



***Bioquim^{4x}*: um jogo didático para rever conceitos de bioquímica**

Bioquim^{4x}: an educational game to review biochemistry concepts

Laura Farkuh^{1*}, Catarina Pereira-Leite^{1,2*}

¹ Departamento de Bioquímica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Brasil.

² Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Portugal.

Agência de fomento: CNPq

*Os dois autores contribuíram da mesma forma.

*e-mail: laura@iq.usp.br

Resumo

A disciplina de Bioquímica é definida pelos estudantes como uma disciplina de grau de dificuldade elevado. Por isso, diversas metodologias alternativas de ensino têm sido desenvolvidas na tentativa de ultrapassar a dificuldade dos estudantes perante a disciplina. Entre estas metodologias encontram-se os jogos didáticos, que permitem um equilíbrio entre uma atividade lúdica e a melhoria da aprendizagem e interesse dos alunos pela disciplina. O jogo *Bioquim^{4x}* é uma proposta alternativa para o ensino de Bioquímica, que visa rever os conceitos transmitidos em sala de aula, estimulando diversas aptidões dos estudantes, como a sua criatividade, e possibilita ainda correlacionar a Bioquímica com eventos diários. A aplicação deste jogo a estudantes de Bioquímica demonstrou o seu potencial como uma atividade didática e lúdica à disposição de estudantes e docentes.

Palavras-chave: Bioquímica, jogo didático, revisão

Abstract

Biochemistry is usually characterized by students as a difficult subject. Therefore, several educational approaches have been developed in order to overcome students difficulties. Among these methodologies are the educational games that allow a balance between playing and the improvement of learning and students interest. The game *Bioquim^{4x}* is an alternative proposal for teaching Biochemistry. The objectives of this game are to review concepts transmitted in classroom, to stimulate various skills of students, such as their creativity, and to correlate Biochemistry with daily events. The game was tested with Biochemistry students and the results highlighted its potential as an educational and ludic activity available for students and teachers.

Keywords: Biochemistry, educational game, review

Ficha da atividade desenvolvida

Título: *Bioquim^{4x}*: um jogo didático para rever conceitos de bioquímica

Público alvo: Estudantes de graduação frequentando uma disciplina de Bioquímica

Disciplinas relacionadas: Bioquímica

Objetivos educacionais: Rever e fixar conceitos de Bioquímica, estimular a criatividade, espírito de grupo e habilidades pessoais dos estudantes e, ainda, relacionar o conteúdo abordado em sala com eventos cotidianos.

Justificativa de uso: Utilização de um método auxiliar de ensino com carácter lúdico para cativar o interesse dos alunos pela disciplina e rever conteúdos utilizando uma linguagem diferente da utilizada durante a aprendizagem.

Conteúdos trabalhados: Sistemas tampão, estrutura de proteínas, carboidratos e lipídios, enzimas e metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios.



1 Introdução

A Bioquímica é uma disciplina presente em diferentes cursos da graduação, que aborda conceitos relacionados à micro e macromoléculas e reações químicas que ocorrem em nosso organismo. Apesar dos esforços para que a Bioquímica seja apresentada de forma coerente e organizada, ela é definida pelos estudantes como uma disciplina complexa, apresentando uma coleção de estruturas químicas e difícil de ser assimilada [1-3]. Assim como em outras disciplinas da graduação, parte das dificuldades encontradas quanto ao ensino da Bioquímica se deve ao grande volume de informações frente à reduzida carga horária, refletida também nas ferramentas passíveis de serem utilizadas pelos docentes para abordar ou revisar o conteúdo abordado ao longo da disciplina [4]. Adicionalmente, alguns autores discutem que a inserção da disciplina de Bioquímica no módulo básico dificilmente leva a uma aprendizagem satisfatória por parte dos alunos, em função de sua imaturidade para perceber assuntos de interesse futuro e reconhecer pontos em comum com outras disciplinas [5].

Em sala de aula, os docentes encontram dificuldades em adequar-se às necessidades de cada aluno, devido ao pouco tempo de convivência com o mesmo e à heterogeneidade da turma, uma vez que cada aluno possui características individuais que resultam em um ritmo de aprendizagem e grau de dificuldade diferentes [6]. Desta forma, métodos auxiliares de ensino apresentam-se como alternativas para tentar minimizar estes problemas.

Para tornar o ensino e o aprendizado de Bioquímica mais atraente, diferentes metodologias têm sido estudadas, vinculando a disciplina ao cotidiano e interesses de cada perfil profissional [7]. Segundo Miquelin e colaboradores, essas metodologias são capazes de potencializar a comunicação e promover a junção da reflexão e da ação no processo educacional [8, 9]. Tendo em vista essa preocupação, professores e pesquisadores são estimulados a recorrer ao uso de estratégias diversificadas, utilizando vários recursos modernos [10, 11]. Essas estratégias podem incluir atividades em grupo, trabalhos de pesquisa ou o uso de jogos e softwares para atrair a atenção dos alunos e ajudá-los a perceber que os conhecimentos em uma determinada área estão presentes em sua vida cotidiana.

O uso de jogos didáticos como estratégia de ensino permite, entre outras vantagens, uma maior integração entre os estudantes, estimulando sua autoestima e



mostrando que o aluno é capaz de criar instrumentos para o seu próprio aprendizado [12, 13]. Através da atividade lúdica o educador também tem a oportunidade de conhecer melhor o grupo de estudantes com quem trabalha, o que pode ser fundamental para incentivar o aprendizado por parte dos alunos [14, 15]. O ponto de partida para a utilização e aplicação de um jogo didático deve ser a definição de seus objetivos de acordo com a intenção pedagógica do educador [16].

O jogo Bioquim^{4x} foi criado com a intenção de ser uma alternativa didática e dinâmica, procurando ultrapassar dificuldades encontradas no ensino da Bioquímica e trabalhar competências pessoais dos alunos. Essa atividade propõe-se a auxiliar na revisão e fixação de conceitos abordados em sala, despertar a criatividade e interesse do aluno pela disciplina, estimular o espírito de grupo e correlacionar conceitos da disciplina com situações cotidianas. Bioquim^{4x} é uma atividade que mescla jogo de tabuleiro com cartas, onde os participantes executam tarefas estipuladas nas cartas de forma a avançarem no tabuleiro para vencer o jogo. As tarefas determinadas nos cartões são de quatro modalidades distintas: Desenho, Equação incompleta, Palavras proibidas e Pergunta. A consulta a livros de Bioquímica é permitida ao longo do jogo, facilitando o acesso do aluno às informações requeridas. Estes fatores possibilitam abranger os conteúdos estudados de diferentes formas e pontos de vistas, além de explorar diversas habilidades e aptidões dos estudantes, não favorecendo apenas aquele que memoriza a matéria ou tem mais facilidade de aprendizado.

