uma rota já conquistada para completar seu objetivo, metade dos pontos arredondado para baixo daquela rota será dado ao grupo que primeiro a reivindicou.

Pontuação

Toda vez que um grupo reivindica uma rota ele adquire pontos que devem ser marcados de acordo com a tabela:

Tamanho da rota	Pontos marcados
1 ●	1
2 ●●	2
3 ●●●	4
4 ●●●●	7
5 ●●●●●	10
6 ●●●●●●	15
7 ●●●●●●●	20

Consultas aos monitores

As consultas e dúvidas podem ser feitas a qualquer momento do jogo e serão pagas com um ticket de enzima ou hormônio.

Trocas e interações entre os grupos

Os grupos poderão trocar enzimas entre si a qualquer momento, mas apenas com os grupos adjacentes ao seu, e desde que não seja a vez de jogar de nenhum dos grupos envolvidos.

Final do jogo

Quando o estoque de enzimas de um dos grupos ficar com 2 enzimas ou menos, os demais grupos terão uma última rodada e haverá a finalização. Os grupos com as maiores rotas ligadas ganharão pontuação extra.

Maior para menor rota	Pontos marcados
1º Colocado	+10
2º Colocado	+6
3º Colocado	+4

O grupo que não completar os objetivos sorteados perderá o número de pontos correspondente aquele objetivo.

O grupo que somar o maior número de pontos totais ganha.

Pode ser realizada uma classificação dos grupos de acordo com os pontos

somados e atribuir um conceito para atividade de acordo com a colocação dos grupos a fim de estimular a competição.

<p>Objetivo 1</p> <p>Sou uma pessoa com uma dieta com excesso de carboidratos, que não são totalmente utilizados para meu gasto energético. Domine a rota desse processo.</p> <p>PONTOS: 15</p> <p>BIOMOLPEP</p>	<p>Objetivo 2</p> <p>Possuo diabetes <u>mielito</u> tipo 1 não controlada e preciso de energia direcionada ao cérebro. Obtenha a via utilizada para minha sobrevivência.</p> <p>PONTOS: 8</p> <p>BIOMOLPEP</p>	<p>Objetivo 3</p> <p>Domine a rota <u>glicolítica</u> de uma pessoa em atividade física de alta intensidade.</p> <p>PONTOS: 7</p> <p>BIOMOLPEP</p>	<p>Objetivo 4</p> <p>Estive em jejum prolongado, com baixa reserva energética e sem estoque de glicogênio. Domine a via metabólica para produção de energia nessas condições.</p> <p>PONTOS: 13</p> <p>BIOMOLPEP</p>
<p>Objetivo 5</p> <p>Tenho uma dieta com alta taxa proteica, conquiste as rotas de energia ao cérebro, sabendo que ele só utiliza glicose como fonte de energia.</p> <p>PONTOS: 7</p> <p>BIOMOLPEP</p>	<p>Objetivo 6</p> <p>Minha dieta é exclusiva de proteínas com o aminoácido histidina. Domine essa rota e garanta minha sobrevivência.</p> <p>PONTOS: 6</p> <p>BIOMOLPEP</p>	<p>Objetivo 7</p> <p>Meu organismo necessita de nucleotídeos <u>púricos</u>. Chegue em sua síntese.</p> <p>PONTOS: 5</p> <p>BIOMOLPEP</p>	<p>Objetivo 8</p> <p>Meu organismo necessita de nucleotídeos pirimídicos. Domine a rota para sua síntese.</p> <p>PONTOS: 5</p> <p>BIOMOLPEP</p>

Figura 1. Estas são cartas objetivos, devem ser sorteados no início do jogo pelos grupos, cada qual sorteia três cartas e escolhe somente um. Estes objetivos não devem ser revelados aos demais grupos evitando revelar sua estratégia.

