



## **Potencialidades e riscos da utilização da internet para pesquisa educacional em Bioquímica**

Rodrigo Maciel Lima\*

A Internet pode ser definida como “uma rede de computadores que interliga milhões de usuários em todo o mundo” [GAVA, 2008, p. 1], que “se converteu na ferramenta básica de troca de informação do século XXI” [PONTE; VIEIRA, 2007, p. 2740].

A Internet é “uma das maiores inovações tecnológicas dos nossos tempos, desempenhando uma função relevante em quase todos os aspectos da nossa vida cotidiana” [INÁCIO; GAMBOA, 2008, p. 14]. “Em todo o mundo, os mais jovens utilizam cada vez mais a Internet como uma fonte de informação, comunicação, socialização e entretenimento”, mas cabe destacar que a oportunidade educativa é uma das principais oportunidades que a Rede possibilita [PONTE; VIEIRA, 2007, p. 2740]. Como afirma Coutinho [2009, p. 75]:

As Tecnologias da Comunicação e da Informação [TIC] geram múltiplas potencialidades, criam inúmeros novos cenários e promovem ambientes [reais ou virtuais] extremamente ricos e promotores de uma multiplicidade de experiências pedagógicas.

A informática na educação permite ao aluno “agir como sujeito ativo do seu processo de aprendizagem e de construção do conhecimento” [AKIL et al., 2008].

Dessa forma, o presente capítulo discute as potencialidades e os riscos oferecidos pela Rede na transmissão de informação acerca de Bioquímica dirigida aos alunos do Ensino Superior, contribuindo, desta forma, para o aperfeiçoamento da pesquisa em *sites* da Internet nessa área.

---

\* Doutorado em Biociências e Biotecnologia, UENF

## **A UTILIZAÇÃO DA INTERNET NOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

Para a comunidade científica ou de pesquisa, a Internet é uma mídia indispensável, pois por meio dela é possível o acesso aos mais avançados recursos de pesquisa do mundo [GAVA, 2008, p. 2]. “A World Wide Web integra uma diversidade imensa de informação, que cresce a cada dia” [CARVALHO, 2006, p. 1] e que movimentava o mundo, pois vivemos numa permanente troca de dados [BOTTENTUIT JUNIOR; COUTINHO, 2008, p. 126].

A facilidade de encontrar na Internet múltiplas respostas para qualquer tema, digitando poucas palavras nas ferramentas de busca é fascinante [MORAN, 1997 apud GAVA, 2008, p. 3], mas “a diversidade e a multiplicidade de informação disponível, não é garantia de qualquer qualidade” [CARVALHO, 2006, p. 1].

Com a introdução da Web 2.0 e o surgimento de *softwares* gratuitos de fácil acesso e manuseamento, tornou-se uma realidade, para qualquer usuário, a possibilidade de produção e publicação de conteúdos na Rede, mas a qualidade dessas produções livres muitas vezes não é avaliada antes de serem divulgadas, permitindo que muitos materiais de baixa qualidade sejam distribuídos para o público [BOTTENTUIT JUNIOR; COUTINHO, 2008, p. 127].

Saber identificar os indicadores de qualidade de um *site* educativo é algo imprescindível no século XXI, dada a crescente importância da Web como recurso informativo [CARVALHO, 2006, p. 25].

O uso cada vez mais frequente da *Web* por parte dos estudantes universitários como fonte de pesquisa não diminui sua capacidade de análise, nem afeta negativamente sua aprendizagem – simplesmente serve para realizar buscas mais complexas, ocupando menos tempo e gastos. Esta informação adicional favorece sua compreensão, guia e aprofundamento de seus assuntos de interesse [BECHERER et al., 2001, p. 1].

Desde meados da década de 90, as bibliotecas vêm deixando de ser a única fonte de controle e fornecimento de informações didático-acadêmicas nos *campi* universitários. Atualmente elas competem com a multiplicidade de fontes informacionais disponíveis na Internet [DAVIS; COHEN, 2001]. Devido à abundância de informações, a *Web* tem se tornado a mais ampla ferramenta de pesquisa utilizada. Um dos aspectos mais vantajosos da informação *on-line* é a facilidade com que pode ser criada e disseminada. É barata, rápida e

mais fácil que uma publicação impressa tradicional. Entretanto, os processos de publicação tradicionais oferecem mais vantagens que a publicação *on-line*: o controle da qualidade dessa informação. A informação na Internet é muitas vezes superficial, duvidosa e desatualizada. Uma grande quantidade de informações na Internet ou de outras fontes *on-line* não é filtrada [KIRK, 2002].

Tradicionalmente, a informação precisa ser prontamente avaliada quanto à credibilidade e à origem: se é uma publicação científica ou escolar, se é disponibilizada por uma biblioteca ou por uma agência do governo. Com o advento da Internet e de outros serviços *on-line*, a quantidade de informações prontamente disponíveis ao público em geral tem aumentado exponencialmente. Mas, a credibilidade tem acompanhado esse crescimento?