2 Preparo e aplicação

2.1 Material

O jogo é composto por um tabuleiro, 6 peões coloridos, 6 conjuntos de 4 ícones de modalidade e 36 cartões de questões (disponibilizados no Apêndice). A impressão colorida destes materiais, recorte e, se possível, colagem em papel cartão é aconselhável para a aplicação do jogo. Além destes materiais são necessários cronômetro, dado, lousa e giz.



2.2 Objetivo

O objetivo do jogo é ser o primeiro grupo a chegar na casa “Bioquim^{4x}”. Para isso, os jogadores terão que se empenhar em solucionar tarefas das 4 modalidades corretamente, de tal forma que possam avançar no tabuleiro, que se estrutura como trilha.

2.3 Preparo

Os participantes, de 6 a 30, deverão se dividir em grupos de 3 a 5 pessoas e cada um dos grupos deve escolher um peão. Para saber qual grupo será o primeiro a jogar, o dado deve ser sorteado; o grupo que tirar maior número será escolhido para dar início ao jogo.

Os cartões de questões estão divididos em 3 grupos: sistemas tampão, aminoácidos, proteínas e enzimas (identificados por uma barra verde); carboidratos: estrutura e metabolismo (identificados por uma barra vermelha); lipídios: estrutura e metabolismo e metabolismo de proteínas (identificados por uma barra azul). É possível jogar usando apenas um grupo de cartas ou mais, dependendo dos conteúdos que se deseja abordar. As cartas que farão parte do jogo devem ser embaralhadas e os peões devem ser colocados na casa “início”.





Cada grupo deve ter em sua posse pelo menos um livro de Bioquímica, o qual poderá consultar sem restrições durante todo o jogo.

2.4 Regras

i. O primeiro grupo a jogar deve lançar o dado para avançar no tabuleiro. O número sorteado no dado corresponderá ao número de casas que o peão do grupo andará em direção à casa “Bioquim^{4x}”. O símbolo da casa onde o peão ficou indica a modalidade de tarefa que deve ser cumprida (Tabela 1).

ii. O grupo deve selecionar um representante de sua equipe para retirar um cartão e executar a tarefa. Cada cartão contém 4 atividades, uma referente a cada modalidade de tarefa. Na Tabela 1 se encontram as regras de cada modalidade e os respectivos símbolos que as identificam. Os restantes elementos do grupo devem chegar à resposta sugerida no cartão (indicada pela letra R) em até 1 minuto. Durante este tempo, o grupo poderá dar diversos palpites, exceto na modalidade Pergunta em que o grupo deve encontrar uma única resposta a ser transmitida ao representante.

Tabela 1. Regras das modalidades de tarefa e respectivos símbolos.

Símbolo	Modalidade
	Desenho O representante deve desenhar na lousa com o giz fornecido. Não é permitido ao representante escrever palavras, falar, gesticular ou reproduzir qualquer fórmula estrutural. O grupo terá que identificar, por exemplo, o nome da biomolécula em causa.
	Equação incompleta O representante deve escrever na lousa a equação incompleta representada no cartão. Não é permitido ao representante falar ou gesticular e nem completar a equação. O grupo terá que identificar, por exemplo, a via metabólica a que esta se refere ou a enzima que catalisa tal reação.
	Palavras proibidas O representante deve, através da fala, induzir o seu grupo a adivinhar a resposta correta, sem utilizar nenhuma das palavras proibidas, indicadas pelo símbolo '⊘' no cartão. Não é permitido utilizar palavras da família das que se encontram na carta, desenhar ou gesticular.
	Pergunta O representante deve ler a pergunta do cartão. Não é permitido fornecer informações adicionais, gesticular ou desenhar. O grupo deve chegar a uma única resposta a ser transmitida ao representante.

iii. No caso de o grupo:

iii.i. Acertar a resposta dentro do tempo estabelecido, esse mesmo grupo pode lançar o dado novamente, repetindo os passos 1 e 2, mas no máximo de 2 vezes consecutivas. Ao fim da segunda jogada consecutiva, o dado passa para o grupo que se encontra à esquerda, que começa então a jogar. Na primeira vez que um grupo acerta a resposta de uma modalidade de tarefa deve receber um ícone referente àquela modalidade.

iii.ii. Errar a resposta ou o tempo se esgotar, os grupos restantes podem-se candidatar a responder a mesma tarefa não cumprida pelo grupo anterior, ao levantar a mão. O primeiro grupo a demonstrar a vontade de jogar terá então a palavra, podendo apresentar uma única resposta: se estiver correta, esse grupo avança 2 casas no tabuleiro; se estiver errada, esse grupo recua uma casa no tabuleiro. Independentemente de algum grupo se candidatar a responder, o grupo seguinte a lançar o dado para dar continuidade ao jogo é o grupo que se encontra à esquerda do grupo que o lançou anteriormente.

iv. O jogo continua pela repetição dos passos 1, 2 e 3 até que o peão de algum

grupo atinja a casa “*Bioquim^{4x}*”. No caso do grupo:

iv.i Ter recebido um ícone de cada modalidade de tarefa, o vencedor do jogo é encontrado e o jogo termina.

iv.ii. Não ter recebido algum(ns) dos 4 ícones de modalidade de tarefa, o grupo deve lançar o dado para recuar no tabuleiro, até acertar a(s) modalidade(s) em falta, para então voltar a avançar no tabuleiro e tentar vencer o jogo. Durante tal recuo, todas as regras descritas nos pontos 1, 2 e 3 se mantêm válidas, mudando apenas o sentido de avanço no tabuleiro.