<u>Oxidoreductases</u>	<u>Oxidoreductases</u>	<u>Oxidoreductases</u>	<u>Oxidoreductases</u>	<u>Oxidoreductases</u>	<u>Oxidoreductases</u>
<u>Transferases</u>	<u>Transferases</u>	<u>Transferases</u>	<u>Transferases</u>	<u>Transferases</u>	<u>Transferases</u>
<u>Hydrolases</u>	<u>Hydrolases</u>	<u>Hydrolases</u>	<u>Hydrolases</u>	<u>Hydrolases</u>	<u>Hydrolases</u>
<u>Liasases</u>	<u>Liasases</u>	<u>Liasases</u>	<u>Liasases</u>	<u>Liasases</u>	<u>Liasases</u>
<u>Isomerases</u>	<u>Isomerases</u>	<u>Isomerases</u>	<u>Isomerases</u>	<u>Isomerases</u>	<u>Isomerases</u>
<u>Ligases</u>	<u>Ligases</u>	<u>Ligases</u>	<u>Ligases</u>	<u>Ligases</u>	<u>Ligases</u>

Figura 2. Cartas de cartões ou tickets enzimáticos, estes devem ser comprados por todos os grupos a cada rodada. Estas cartas são usados para conquistar as rotas metabólicas, usando o tipo de enzima correto para cada rota.