Segundo Kirk [2002], a informação de maior credibilidade e confiança é aquela que é criada, identificada, selecionada, revisada, avaliada, autenticada e/ou organizada por indivíduos de confiança, organizações, ou instituições. Para que essas exigências sejam atendidas, fazem-se necessários:

1. criadores ou fontes autorizadas: tais como agências do governo e associações;
2. editores e revisores autorizados: pesquisadores respeitados e especialistas que dominam o conteúdo a ser publicado; revisores escolares tradicionais;
3. avaliadores autorizados: peritos no assunto, tais como revisores de livros ou críticos, bibliotecários especialistas que dominem o conteúdo ou com perícia em avaliar todos os tipos de informações.

Tradicionalmente, as bibliotecas têm estado, e ainda estão entre as melhores fontes de informação com credibilidade. Sem dúvida, a informação na Internet é mais facilmente acessível e, muitas organizações fazem suas próprias pesquisas *on-line*, evitando assim, que a tarefa individual de filtrar e avaliar as informações contidas nas páginas tenha que ser realizada.

A qualidade da informação deve ser sempre avaliada, independentemente do seu meio ou da sua fonte de obtenção. De um modo geral, conceitos e métodos tradicionais para avaliar informações impressas podem ser aplicados a fontes da Internet. Algumas fontes de pesquisa contêm funções avaliativas e podem fornecer alguma assistência, dentre as quais se pode destacar: avaliação dos criadores do *site*, avaliação do conteúdo, avaliação da atualização, avaliação do estilo da página, avaliação da acessibilidade. Todos esses parâmetros juntos facilitarão o encontro

de uma informação de confiança na Internet [OLAISEN, 1990].

A *Web* tem mudado a percepção acerca dos fatores de qualidade da informação [OLAISEN, 1990]. Em alguns casos, ao se buscarem informações acadêmicas ou em pesquisas a bibliotecas com a utilização da *Web* ou em visitas diretas a bibliotecas, conta-se com profissionais que exercem o trabalho de avaliar e selecionar o material. Informações de bases de dados que foram preparadas por estudiosos ou organizações comerciais são avaliadas com frequência e checadas antes de se tornarem disponíveis. Artigos e relatórios escritos por organizações eruditas, laboratórios de pesquisa e agências governamentais passam frequentemente por processos de revisão antes de serem publicados. Existem bibliotecas virtuais onde bibliotecários e outros especialistas em educação revisam, avaliam e listam fontes confiáveis de informação [ACKERMANN; HARTMAN, 2003].

Considerando, então, que as informações disponíveis na Internet não passam por uma avaliação rigorosa antes de serem divulgadas, o estudante deve estar capacitado a explorar as potencialidades e os riscos oferecidos pela Rede na busca de informações de qualidade sobre quaisquer assuntos que se deseja pesquisar, inclusive sobre a Bioquímica, disciplina considerada, por muitos alunos, de grande dificuldade.

Dessa forma, o presente capítulo, que tem como tema *A utilização da Internet para a pesquisa educacional em Bioquímica*, questiona: Como os alunos do Ensino Superior têm realizado a busca de informação sobre Bioquímica em *sites* da Internet? Os *sites* por eles utilizados apresentam indicativos de confiabilidade, qualidade e eficácia? O processo de busca de informação acerca de Bioquímica na Internet contribui para a aprendizagem dos conteúdos curriculares dessa área? Que procedimentos seriam necessários para que a utilização de *sites* da Internet contribua com a aprendizagem dos conteúdos de Bioquímica?

Diante da importância da discussão do uso da Internet nos processos de ensino e aprendizagem, este capítulo torna-se relevante, pois contribuirá com os alunos, a partir do estabelecimento de diretrizes a serem seguidas pelos mesmos para que a busca de informação educacional via Internet possibilite o acesso a informações confiáveis e de qualidade, promovendo, assim, a aprendizagem significativa dos conteúdos curriculares de Bioquímica, bem como de outras áreas. A pesquisa também se faz relevante para os

professores, os quais têm papel fundamental na orientação de seus alunos e no direcionamento da pesquisa escolar.

## **AVALIAÇÃO DOS CONTEÚDOS DA SUBÁREA BIOQUÍMICA NOS SITES ANALISADOS**

Alunos do 8.º período do Curso de Ciências da Natureza – Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense avaliaram, juntamente com o professor da disciplina de Bioquímica, sites disponibilizados na Internet com relação a vários conteúdos estudados na disciplina.

Os conteúdos curriculares analisados em páginas da Internet referentes à Área da Biologia, Subárea Bioquímica, foram “Transporte através de Membranas Celulares”, “Fotossíntese” e “Respiração Celular”.

Os conteúdos foram analisados observando-se critérios como: abrangência do assunto que está sendo exposto, precisão das informações (se há erros, bibliografia consultada, *links*, etc.), autoridade do responsável pelo conteúdo, objetividade e atualidade. Esses critérios são tradicionalmente usados para avaliar fontes impressas tais como livros, artigos científicos, etc. [CHOPPIN, 2004].