3 Avaliação e discussão

O jogo *Bioquim^{4x}* foi aplicado a cerca de 50 alunos que frequentavam a disciplina Bioquímica: estrutura de biomoléculas e metabolismo, lecionada no primeiro ano do curso Farmácia-Bioquímica, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Para a sua aplicação foram fornecidos os materiais necessários e as regras do jogo. A avaliação do jogo consistiu no preenchimento voluntário e anônimo pelos alunos (n=17) de um questionário na escala de Likert (Tabela 1) no fim da atividade.

Tabela 1. Questionário desenvolvido para avaliação.

Muito obrigada por ter jogado *Bioquim^{4x}*. Por favor, respondam ao questionário, selecionando para cada pergunta um valor de 1 (completamente não) a 5 (completamente sim).

	1	2	3	4	5
Este jogo contribui para o seu aprendizado em bioquímica?					
Você indicaria este jogo a algum colega?					
Você achou o jogo dinâmico?					
Você achou o jogo difícil?					
Sugestões:					

A grande maioria dos alunos considerou que o jogo contribuiu para o seu aprendizado em bioquímica, que indicariam o jogo a um colega, que o jogo era dinâmico e que apresentava certa dificuldade (Figura 1). Além disso, as sugestões apresentadas pelos estudantes foram consideradas, levando à alteração de algumas regras utilizadas inicialmente e contribuindo grandemente para a melhoria da aplicabilidade do jogo. O nível de satisfação dos alunos também foi evidenciado por algumas opiniões orais, que realçavam tanto o aspecto lúdico do jogo, como o seu potencial de aplicação antes das provas, já que permite rever conteúdos e reduzir a ansiedade.

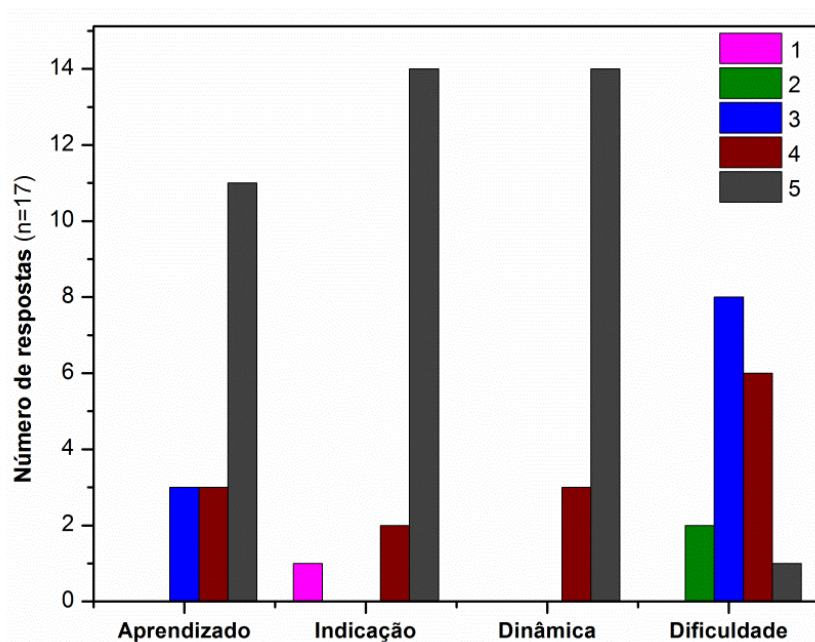


Figura 1. Resultado do questionário.

No decorrer do jogo, diversos alunos demonstraram criatividade nas modalidades de *Desenho* e *Palavras proibidas*, levando o seu grupo a chegar à resposta correta, por exemplo, pela correlação de conceitos bioquímicos com conceitos utilizados no dia-a-dia. Por outro lado, a modalidade *Pergunta*, que aborda, por exemplo, a base bioquímica de doenças, do exercício físico e das propriedades dos alimentos, suscitou curiosidade aos estudantes, por se darem conta que a Bioquímica permite o melhor entendimento de situações cotidianas.

Outro aspecto a ressaltar foi a manutenção do interesse e entusiasmo dos estudantes ao longo de todo o jogo, o que provavelmente se deveu à sua dinâmica e à variedade de modalidades e de questões. Considerando o *feedback* dos estudantes e as observações efetuadas durante a aplicação do jogo, considera-se que *Bioquim^{4x}* permitiu incentivar a criatividade dos estudantes, rever conceitos e contextualizar a bioquímica no cotidiano, tal como proposto inicialmente.

4 Conclusões

Os resultados obtidos pela aplicação do jogo *Bioquim^{4x}* evidenciaram seu potencial como uma atividade didática e lúdica disponível aos docentes e estudantes de Bioquímica. Este jogo foi idealizado para rever os conceitos adquiridos ao longo de uma

disciplina de Bioquímica, tendo como vantagem a utilização de uma linguagem diferente da usada ao longo da aprendizagem, o que pode favorecer uma melhor apreensão dos conteúdos. Adicionalmente, *Bioquim^{4x}* estimulou o desenvolvimento de competências para encontrar caminhos alternativos de raciocínio para a resolução de problemas e tarefas.

Apesar de ter sido aplicado a alunos de graduação do Curso Farmácia-Bioquímica, o jogo *Bioquim^{4x}* poderá ser usado, como metodologia alternativa de ensino, durante qualquer disciplina de Bioquímica para a graduação. A aplicabilidade do jogo é facilitada pela sua estrutura física simples, o que permite o seu uso no mesmo espaço onde são ministradas as aulas. *Bioquim^{4x}* pode ser ainda aplicado em diferentes momentos da disciplina já que é possível selecionar os conteúdos a abordar. Além disso, as 144 questões apresentadas neste jogo podem ser usadas noutros contextos, podendo ser facilmente ajustadas para melhor se adaptarem aos conteúdos abordados e ao público-alvo.