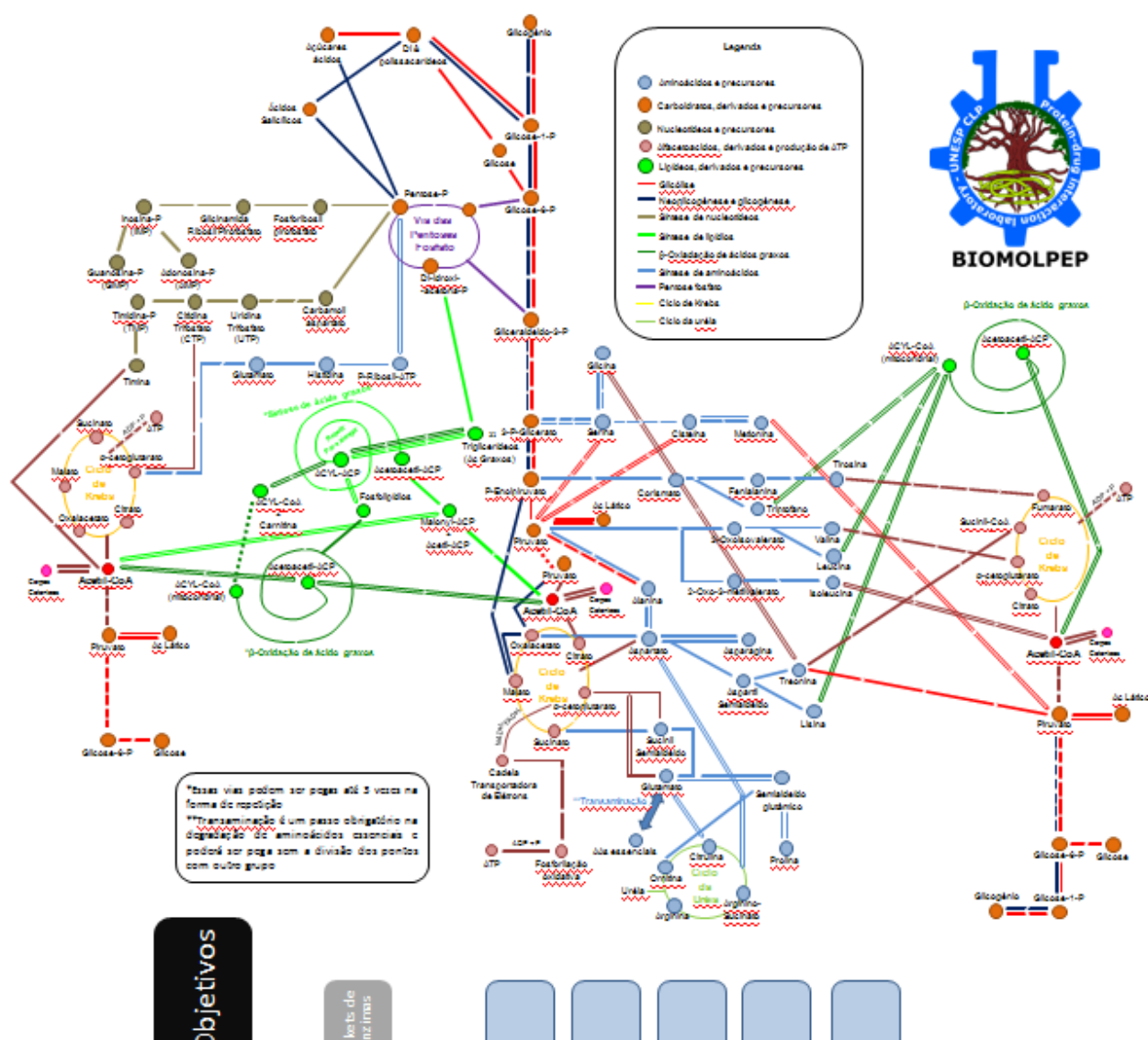


Figura 3. Figura 3. Parte do tabuleiro do jogo. Este foi formulado para se assemelhar ao de uma rede de transporte público. Os grupos deverão conquistar rotas referentes aos objetivos sorteados usando os tickets enzimáticos das enzimas corretos a cada rota, para isso os alunos poderão consultar livros didáticos e resumos.

3 Potencial Educacional

O jogo de tabuleiro "METABOLIC RIDE" é uma ferramenta de avaliação conceitual e de percepção para o ensino de bioquímica metabólica para os alunos de graduação em ciências biológicas e áreas correlatas, apresenta promissoras vantagens na sua utilização em sala de aula por ser uma ferramenta de ensino lúdica de fácil confecção, e o seu conteúdo de fácil adaptação e de baixo custo.

4 Diferencial com os materiais/ atividade pré-existent

É um jogo que envolve vários conceitos de jogos de tabuleiros e estratégia, que conta com a participação de vários jogadores sobre o mesmo tabuleiro e que tentam

ganhar o jogo utilizando estratégias que incluem a conquista de rotas metabólicas e o uso tático de jogadas de bloqueio. Essas táticas podem prejudicar outros grupos que em alguns casos são forçados a mudar de rota. O uso de ações estratégicas é fundamental neste tipo de jogo em que o raciocínio lógico pode dar reviravoltas bruscas no desenrolar do jogo.

5 Procedimentos de uso ou aplicação

O tabuleiro pode ser impresso ou visualizado na sala de aula usando o um visualizador de PDF e as cartas devem ser previamente impressas e recortadas. O mapa poderá ser impresso e assim 45 bolinhas coloridas (uma cor para cada grupo) deverão ser recortadas e coladas, conforme os grupos reivindicam rotas. Durante o jogos os alunos são encorajados a usarem livros didáticos e internet, afim de achar as enzimas usadas para reivindicar as rotas. O jogo não é de aplicação imediata, exige dos docentes, discentes de monitores uma semana de preparos e estudo das enzimas usadas nas rotas do mapa metabólico.

5.1 Materiais/ procedimentos

Material	Descrição	Tipo do arquivo
Tabuleiro	Tabuleiro do jogo, que consiste nas vias metabólicas a serem alcançadas, bem como legendas e locais para disposição das rotas conquistadas. Deve ser impresso em poster ou dividido em partes para ser impresso e montado ou projetado com retroprojetor	Tabuleiro.pdf
Tickets enzimáticos	Cartas que serão trocadas pela via a ser completada de acordo com a composição das mesmas. São compostas pelas seis classes de enzimas. Seu coringa é representado pelos hormônios insulina e glucagon. Deverão ser impressas e cortadas	Cartas.pdf
Objetivos	Cartas que possuem os objetivos a serem alcançados no decorrer do jogo. Os jogadores podem usar diversas estratégias e vias para alcança-lo. Deverão ser impressas e recortadas.	Cartas.pdf

6 Considerações finais

O jogo de tabuleiro "Metabolic ride" é uma ferramenta proeminente no ensino de bioquímica metabólica, sobretudo por sua fácil replicação e aplicação, bem como sua dinâmica, que apresenta o metabolismo com sua total integração, correlacionando o que ocorre nos organismos com estações de trem. Em razão de seu caráter lúdico, os alunos

quando envolvidos na atividade, conseguiram alcançar a abordagem holística que a integração metabólica pede, sem encararem as vias como apenas nomes a decorar.