Ao todo, quatro sites foram analisados. Os critérios científicos utilizados para a escolha dos sites foram os quatro primeiros que abordavam os temas “respiração celular” e “fotossíntese” obtidos por meio de três sites de busca diferentes (como Google™, Altavista e Yahoo®). Não necessariamente os sites encontravam-se na mesma ordem, como a descrita abaixo, nos três motores de busca utilizados. Outro critério importante é que os endereços obtidos em sites de busca não requerem assinatura para se efetuar o processo de log in, o que, provavelmente, o torna mais acessível para o aluno.

Para avaliar a qualidade das informações disponibilizadas nos sites, estabeleceu-se a necessidade de parâmetros de comparação. Para isto, foram selecionados sites que foram agrupados num controle negativo e sites que fizeram parte do controle positivo.

Os sites escolhidos por meio dos motores de busca utilizados fizeram parte do controle negativo, uma vez que a maioria não apresentava a autoridade da área de Bioquímica responsável pela divulgação daquelas informações, não pertenciam a nenhuma sociedade responsável de divulgação

de informações na área e não estabelecia nenhum critério para a divulgação de informações nos mesmos.

Os *sites* selecionados como controle positivo apresentavam os responsáveis pela divulgação das informações neles contidas e os mesmos são considerados autoridades competentes na área de Bioquímica, fazem parte de uma sociedade reconhecida cientificamente dessa área [Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular – SBBq] e divulgam atualidades em seus *sites*. Para que ocorra a publicação de um determinado material nesses *sites*, ele é submetido a uma avaliação por membros competentes e só após a realização dessa avaliação, o material pode ser disponibilizado no *site*. Logo, há um rigor científico para que as informações possam ser publicadas. Além disso, os *sites* atendem a outros aspectos importantes em se tratando do favorecimento do processo ensino-aprendizagem: possuem materiais interativos, *softwares* educacionais gratuitos, figuras facilitadoras do entendimento de conteúdos da área de Bioquímica, estabelecem o público-alvo de uma determinada informação disponibilizada, possuem artigos atuais que discutem mitos da Bioquímica, inclusive vários deles presentes em livros didáticos tanto de Ensino Médio quanto de Ensino Superior. Esses *sites* ainda exigem que seus usuários sejam cadastrados, de forma gratuita, e somente após o recebimento da confirmação do cadastro, por *e-mail*, é que o usuário se encontra apto para acessar as informações disponibilizadas nos mesmos.

Dentre os *sites* voltados para alunos de Ensino Superior e que fizeram parte do controle negativo, estão os seguintes:

1. [www.biomania.com.br](http://www.biomania.com.br)
2. [www.geocities.com/bioquimicaplicada](http://www.geocities.com/bioquimicaplicada)
3. [www.geocities.com/bioquimica\\_2000](http://www.geocities.com/bioquimica_2000)
4. [www.biologo.com.br](http://www.biologo.com.br)

Os *sites* que constituíram o controle positivo e, portanto, parâmetros de comparação de informações e critérios necessários para a maior confiabilidade das informações disponibilizadas via *Web* foram:

1. [www.bdc.ib.unicamp.br](http://www.bdc.ib.unicamp.br)
2. [www.cbme.usp.br](http://www.cbme.usp.br)
3. [www.bioq.unb.br](http://www.bioq.unb.br)

4. [www6.ufrgs.br/bioquimica](http://www6.ufrgs.br/bioquimica)
5. [www.bioquimica.online.pt](http://www.bioquimica.online.pt)

O primeiro *site* da lista de controle positivo apresenta os nomes que compõem o corpo editorial e com isso foi feita uma pesquisa no currículo lattes para a busca de suas titulações que resultou em: um pós-doutor pela University of Pennsylvania – EUA, um pós-doutor pela Université Catholique de Louvain, UCL, Bélgica, uma doutora em Biologia Funcional e Molecular pela Unicamp, um pós-doutor pelo Institut Suisse de Recherche Expérimentale sur Le Cancer, ISREC, Suíça, um pós-doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e um pós-doutor pela Technical University of Denmark, UT Denmark, Dinamarca. Todos com grande experiência na área de Bioquímica, inclusive na área de Ensino de Bioquímica.

Todos os *sites* foram analisados quanto à presença de assinatura do responsável, à sua formação, e à presença de referências bibliográficas, além de uma análise referente ao conteúdo. Nesse quesito foram analisados itens como: enzimas participantes dos processos metabólicos em questão, regulação, saldo energético das rotas metabólicas produtoras de energia, entre outros, observando-se a presença de informações interessantes e curiosidades, ilustrações e modelos práticos. Foi avaliado, ainda, se a linguagem utilizada é bem direcionada ao público-alvo.

### ***COMPARAÇÃO DOS CONTEÚDOS DOS SITES ANALISADOS COM LIVROS-TEXTOS SELECIONADOS***

Os conteúdos encontrados nas páginas avaliadas foram comparados àqueles de livros didáticos de diferentes autores, escolhidos dentre os mais conhecidos e adotados pelas escolas e universidades. Esta comparação serviu para situar a profundidade com que são abordados os assuntos na Internet em relação ao tratamento dado aos temas pelos livros-textos, já que estes são ainda os materiais didáticos mais utilizados por alunos e professores [VASCONCELLOS et al., 2003].