Referências

- [1] Beckhauser PF, Almeida EM, Zeni ALB. O universo discente e o ensino de bioquímica. *Rev Ensino Bioquim.* 2006; 4(2): 16-22.
- [2] Pinheiro TDL, Silva JAd, Souza PRMd, Nascimento MMd, Oliveira HDd. Ensino de Bioquímica para acadêmicos de Fisioterapia: visão e avaliação do discente. *Rev Ensino Bioquim.* 2009; 7(1): 25-35.
- [3] Vargas LHM. A bioquímica e a aprendizagem baseada em problemas. *Rev Ensino Bioquim.* 2001; 1(1): 15-9.
- [4] Vieira LQ, Nicoli JR, Prado VF, Santoro MM, Teixeira SMR, Bemquerer M, et al. Abordagem prática para o ensino de Bioquímica. *Rev Ensino Bioquim.* 2001; 1(1): 20-6.
- [5] Wannmacher CMD. Ensinando Bioquímica para futuros médicos. *Rev Ensino Bioquim.* 2001; 1(1): 3-8.
- [6] Santos VT, Anacleto C. Monitorias como ferramenta auxiliar para aprendizagem da disciplina bioquímica: uma análise no Unileste-MG. *Rev Ensino Bioquim.* 2007; 5(1): 45-52.
- [7] Yokaichiya DK, Galembeck E, Torres BB. O que alunos de diferentes cursos procuram em disciplinas extracurriculares de bioquímica? *Rev Ensino Bioquim.* 2004; 2(1): 37-44.
- [8] Heidrich DN, Angotti JAP. Implantação e avaliação de ensino semipresencial em disciplinas de bioquímica utilizando ambiente virtual de aprendizagem. *Rev Ensino Bioquim.* 2010; 8(1): 45-58.

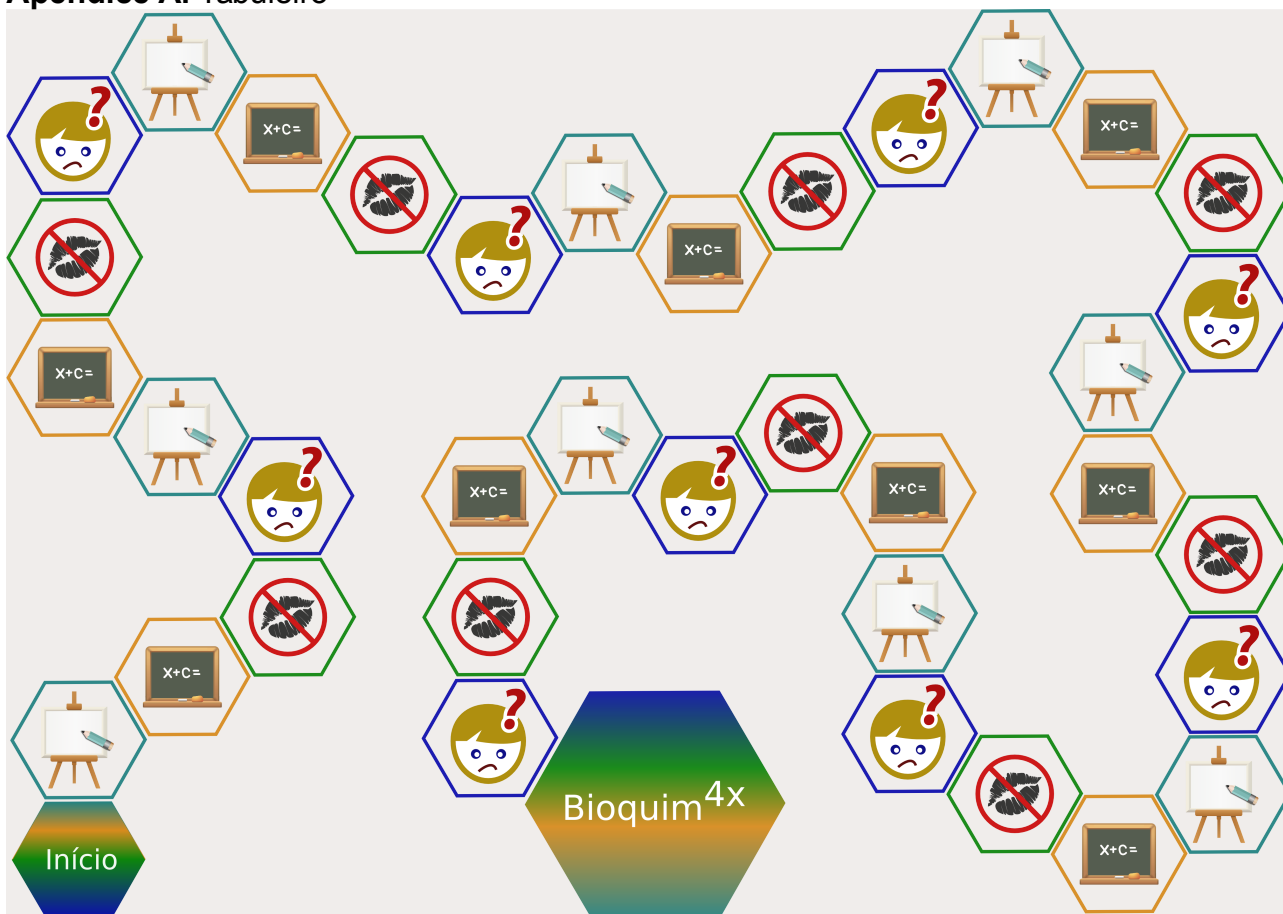


- [9] Miquelin AF, Mion RA, Angotti JA. Educação e Tecnologias na Formação de Professores: Possibilidades Dialógicas via Internet. Anais de V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências; 2005; Bauru.
- [10] Hamamoto T, Kagawa Y. Internet Assisted Learning of Biochemistry in Japan. Biochem Educ. 2001; 26(1): 27-9.
- [11] Machado MS, Ricardo J, Sugai JK, Figueiredo MSRB, Antônio RV, Heidrich.D.N. Bioquímica Através da Animação. Extensio. 2004; 1(0).
- [12] Amorim AS. A influência do uso de jogos e modelos didáticos no ensino de biologia para alunos de ensino médio [Monografia]. Beberibe: Universidade Aberta do Brasil; 2013.
- [13] Rade AV, Borges RMR. Repercussões do uso de jogos como ferramenta didática nas aulas de matemática financeira. Anais de V Mostra de Pesquisa da Pós-Graduação; 2010; Porto Alegre.
- [14] Moratori PB. Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem? [Trabalho de conclusão]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2003.
- [15] Setúval FAR, Bejarano NRR. Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia. Anais de Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências; 2009; Florianópolis.
- [16] Pinto LT. O uso dos jogos didáticos no ensino de ciências no primeiro segmento do ensino fundamental da rede municipal pública de duque de caxias [Dissertação]: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro; 2009.