Referências

- [1] Martins, L.D. and Neto, L.S. 2015 Ensino de Bioquímica e Formação Docente: Proposta de Projetos Voltados para o Ensino Básico, Desenvolvidos por Estudantes de Licenciatura. *Química Nova Esc.* 38(3), 224-229.
- [2] Escoto, D.F., Rocha, R.A., Ramborger, B.P., Etcheverria, K.W.M., Cavalheiro, K.M. Roehrs, R. and Denandin, E.L.G. 2015. Biochemistry in the idea of graduation students. 44th Annual Meeting of the Brazilian Society for Biochemistry and Molecular Biology Foz do Iguaçu, PR, Brazil, August 24th to 28th, 2015
- [3] Pinheiro, T.D., da Silva, J.A., de Souza, P.R., Nascimento, M.M. e de Oliveira, H.D. 2009. Ensino de Bioquímica para acadêmicos de Fisioterapia: visão e avaliação do discente. *Revista de Ensino de Bioquímica* 7(1), 25-35.
- [4] Schmidt, D.B., Heggendorn, L.H., Pereira, H.S., Vieira, V. e Aguiar-Alves, F. 2014. Mapas Conceituais no Ensino de Bioquímica, uma integração entre os conceitos científicos. *Revista de Ensino de Bioquímica* 12(2), 7-23.
- [5] Moran, J. 2001. Novos desafios na educação: a internet na educação presencial e virtual. In *Saberes e Linguagens de educação e comunicação*. Tânia Maria E. Porto, editora da UFPel, Pelotas, 2001, páginas 19-44.
- [6] Yokaichiya, D.K., Galembeck, E. and Torres, E.B. 2004. Adapting a Biochemistry Course to Distance Education. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 32(1), 27-29.
- [7] Michael D, Chen S. *Serious Games: Games That Educate, Train and Inform*. Boston: Thomson Course Technology; 2006.
- [8] Lima, R.M. and Fernandes, K.V.S. 2012. Guidelines for Educational Research in Biochemistry on Internet Sites. XLI Reunião Annual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular – SBBq Foz de Iguaçu 19-22 de maio de 2012.
- [9] Ellington H, Addinall E, Percival F. *Games and Simulations in Science Education*. New York: Nichols; 1981.
- [10] Subramaniam R, Khang GN, Sai CL. Word Juxtapoz—an innovative tool for promoting interest in biological education. *J Biol Educ.* 1999;33:103–104.
- [11] Allery LA. 2004. Educational games and structured experiences. *Medical Teacher* 26(6):504-505.
- [12] Silva, C.L., Silva, R.C.L., Santos, J.S. and Souza, E.V.M. 2012. Use of educational games for the Teaching of Biochemistry and Molecular Biology in High School. 4 th International Symposium in Biochemistry of Macromolecules and Biotechnology Recife – PE, 5 a 7 de dezembro de 2012.
- [13] Campos, M.C.R.M. and Macedo, L. 2011. Desenvolvimento da função mediadora do professor em oficinas de jogos. *Revista semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional* 15(2), 211-220.
- [14] Mattar, J. 2010. *Games em educação: como os nativos digitais aprendem*. São Paulo: Pearson Prentice Hall; 2010, p 81.
- [15] Levy P. *Cibercultura*. Rio de Janeiro. Ed 34, 1999.
- [16] Habold, M.S. and Matos, S.S. 2010. Formação continuada: o processo de incorporação das novas tecnologias de informação e comunicação no trabalho do professor universitário e desafios para o professor na sociedade da informação. *Ver. Diálogo Educ.* 10(30), 317-333.