Sabe-se que a Biologia é uma Ciência que tem passado por grandes avanços, gerando um volume muito grande de novas informações e de

conhecimentos. Segundo Vilas-Boas [2006], as publicações das novas concepções e descobertas nas áreas da Biologia nem sempre têm sido feitas de modo claro e correto na edição de livros didáticos destinados ao Ensino Médio no Brasil. Os primeiros Guias de Livros Didáticos, que surgiram a partir do Plano Nacional do Livro Didático [BRASIL, 1997, 1998], promoveram um avanço na qualidade de livros do Ensino Fundamental. No entanto, apenas livros de Matemática e Português do Ensino Médio passaram por uma análise do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM [BRASIL, 2005]. Em vista disso, cabe aqui ressaltar que os livros didáticos não foram tomados como detentores da verdade absoluta, mas sim como parâmetro para a verificação da abrangência das informações disponibilizadas nos *sites* avaliados [presença de figuras facilitadoras do entendimento, comentários sobre as enzimas que participam dos processos bioenergéticos, atualidades, curiosidades, etc.].

A escolha dos livros para a comparação com as informações de respiração celular, fotossíntese e transporte através da membrana plasmática obtidas em *sites* da Internet seguiu os seguintes critérios: são livros adotados em grandes universidades públicas e privadas do Estado do Rio de Janeiro e estão disponíveis em maior quantidade nas bibliotecas das instituições onde a pesquisa foi realizada.

Os livros de conteúdo voltado ao ensino de Nível Superior selecionados foram os seguintes:

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. *Bioquímica*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. Cap. 12, 13, 16, 17, 18, 19 e 20.

LEHNINGER, A.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Principles of Biochemistry*. 2. ed. Irving Place, EUA: Worth Publishers, 1997. Cap. 9, 10, 14, 15 e 18.

VOËT, D.; VOËT, J. D. *Biochemistry*. 2. ed. New York, EUA: Wiley Higher Education, 1995.

Para avaliar as informações disponibilizadas nos *sites* voltados para os alunos de Ensino Médio e de Ensino Superior, foram consultadas autoridades especialistas da área de Bioquímica, como professores do Laboratório de Química e Função de Proteínas e Peptídeos - LQFPP [UENF]. Foram também levadas em consideração as discussões dos resultados apresentados em Simpósios e Congressos de Bioquímica, como o Congresso da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular [SBBq]. Levaram-se ainda em consideração

artigos científicos publicados em periódicos especializados da área de Bioquímica, indexados pela CAPES, com relação ao tema que estava sendo avaliado.

## RESULTADOS

### *Avaliação dos conteúdos curriculares relativos à subárea Bioquímica disponibilizados na Internet*

A qualidade do conteúdo das páginas eletrônicas foi avaliada de acordo com os seguintes parâmetros: presença de erros de grafia e de conceitos e atendimento a requisitos essenciais de confiabilidade. Os requisitos de confiabilidade compreenderam: indicação de público-alvo e de um responsável pelas informações; a formação acadêmica do responsável; a presença de recursos visuais (ilustrações) e de referências bibliográficas.

Os principais erros ortográficos e conceituais encontrados nos sites avaliados são apresentados nos Quadros 1 e 2, respectivamente. No Quadro 3 podem ser observados os dados obtidos na avaliação dos requisitos de confiabilidade desses sites.

GRAFIA INCORRETA	GRAFIA CORRETA
Glucose	Glicose
Fotofosforilação cilica	Fotofosforilação cíclica
Fotofosforilação acílica	Fotofosforilação acíclica
Estoma	Estroma
Grana	Grana
Plantas Canr	Plantas CAM
Foforilação oxidativa	Fosforilação oxidativa
O transporte ativo é importante para a manutenção da viola da célula.	O transporte ativo é importante para a manutenção da vida da célula.
Fosofrilação oxidativa	Fosforilação oxidativa
ATP – Trifosfato de ademosina	ATP – Trifosfato de adenosina

Quadro 1 - Principais erros de grafia encontrados nos conteúdos analisados das páginas da Web destinadas ao Ensino Médio e ao Ensino Superior, que abordam os temas de Bioquímica

Fonte: Elaboração do autor

Todos os *sites* avaliados veiculavam seus conteúdos na língua portuguesa. Erros de digitação e até mesmo de concordâncias nominal e verbal podem prejudicar a leitura e o entendimento do conteúdo pelo aluno. Esses erros também podem confundir o aluno no momento da pesquisa, principalmente se ele não tiver domínio do conteúdo pesquisado.

Quanto à análise de erros conceituais, todos os *sites* analisados apresentaram pelo menos um erro conceitual, como os apresentados no Quadro 2.

<b>CONCEITOS ERRADOS</b>
A grande produção de ácido láctico durante os exercícios anaeróbicos leva ao desenvolvimento de câimbras musculares (fadiga muscular).
A equação da fotossíntese apresenta-se simplificada demais: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
Os carnívoros são animais que se alimentam somente de herbívoros.
A equação da respiração celular apresenta-se desbalanceada: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{Energia}$
Cada NAD captura 2 hidrogênios. Logo, formam-se NADH <sub>2</sub> .