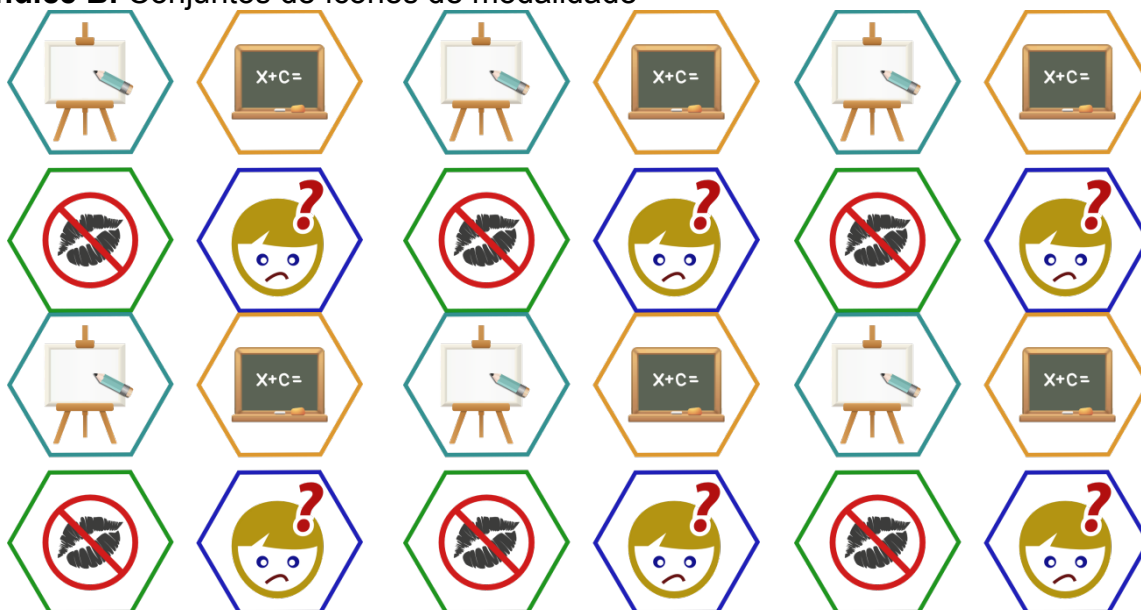
Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Bayardo Baptista Torres pela disponibilidade em nos guiar e auxiliar ao longo do preparo desta atividade, cedendo tempo de aula para a aplicação e avaliação do jogo e partilhando suas ideias inspiradoras. Agradecemos à Profa. Dra. Maria Lígia C. Carvalhal do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP) pelo incentivo e assistência na idealização do jogo; e às Profa. Dra. Iolanda Midea Cuccovia e Profa. Dra. Clélia Ferreira Terra do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP) pelo apoio, incentivo e disponibilidade para cederem tempo de aula para a aplicação e avaliação do jogo. Agradecemos ainda aos alunos do curso de Farmácia-Bioquímica pela participação no jogo e suas sugestões. Por último, agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de mestrado e doutorado concedidas (processos n°:152204/2013-0 e 160446/2013-9).

Apêndice A. Tabuleiro



Apêndice B. Conjuntos de ícones de modalidade


























Apêndice C.1. Cartões de questões

<p> R. Isoleucina</p> <p> $--- = --- + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$</p> <p>R. Equação de Henderson-Hasselbalch</p> <p> R. α-hélice <input type="radio"/> Espiral, estrutura secundária, folha β</p> <p> O tofu, alimento altamente protéico derivado da soja, é preparado de tal maneira que os inibidores de proteases sejam retirados da soja antes de seu preparo. Por que? R. Os inibidores de protease impedem que a soja seja metabolizada.</p>	<p> R. Metionina</p> <p> $--- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons --- + H^+$</p> <p>R. Sistema tampão bicarbonato</p> <p> R. β-queratina <input type="radio"/> Folha β, fibroína, proteína fibrosa</p> <p> Você precisa cultivar uma levedura que cresce bem entre pH 4,0 e 5,0. Para isto, deve-se preparar um tampão, dispondo das seguintes soluções: ácido acético (pKa=4,5) e ácido fosfórico (pKa₁=2,13 pKa₂=7,21 pKa₃=12,32). Qual a melhor solução a ser utilizada? R. Solução de ácido acético.</p>
<p> R. Prolina</p> <p> $--- = \frac{pK_{a1} + ---}{2}$ R. Ponto isoelétrico</p> <p> R. Salting in <input type="radio"/> Solubilidade, sal, salting out</p> <p> Um bioquímico deseja separar dois peptídeos presentes em uma mistura por cromatografia. Sabendo que um deles tem carga líquida -3 e o outro +1 no pH em que a cromatografia será realizada, qual deles será eluído primeiro utilizando uma resina catiônica? R. Peptídeo com carga -3.</p>	<p> R. Triptofano</p> <p> $--- + --- \rightarrow HbO_2 + H^+$</p> <p>R. Oxigenação da hemoglobina</p> <p> R. Ponto isoelétrico <input type="radio"/> Cargas, pH, neutra</p> <p> Cláudia foi a um cabeleireiro fazer uma permanente. Que ligações químicas são afetadas com este procedimento? R. Pontes dissulfeto.</p>
<p> R. Desnaturação</p> <p> $v_0 = \frac{--- \times [S]}{--- + [S]}$ R. Equação de Michaelis-Menten</p> <p> R. Eletroforese <input type="radio"/> Migração, campo elétrico, separação</p> <p> O milho, passados vários dias de sua colheita, possui cerca de 50% de seu açúcar convertido em amido. Para manter a sua doçura, o milho pode ser mergulhado em água fervente e congelado para armazenamento. O que acontece nesse processo? R. A alta temperatura desnatura a amido sintase.</p>	<p> R. Cisteína</p> <p> $--- = \frac{V_{m\acute{a}x}}{[E_t]}$ R. Constante catalítica</p> <p> R. Grupo heme <input type="radio"/> Hemoglobina, prostético, ferro</p> <p> Os aminoácidos podem estar na forma L ou D. Qual a diferença entre os dois, em relação ao desvio da luz polarizada? R. D desvia luz polarizada para direita, L desvia para a esquerda.</p>