Apêndices

Imagens da aplicação do jogo em disciplina da graduação em ciências biológicas:



Figura 4. Primeiras rodadas do jogo, os grupos situados ao redor e o tabuleiro no meio.



Figura 5. Na foto acima podemos ver um grupo conquistando uma rota metabólica.

“METABOLIC RIDE” uma ferramenta de avaliação conceitual para o ensino de bioquímica metabólica para os alunos de graduação em ciências biológicas e áreas correlatas

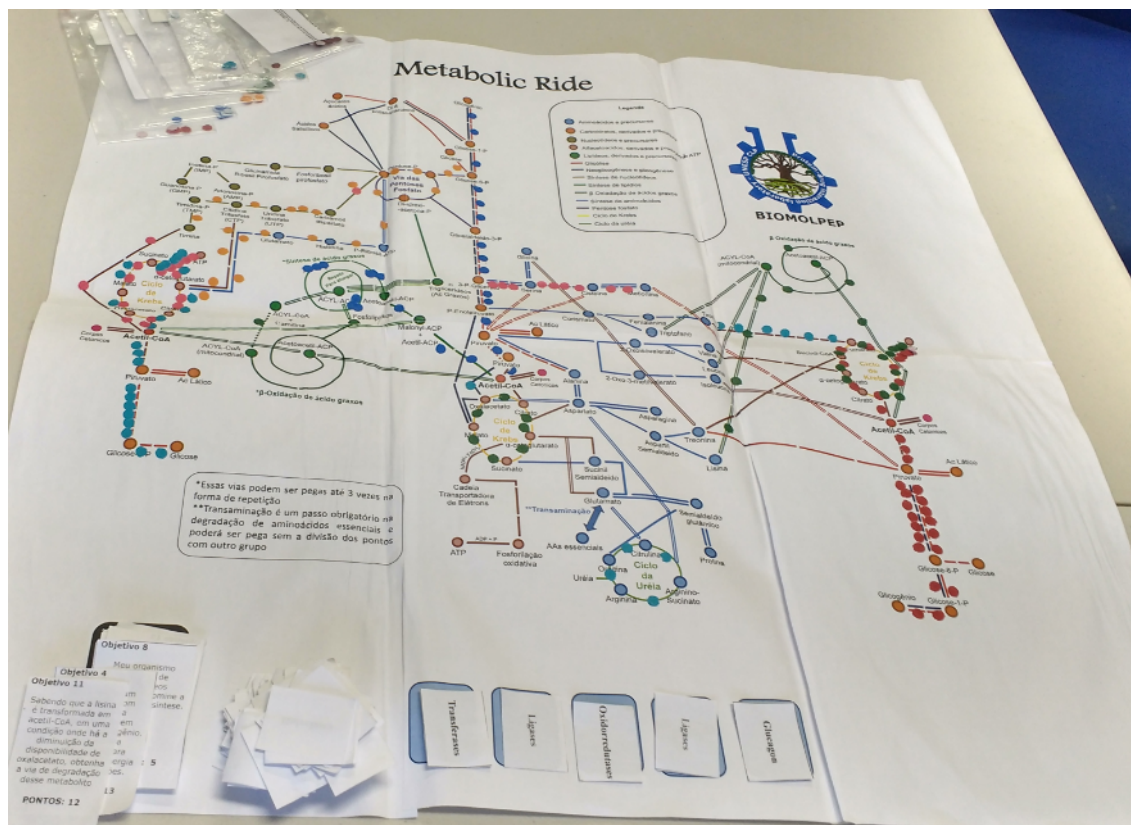


Figura 6. Tabuleiro ao fim do jogo com as rotas já conquistadas (bolinhas coloridas). Cada grupo recebeu círculos de uma cor (representando as enzimas) os quais deveriam ser colados no mapa conforme os alunos conquistavam rotas usando os tickets enzimáticos.