Quadro 2 - Principais erros conceituais em Bioquímica encontrados nos conteúdos analisados das páginas destinadas ao Ensino Superior

Fonte: Elaboração do autor

Em seguida os *sites* investigados foram avaliados segundo os critérios de confiabilidade estabelecidos por Hung (2004). O Quadro 3 abaixo mostra os resultados dessa avaliação. Pode-se constatar que nenhum dos *sites* foi satisfatório e que os mesmos deixaram de atender a mais de um dos requisitos essenciais de confiabilidade.

<b>Página</b>	<b>Nível do Público-Alvo</b>	<b>Responsável pela página</b>	<b>Responsável pelo conteúdo</b>	<b>Referência Bibliográfica</b>	<b>Recursos Visuais</b>
BioMania	Superior e Básico	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Geocities.com	Superior	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
Geocities.com/bioquimica2000	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Biologo.com.br	Superior	Ausente	Presente	Presente	Presente

Quadro 3 - Avaliação das páginas quanto a requisitos essenciais à confiabilidade de sites

Fonte: Elaboração do autor

### *Discussão de alguns dos erros e/ou equívocos encontrados nos sites avaliados*

Erros ortográficos e/ou conceituais foram identificados nas páginas avaliadas, como mostrado nos Quadros 1 e 2. São exemplos a referência ao estroma como “estoma”, as fotofosforilações cíclica e acíclica, como “cíclica” e “acíclica”, à grana [agrupamento de tilacoides individuais] como “grama”, a inclusão do oxigênio como essencial à fermentação anaeróbica, a informação de que a fotólise da água ocorre na fase escura da fotossíntese, a afirmação de que os animais carnívoros alimentam-se somente de herbívoros, a representação simplificada das equações da fotossíntese e da respiração celular e, ainda, a informação de que durante a respiração celular as moléculas de NAD são transformadas em  $\text{NADH}_2$ . Foram constatados também erros de grafia e erros gramaticais em geral, além da falta de abordagem de questões importantes nos processos metabólicos, o que torna os livros, ainda que por vezes defasados em relação a bibliografias mais atualizadas, uma opção mais confiável para a pesquisa escolar. Outro problema detectado foi a constante prática de inserção de cópias de textos e figuras, sem menção de direitos de reprodução de imagens e textos, nem de referências bibliográficas (Quadro 3). A seguir serão discutidos alguns erros conceituais encontrados nos sites analisados e que estão apresentados no Quadro 2.

**Erro 1:** A grande produção de ácido láctico durante os exercícios anaeróbicos leva ao desenvolvimento de câimbras musculares [fadiga muscular].

A hipótese do lactato como indutor de dor muscular tardia já é uma questão bem superada pelas pesquisas da bioquímica do exercício. Trabalhos recentes questionam até mesmo se o lactato é somente produzido sob condições de anaerobiose.

Numerosos estudos que se iniciaram com os de Pasteur no século XVIII demonstraram que a anóxia e a hipóxia estimulam a produção celular de ácido láctico (KEILIN, 1966). Por exemplo, em 1981, Araki relatou elevados níveis de lactato no sangue e na urina de uma variedade de animais submetidos à condição de hipóxia. Fletcher e Hopkins (1907) encontraram um acúmulo de lactato sob condições de anóxia tanto quanto em condições de estimulação prolongada à fadiga em músculos de anfíbios *in vitro*. Posteriormente, Hill et al. (1924) postularam que o ácido láctico aumenta durante o exercício muscular por causa da falta de oxigênio, que é requerido para que ocorra suprimento

energético suficiente durante a contração muscular.

Não há divergência sobre que valores de pressão de  $O_2$  na faixa de 0,5 Torr ou menos resultem num “turnover” limitado de citocromo- $O_2$ , e desta forma, numa fosforilação oxidativa limitada, uma condição denominada disóxia [CONNET et al., 1990]. Entretanto, surgiram questionamentos visando entender se a produção elevada de ácido láctico e seu acúmulo necessariamente indicam uma condição de disóxia.

Passados cerca de 35 anos, consideráveis evidências têm surgido contra a ideia da disóxia como a causa primária de aumento da produção de ácido láctico e do conseqüente aumento da concentração de lactato no músculo e no sangue durante o exercício submáximo e em algumas situações clínicas. Pesquisas realizadas pelo grupo de Richardson et al. [1998] usando ressonância espectroscópica próton-magnética para determinar a saturação da mioglobina e, desta forma estimar a  $PO_2$  intramuscular, durante exercícios em humanos, demonstraram que o efluxo aumentado de lactato com o aumento da taxa de trabalho não parece ser resultante de suprimento inadequado de  $O_2$  e desta forma, da fosforilação oxidativa limitada. Vários estudos então acordaram que o  $O_2$  é somente um dos vários fatores que causam aumento na concentração de lactato no músculo e no sangue em exercícios de intensidades submáximas [NIELSEN et al., 2002].

Assim, o lactato pode ser considerado um metabólito anaeróbico na presença de anóxia, mas também um metabólito hipóxico na presença de disóxia, e um metabólito aeróbico na presença de um adequado suprimento de  $O_2$  e utilização de glicose e glicogênio como combustíveis.