Apêndice C.2. Cartões de questões

<p> R. Glutamina</p> <p> $v_0 = \frac{V_{m\acute{a}x} \times \text{---}}{K_M \left(1 + \frac{[I]}{K_I}\right) + \text{---}}$ R. Inibidor competitivo</p> <p> R. 2,3-bisfosfoglicerato (BPG) <input type="checkbox"/> Desoxi-hemoglobina, tecido, afinidade</p> <p>Uma enzima perde sua atividade pela substituição de um aspartato por uma lisina. No entanto, sua atividade é restaurada ao substituir uma arginina por um glutamato. Porque a atividade da enzima é restaurada?</p> <p> R. A segunda substituição reestabeleceu a ligação iônica, essencial para a atividade da enzima.</p>	<p> R. Peptídeo</p> <p> $\text{---} = \frac{\text{---} + [H^+]}{[HA]}$ R. Constante de dissociação</p> <p> R. Anidrase carbônica <input type="checkbox"/> Efeito Bohr, pH, oxigênio</p> <p>A semi-saturação do sangue com monóxido de carbono é fatal. Já uma pessoa anêmica, com metade da quantidade de hemoglobina, pode continuar seu trabalho de forma usual. Explique.</p> <p> R. A ocupação de alguns grupos heme da hemoglobina por CO aumenta sua afinidade pelo O₂, dificultando sua liberação nos tecidos.</p>
<p> R. Cromatografia</p> <p> $\text{---} + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$</p> <p>R. Anidrase carbônica</p> <p> R. Estado de transição <input type="checkbox"/> Produto, energia de ativação, estado reativo</p> <p>Durante uma corrida de curta distância os músculos produzem grande quantidade de ácido láctico a partir de glicose. Por que seria útil a hiperventilação antes de uma corrida curta?</p> <p> R. A hiperventilação diminui a concentração do CO₂, o que eleva o pH, equilibrando o efeito do ácido láctico.</p>	<p> R. Folha β-pregueada</p> <p> $\text{---} = \frac{K_M}{V_{m\acute{a}x}} \times \text{---} + \frac{1}{V_{m\acute{a}x}}$</p> <p>R. Transformação de Lineweaver-Burk</p> <p> R. Sítio ativo <input type="checkbox"/> Substrato, cavidade, enzima</p> <p>Uma solução de hexoquinase, aquecida à 50°C por 12 min, perde 50% de sua atividade. Porém, quando aquecida nestas mesmas condições com seus substratos, ela perde apenas 3% de sua atividade. Por que?</p> <p> R. O complexo enzima-substrato é mais estável do que a enzima sozinha.</p>
<p> R. Glutamina</p> <p> $\text{---} + HbBPG \rightleftharpoons \text{---} + HbO_2$</p> <p>R. Liberação de 2,3-Bisfosfoglicerato</p> <p> R. Transferases <input type="checkbox"/> Glicoquinase, transferência, quinase</p> <p>A glutenina, uma proteína do trigo rica em ligações dissulfeto, está relacionada ao caráter aderente da massa feita com farinha. O casco da tartaruga é duro e resistente devido às inúmeras ligações dissulfeto. Qual a base molecular para estes fatos?</p> <p> R. Pontes dissulfeto são ligações covalentes, promovendo a estabilidade das proteínas.</p>	<p> R. Hemoglobina</p> <p> $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{R} \end{array} \rightleftharpoons \text{---} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{R} \end{array}$</p> <p>R. Formas iônicas de aminoácidos</p> <p> R. Cofatores <input type="checkbox"/> Coenzimas, íons metálicos, não protéico</p> <p>As fibras de α-queratina, devido sua elasticidade, podem se alongar até duas vezes o seu tamanho. Porém, a fibroína na seda não é elástica. Que características estruturais podem explicar estas observações?</p> <p> R. A estrutura secundária apresentada pela α-queratina é a α-hélice e pela fibroína a folha β.</p>

Apêndice C.3. Cartões de questões

<p> R. Ácido Palmítico</p> <p>$\text{---} + \alpha \text{ cetoglutarat}o \rightleftharpoons \text{piruvato} + \text{---}$</p> <p> R. Alanina aminotransferase</p> <p> R. Triacilgliceróis <input type="checkbox"/> Grupos acila, glicerol, ácido graxo</p> <p>A água dura contém concentrações elevadas de Ca^{2+} e Mg^{2+}. É recomendado o uso de maior quantidade de sabão nos locais com água dura. Por que?</p> <p> R. Ca^{2+} e Mg^{2+} precipitam os sais de ácido graxo que constituem o sabão, não ficando disponíveis para emulsificar as gorduras.</p>	<p> R. Lipossoma</p> <p>$\text{glutamato} + \text{oxaloacetato} \rightleftharpoons \text{---} + \text{---}$</p> <p> R. Aspartato aminotransferase</p> <p> R. Fosfatidilcolina <input type="checkbox"/> Glicerofosfolípido, ácido fosfatídico, lecitina</p> <p>Os microrganismos psicrófilos multiplicam-se entre 0 e 20 °C. Como mantêm a fluidez das suas membranas?</p> <p> R. Aumentando a sua composição em ácidos graxos insaturados.</p>
<p> R. Ácido oleico</p> <p>$\text{---} + \text{NAD}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{---} + \text{NADH} + \text{H}^+ + \text{NH}_4^+$</p> <p> R. Glutamato desidrogenase</p> <p> R. Lipoproteínas plasmáticas <input type="checkbox"/> Transporte, apolipoproteínas, quilomícrons</p> <p>Na travessia do deserto, os camelos bebem água insuficiente para a sua atividade. Como sobrevivem?</p> <p> R. Produção de água na oxidação de ácidos graxos.</p>	<p> R. Ácido araquidônico</p> <p>$\text{NH}_4^+ + \text{---} + 2 \text{ATP} \rightleftharpoons \text{---} + 2 \text{ADP} + 2 \text{Pi} + 2 \text{H}^+$</p> <p> R. Carbamoil-fosfato sintetase</p> <p> R. Acil-CoA sintetase <input type="checkbox"/> Ácido graxo, acetil-CoA, carnitina</p> <p>A síndrome da morte súbita infantil pode estar relacionada com a deficiência em acil-CoA desidrogenase. Estas crianças aparentemente saudáveis morrem inesperadamente durante a noite. Porquê à noite?</p> <p> R. β-oxidação de ácidos graxos é a principal fonte de ATP durante o jejum noturno.</p>
<p> R. Triacilgliceróis</p> <p>$\text{Aspartato} + \text{NH}_4^+ + \text{---} + 3 \text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{---} + \text{---} + 2 \text{ADP} + 2 \text{Pi} + \text{AMP} + \text{PPi} + 4 \text{H}^+$</p> <p> R. Síntese da ureia</p> <p> R. Carnitina <input type="checkbox"/> Acil-CoA, transporte, oxidação ácidos graxos</p> <p>O ácido araquidônico é o principal precursor dos eicosanóides que participam da regulação de diversos processos fisiológicos. Qual é o ácido graxo precursor do ácido araquidônico?</p> <p> R. Ácido linoleico.</p>	<p> R. Quilomícrons</p> <p>$\text{---} = \frac{N_{\text{retido}}}{\text{---}} \times 100$ R. NPU (Net Protein Utilization)</p> <p> R. Propionil-CoA <input type="checkbox"/> Succinil-CoA, β-oxidação, biotina</p> <p>A deficiência em piruvato carboxilase resulta no aumento significativo da síntese de ácidos graxos. Por que?</p> <p> R. Inibição da formação de oxaloacetato a partir de piruvato: não ocorre ciclo de Krebs. Piruvato origina acetil-CoA, precursor de ácidos graxos.</p>

Apêndice C.4. Cartões de questões

<p> R. Ciclo de Lynen</p> <p>$8 \text{ Acetil CoA} + _ + 7 \text{ ATP} \rightarrow _ + _ + 7 \text{ ADP} + 8 \text{ CoA} + 7 \text{ Pi} + 6 \text{ H}_2\text{O}$</p> <p> R. Síntese de ácido palmítico</p> <p> R. ACP <input type="radio"/> Acila, proteína, fosfopanteteína</p> <p>Depois de uma festa, o Rafael foi para o hospital em coma alcoólico, apresentando hipoglicemia e acidose. Por que?</p> <p> R. Aumento de NADH devido a álcool desidrogenase leva à produção de lactato (acidose) a partir de piruvato, interrompendo a gliconeogênese (hipoglicemia).</p>	<p> R. Dimiristoilfosfatidilcolina</p> <p>$\text{Diidroxiaxetona fosfato} + _ + \text{H}^+ \rightleftharpoons _ + \text{NAD}^+$</p> <p> R. Glicerol 3-fosfato desidrogenase</p> <p> R. Ubiquitina <input type="radio"/> Proteína, proteassomo, degradação</p> <p> O aspartame (N-L-alfa-aspartil-L-fenilalanina 1-metilester) é um adoçante muito utilizado em bebidas. O seu consumo deve ser evitado em qual doença hereditária? R. Fenilcetonúria.</p>
<p> R. Adipócito</p> <p>$_ + _ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HMG} - \text{CoA} + \text{HS} - \text{CoA}$</p> <p> R. HMG-CoA sintase</p> <p> R. Transaminases <input type="radio"/> Aminotransferases, α-cetoglutarato, piridoxal-fosfato</p> <p> Uma criança com síndrome de Kwashiorkor apresenta despigmentação da pele e cabelo. Que aminoácido essencial está em falta na alimentação? R. Fenilalanina (precursor da tirosina que dá origem à melanina).</p>	<p> R. Esfingomielina</p> <p>$_ + \text{ATP} + _ \rightarrow \text{malonil} - \text{CoA} + \text{ADP} + 2 \text{ Pi} + \text{H}^+$</p> <p> R. Acetil-CoA carboxilase</p> <p> R. Glutamato desidrogenase <input type="radio"/> Amônio, α-cetoglutarato, aspartato</p> <p> A doença hereditária caracterizada pela deficiência em arginase é designada arginemia. Um dos sintomas desta doença é o retardo mental. Que composto acumulado pode estar na origem deste sintoma? R. Amônia.</p>
<p> R. Cerebrosídeo</p> <p>$_ + _ \rightarrow \text{piruvato} + \text{CO}_2 + \text{NADPH}$</p> <p> R. Enzima málica</p> <p> R. Carbamoil-fosfato <input type="radio"/> Citrulina, ornitina, uréia</p> <p> Para emagrecer, Joana eliminou os carboidratos da sua alimentação, mantendo a ingestão de lipídios e proteínas. Pouco tempo depois, notou a alteração do seu hálito. Por que? R. Produção de corpos cetônicos.</p>	<p> R. Colesterol</p> <p>$_ + _ \rightleftharpoons \text{acetaldeído} + \text{NADH} + \text{H}^+$</p> <p> R. Álcool desidrogenase</p> <p> R. Arginase <input type="radio"/> Citrulina, aspartato, argininosuccinato</p> <p> De acordo com a necessidade metabólica do organismo, a expressão das enzimas do ciclo de ureia varia. O estímulo da expressão está associado, por exemplo, com dietas ricas em proteínas. Que outra situação acarreta o aumento da produção destas enzimas? R. Jejum prolongado.</p>