**Acidose láctica e fadiga:** Em pH fisiológico, cerca de 99% do ácido láctico dissocia-se em lactato e prótons [ $H^+$ ]. Durante o exercício e contrações musculares, a concentração de lactato e de prótons pode chegar a níveis bastante elevados [FITTS, 1995]. Muitos pesquisadores têm atribuído que os efeitos deletérios do ácido láctico sobre o músculo e a *performance* dos exercícios são devidos ao  $H^+$  mais que o lactato [FITTS, 1995]. Assim, a diminuição da força muscular está relacionada com a diminuição do pH no músculo [SAHLIN, 1992]. Várias pesquisas experimentais sugerem que uma elevada concentração de  $H^+$  nos músculos pode diminuir a função muscular por: 1- reduzir a transição da ponte cruzada, 2- inibir a velocidade máxima de encurtamento, 3- inibir a ATPase miofibrilar, 4- inibir a taxa glicolítica, 5- inibir

a ligação de cálcio na troponina C e 6- reduzir a entrada de cálcio no retículo sarcoplasmático por inibir a ATPase do mesmo.

Em lugar da acidose, estudos com fibras musculares apontam o fosfato inorgânico como a principal causa de fadiga muscular [WESTERBLAD, 2002]. O fosfato inorgânico aumenta durante a intensa contração muscular ou exercícios devido à quebra da creatina-fosfato. Entretanto, estes estudos não avaliaram o efeito da alta concentração de  $H^+$  ou os efeitos combinados de uma reduzida liberação de cálcio, o baixo pH e uma concentração elevada de fosfato inorgânico [FITTS, 1995]. Parece que muitos estudos ainda serão necessários para elucidar as causas exatas envolvidas no processo de fadiga muscular.

**Ácido láctico e pH:** Como já citado anteriormente, mais de 99% do ácido láctico encontra-se dissociado em pH fisiológico. Isto tem levado à noção incorreta de que a doação de um próton para cada molécula de ácido láctico causa decréscimo de pH durante condições tais como as de exercícios físicos. Estudos realizados por Kowalchuk et al. [1998] têm demonstrado que, embora o lactato possa ser um dos componentes envolvidos no aumento da concentração de  $H^+$ , não é definitivamente o único fator envolvido em mudanças do pH.

**Ânion lactato e fadiga muscular:** Durante anos o lactato não foi considerado importante para o desenvolvimento de fadiga. Entretanto, nos anos 90, vários estudos levantaram a possibilidade de o lactato desempenhar algum papel no processo de fadiga muscular [SPANGENBURG et al., 2001]. Estudos de Posterino et al. [2001] têm relatado efeitos mínimos [5% ou menos] do lactato sobre a contratilidade muscular.

**Fatores envolvidos em dores musculares:** A literatura descreve de forma consistente que a realização de exercícios não acostumados ou aqueles dotados de grande requerimento de ações musculares excêntricas podem induzir eventos lesivos nas estruturas da fibra muscular [ARMSTRONG, 1988]. Como consequência, haveria a caracterização dos seguintes sintomas: dor muscular tardia [BYRNES et al., 1985], decréscimo na produção de força muscular [HOWELL et al., 1993], alterações na amplitude de movimento [MAIR et al., 1995] e liberação de enzimas no meio extracelular [GLEESON et al., 1995].

Diante de toda essa discussão apresentada, continuar considerando o ácido láctico como sendo o responsável pelo desenvolvimento de dores musculares, é um conceito, no mínimo, equivocado.

**Erro 2:** Equação global da fotossíntese:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Essa é a equação global que representa, de forma muito simplificada, o processo de fotossíntese. Embora a mesma esteja correta, esses coeficientes nada informam quanto aos detalhes do processo. Uma das grandes dúvidas dos alunos é: O oxigênio produzido durante a fotossíntese provém do  $\text{CO}_2$  ou da  $\text{H}_2\text{O}$ ?

A identificação da origem do oxigênio foi um dos primeiros empregos de um isótopo radioativo em pesquisas biológicas. Para isso, dois grupos de plantas verdes foram preparados para realizar fotossíntese. As plantas do primeiro grupo foram supridas com água contendo o isótopo do oxigênio pesado  $^{18}\text{O}$  e com  $\text{CO}_2$  contendo apenas o isótopo de oxigênio comum,  $^{16}\text{O}$ . Já às plantas do segundo foram fornecidos  $\text{CO}_2$  marcado com  $^{18}\text{O}$  e água contendo apenas  $^{16}\text{O}$  [PURVES et al., 2002].

Quando o oxigênio de cada grupo de plantas foi coletado e analisado, constatou-se que  $\text{O}_2$  contendo  $^{18}\text{O}$  era produzido em abundância pelas plantas que receberam água com o  $^{18}\text{O}$ , mas não pelas plantas submetidas ao  $\text{CO}_2$  marcado. Esses resultados mostraram que todo o oxigênio produzido durante a fotossíntese provém da água [PURVES et al., 2002]. Essa descoberta está expressa na equação:



A água aparece em ambos os lados da equação porque é usada como um reagente e liberada como um produto. Nessa equação existem moléculas de água suficientes para explicar todo o oxigênio produzido [PURVES et al., 2002].

A produção fotossintética por plantas verdes é uma importante fonte de oxigênio atmosférico necessário para a maioria dos organismos, incluindo as próprias plantas, a fim de completar suas cadeias respiratórias e obter energia para a vida [PURVES et al., 2002].

Diante de tudo o que foi exposto acima representar a fotossíntese pela equação mais simplificada pode gerar dúvidas aos alunos, principalmente os de Ensino Médio que possuem menos informações e estão tendo contato pela primeira vez com esse conteúdo complexo, que por si só, já é de difícil entendimento por parte deles, como mostra a prática em sala de aula.

**Erro 3:** O piruvato é um composto formado durante o processo de glicose.

Qualquer livro de Bioquímica de 3.º grau começa o capítulo relacionado à glicólise definindo este processo. Segundo Lehninger et al. [1997], a *glicólise é a sequência de reações químicas que transforma a molécula de glicose em*

*piruvato* com a concomitante produção de uma quantidade relativamente pequena de ATP. Em organismos aeróbicos, a glicólise é o prelúdio ao ciclo de Krebs e à cadeia transportadora de elétrons que, juntos, captam a maior parte da energia da molécula de glicose. Em condições aeróbicas, a molécula de piruvato entra na mitocôndria, onde é completamente oxidada a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .

Logo, pode-se perceber que a frase apresentada num dos *sites* analisados apresenta um grave erro conceitual, que pode levar muitos alunos a desenvolverem conceitos errados em relação ao metabolismo energético celular, principalmente para os alunos do Ensino Médio, pois estes apresentam menos conhecimentos que os alunos de Ensino Superior.

**Erro 4:** Cada NAD captura 2 hidrogênios. Logo, formam-se  $\text{NADH}_2$ .

A frase acima foi encontrada na maioria dos *sites* avaliados e apresenta erros conceituais que fazem com que muitos alunos e até mesmo professores possam desenvolver vários conceitos errados. Pode-se perceber claramente os erros da frase acima através dos conceitos descritos por Berg, Tymoczko e Stryer (2004). Os seres quimiotróficos derivam a energia livre da oxidação das moléculas alimentares, como a glicose e os ácidos graxos. Em organismos aeróbicos, o aceptor final de elétrons é o oxigênio molecular ( $\text{O}_2$ ). Contudo, os elétrons não são transferidos diretamente das moléculas alimentares e de seus produtos de degradação para o  $\text{O}_2$ . Em vez disso, esses substratos transferem elétrons para carreadores especiais, que são nucleotídeos piridínicos ou flavinas. As formas reduzidas desses carreadores transferem então os seus elétrons de alto potencial para o  $\text{O}_2$  através de uma cadeia de carreadores de elétrons localizada na membrana interna das mitocôndrias. O gradiente de prótons, formado como resultado desse fluxo de elétrons, impulsiona então a síntese de ATP a partir de ADP e  $\text{P}_i$ . Esse processo, chamado fosforilação oxidativa, é a principal fonte de ATP para os organismos aeróbicos. Como alternativa, os elétrons de alto potencial derivados da oxidação das moléculas alimentares podem ser usados em biossínteses que necessitam de poder redutor além do ATP.

*Nicotinamida adenina dinucleotídeo ( $\text{NAD}^+$ ) é um dos principais aceptores de elétrons na oxidação das moléculas alimentares. A parte reativa do  $\text{NAD}^+$  é o anel de nicotinamida, um derivado piridínico. Na oxidação de um substrato,*

o anel de nicotinamida do  $\text{NAD}^+$  aceita um íon hidrogênio e dois elétrons, que são equivalentes a um íon hidreto. *A forma reduzida deste carreador é representada por NADH. Na forma oxidada, o átomo de nitrogênio é tetravalente e carrega uma carga positiva, como representado por  $\text{NAD}^+$*  [BERG et al., 2004].

O  $\text{NAD}^+$  é o aceptor de elétrons em muitas reações do tipo desidrogenações. Nessas reações, um átomo de hidrogênio é diretamente transferido para o  $\text{NAD}^+$ , enquanto que o outro fica em solução como um próton. Os dois elétrons perdidos pelo substrato são transferidos para o anel de nicotinamida gerando a forma reduzida NADH [BERG et al., 2004].

Analisando o texto acima, pode-se perceber que a frase encontrada nos sites encontra-se completamente equivocada quanto aos conceitos bioquímicos corretos.

Em praticamente todas as páginas analisadas neste trabalho houve ausência de referências bibliográficas. Para Hung [2004], a precisão das informações obtidas na Internet é o segundo critério mais importante para a avaliação das fontes da Web. Muitos dos alunos entrevistados na pesquisa realizada por este autor consideraram a referência bibliográfica como a característica mais importante para avaliar a precisão de uma página na Web.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Todas essas questões alertam a comunidade educadora para a necessidade urgente de avaliações rigorosas de ambientes informatizados que divulgam materiais em caráter didático e não são submetidos a processos de revisões editoriais, tal como ocorre com livros, *softwares* ou programas educacionais [MONTEIRO; MARTINS, 2002]. Conforme também ressaltado por Nunes [2000], a maioria das informações está na rede sem referências bibliográficas e, em geral, as páginas são organizadas com um forte caráter comercial, não indicando outras fontes de consulta que permitam ao aluno aprofundar-se no tema.