Apêndice C.5. Cartões de questões

<p> R. Gliceraldeído</p> <p>$Glicose + _ + 2 Pi + _$ $\rightarrow _ + 2 ATP + 2 H_2O + 2 NADH + 2 H^+$</p> <p> R. Equação geral da glicólise</p> <p> R. Monossacarídeo <input type="radio"/> Aldose, cetose, carbono</p> <p> Thaís percebeu que sentia-se mal quando ingeria leite e derivados. Entre os sintomas, estavam câibras abdominais e diarreia. Ao ir ao médico, soube que o seu problema era devido à deficiência de uma enzima. O que Thaís tinha e qual o nome da enzima? R. Intolerância à lactose, enzima lactase.</p>	<p> R. Glicose</p> <p>$Glicose + 2 ADP + 2 Pi \rightarrow _ + 2 ATP + 2 H_2O$</p> <p> R. Fermentação Lática</p> <p> R. Ligação α-1,4 <input type="radio"/> Ligação glicosídica, sacarose, segmento linear</p> <p> Maria errou uma questão na prova ao dizer a seguinte frase: gliconeogênese é o inverso da glicólise. Por que Maria estava errada? R. A gliconeogênese se processa no sentido oposto ao da glicólise, com exceção das reações irreversíveis. Então possui outras reações, com outras enzimas, formando um novo caminho.</p>
<p> R. Frutose</p> <p>$Glicose + 2 ADP + 2 Pi \rightarrow _ + 2CO_2 + 2 ATP + 2 H_2O$</p> <p> R. Fermentação Alcoólica</p> <p> R. Amilose <input type="radio"/> Amido, amilopectina, glicose</p> <p> O béri-béri é uma patologia causada pela deficiência da vitamina B1 na dieta humana. Seus sintomas envolvem acúmulo de fluidos corporais, dor, paralisia, e até mesmo morte. Por que? R. A coenzima Tiamina pirofosfato (TPP) é derivada da vitamina B1. Esta é a coenzima da Piruvato descarboxilase.</p>	<p> R. Ribose</p> <p>$_ + CoA + NAD^+ \rightarrow Acetil CoA + NADH + CO_2$</p> <p> R. Complexo piruvato desidrogenase</p> <p> R. Nicotinamida <input type="radio"/> NAD⁺, NADH, coenzima</p> <p> Em muitas situações clínicas, a glicose é administrada intravenosamente. Dado que a transformação de glicose a glicose 6-fosfato consome ATP, por que não administrar glicose 6-fosfato? R. A membrana celular é impermeável à glicose 6-fosfato.</p>
<p> R. Piruvato</p> <p>$_ + 3 NAD^+ + _ + ADP + Pi + 2 H_2O$ $\rightarrow 2 CO_2 + _ + 2 H^+ + _ + ATP + HSCoA$</p> <p> R. Equação geral do ciclo de Krebs</p> <p> R. Hexoquinase <input type="radio"/> Glicose 6-fosfato, hexose, glicoquinase</p> <p> Na autópsia de João, verificou-se que a causa de sua morte foi a ingestão de cianeto. O que levou a sua morte? R. Cianeto inibe o complexo IV da cadeia de transporte de elétrons.</p>	<p> R. Acetil-CoA</p> <p>$Glicose\ 6\ fosfato + 2 NADP^+ + H_2O$ $\rightarrow _ + 2 NADPH + 2 H^+ + CO_2$</p> <p> R. Via das pentoses fosfato</p> <p> R. Gliceraldeído 3-fosfato <input type="radio"/> Aldolase, frutose 1,6-bisfosfato, glicólise</p> <p> A sacarose é comumente utilizada para preservar frutas. Por que a glicose não é adequada para a preservação de alimentos? R. Glicose é reativa, pois contém grupos aldeídicos em sua forma aberta.</p>

Apêndice C.6. Cartões de questões

<p> R. Sacarose</p> <p>$_ + NADPH + H^+ \rightarrow 2 GSH + NADP^+$</p> <p> R. Glutaciona redutase</p> <p> R. Piruvato descarboxilase <input type="radio"/> Acetaldeído, tiamina pirofosfato, etanol</p> <p>Ingerir glicose antes de uma maratona parece ser uma boa maneira de aumentar as reservas de energia. Contudo, os corredores não ingerem glicose antes da corrida. Por que?</p> <p> R. Glicose aumenta o nível de insulina, impedindo a mobilização das reservas energéticas.</p>	<p> R. Lactose</p> <p>$Glicose + _ + Glicogênio_n + H_2O \rightarrow _ + 2 ADP + 2 Pi$</p> <p> R. Síntese de glicogênio</p> <p> R. Fermentação alcoólica <input type="radio"/> Etanol, álcool desidrogenase, descarboxilação</p> <p>As hemácias, tal como as restantes células, contêm uma pequena quantidade de coenzimas. Depois de converter rapidamente todo o NAD^+ em $NADH$, a glicólise na hemácia devia parar. Que reação impede este colapso do metabolismo?</p> <p> R. A transformação de piruvato em lactato pela lactato desidrogenase.</p>
<p> R. Maltose</p> <p>$ADP - G + _ \rightarrow Amido_{n+1} + _$</p> <p> R. Síntese de amido</p> <p> R. α-cetogluturato <input type="radio"/> Isocitrato desidrogenase, ciclo de Krebs, succinil-coA</p> <p>A maior parte das células tumorais cresce em condições de hipóxia e captam e degradam glicose cerca de 10 vezes mais rápido do que os tecidos normais. O que se pode prever quanto ao pH citoplasmático das células tumorais?</p> <p> R. O pH é inferior ao das células normais devido à elevada taxa de glicólise com produção de lactato.</p>	<p> R. Celulose</p> <p>$_ + ATP \rightarrow Frutose\ 1\ fosfato + _ + H^+$</p> <p> R. Frutoquinase</p> <p> R. Fumarase <input type="radio"/> Fumarato, malato, ciclo de Krebs</p> <p>O molho de soja é preparado por fermentação de uma mistura salgada de feijão de soja e trigo com vários microrganismos. Para evitar que o molho fique com um gosto forte a vinagre, o tanque de fermentação não pode entrar em contato com oxigênio. Por que?</p> <p> R. Em aerobiose não ocorreria fermentação, mas sim a formação de acetato.</p>
<p> R. Glicogênio</p> <p>$_ + CO_2 + H_2O + ATP \rightarrow Oxaloacetato + ADP + Pi + 2 H^+$</p> <p> R. Piruvato carboxilase</p> <p> R. Ribulose 5-fosfato <input type="radio"/> Isomerase, epimerase, pentose</p> <p>A celulose poderia ser uma ótima fonte de glicose, por ser extremamente abundante e barata. Porém, nós não conseguimos digerir-la. Por que?</p> <p> R. Humanos carecem da celulase no intestino.</p>	<p> R. Amido</p> <p>$_ + 6 ATP + 6 H_2O \rightarrow Glicose + 6 ADP + 6 Pi + 4 H^+$</p> <p> R. Gliconeogênese a partir do lactato</p> <p> R. Glicogênio fosforilase <input type="radio"/> Glicogenólise, piridoxal fosfato, vitamina B6</p> <p>A frutose do mel (β-D-piranoose) é um dos carboidratos mais doces que existem, diferente-mente da β-D-furanose. Por que a doçura do mel diminui a altas temperaturas e o xarope de milho contendo frutose é utilizado em bebidas frias?</p> <p> R. O aumento de temperatura favorece a forma β-D-furanose da frutose.</p>

Apêndice D. Peões