Segundo Mota [2009], a Internet é uma mina de ouro. Porém, numa mina de ouro, para cada tonelada de minério, há cerca de 10 gramas de ouro. O aluno, o professor, o pesquisador devem estar conscientes de que, para encontrar as informações valiosas na Internet, devem levar em consideração parâmetros

que estabeleçam a confiabilidade destas, pois sendo a Internet uma mídia aberta, qualquer pessoa pode disponibilizar informações que contenham erros e, desse modo, prejudicar a aquisição de conhecimentos corretos, interferindo no processo de ensino-aprendizagem.

Assim, para que a pesquisa na Internet tenha maior sucesso em sua eficácia, alguns parâmetros devem ser observados ao se realizar uma pesquisa com fins educacionais. Deve-se verificar se:

- o *site* apresenta o corpo editorial responsável pela seleção das informações que estão sendo veiculadas;
- os responsáveis pelo *site* são autoridades na área em que a pesquisa está sendo realizada;
- o *site* exige um cadastro do usuário para que este tenha acesso às informações e se o cadastro é gratuito;
- o *site* é indicado por uma sociedade competente na área de interesse;
- o *site* divulga materiais científicos atualizados na área de interesse;
- o *site* disponibiliza material didático que favoreça o processo de ensino-aprendizagem, como figuras que facilitem o entendimento do conteúdo, *softwares* educativos, animações;
- o *site* é recomendado por entidades, universidades, órgãos públicos e privados e instituições reconhecidamente qualificadas.

## REFERÊNCIAS

ACKERMANN, E.; HARTMAN, K. *Searching & researching on the Internet & World Wide Web*. 3. ed. Wilsonville: Beedle & Associates, 2003.

AKIL, C. V. et al. Tecnologia da informação: Qual o seu lugar na escola?. *Democratizar*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, set./dez. 2008.

ARMSTRONG, R. B. Muscle fiber recruitment patterns and their metabolic correlates. In: *Exercise, Nutrition and Energy Metabolism*. Horton ES & Terjung RL, p. 9-29, 1988.

BECHERER, K. I.; MARUTTI, M. D.; MENEZES, W. L. de. *A Internet como influência positiva dentro da aprendizagem de estudantes universitários do curso de Letras. Hispanista*. Disponível em: <[http://www.hispanista.com.br/revista/internet\\_wagner\\_126.pdf](http://www.hispanista.com.br/revista/internet_wagner_126.pdf)>. 2001. Acesso em: 26 jan. 2006.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. *Bioquímica*. 5. ed. Rio de Janeiro:

Guanabara Koogan, 2004. Cap. 12, 13, 16, 17, 18, 19 e 20.

BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; COUTINHO C. P. Recomendações para produção de podcasts e vantagens na utilização em ambientes virtuais de aprendizagem. *Prisma.Com*, n. 6, p. 125-140, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto – MEC. Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE. Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 98. Guia de Livros Didáticos 1<sup>a</sup> à 4<sup>a</sup> séries, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto – MEC. Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE. Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 98. Guia de Livros Didáticos 5<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> séries, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2005. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br>>. Acesso em: 17 fev. 2006.

BYRNES, W. C.; CLARKSON, P. M.; WHITE, J. S.; HSIEH, S. S.; FRYKMAN, P. N.; MAUGHAN, R. J. Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *J. Appl Physiol*, v. 59, n. 3, p. 710-715, 1985.

CARVALHO, A. A. A. Indicadores de qualidade de sites educativos. *Cadernos SACAUSEF*, n.2, p. 1-28, 2006.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. *Educação e Pesquisa*, v. 30, n. 3, p. 549-566, set./dez. 2004.

CONNET, R. J.; HONIG, C. R.; GAYESKI, T. E. J.; HONIG, C. R. Lactate efflux is unrelated to intracellular PO<sub>2</sub> in a working red muscle in situ. *J. Appl. Physiol.* v. 68, p. 833-842, 1990.

COUTINHO, C. P. Tecnologias Web 2.0 na sala de aula: três propostas de futuros professores de português. *Educação, Formação & Tecnologias*, v. 2, p. 75-85, maio 2009.

DAVIS, P. M.; COHEN, S. A. The effect of the Web on undergraduate citation behavior 1996-1999. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 52, n. 4, p. 309-314, 2001.

FITTS, R. H. *Biochemistry primer for exercise science*. Champaign: Human Kinetics, 1995.

FLETCHER, W. M.; HOPKINS, F. G. Lactic acid in amphibian muscle. *J. Physiol.*, v. 78, p. 247-309, 1907.

GAVA, A. C. A Internet no contexto escolar: Alguns Recursos e suas Aplicações Pedagógicas. *Perspectivas em Educação*, Caieiras, São Paulo, ano 1, n. 3, p. 1-14, maio/ago. 2008.

GLEESON, M.; BLANNIN, A. K.; ZHU, B. Cardiorespiratory, hormonal and

haematological responses to submaximal cycling performed two days after eccentric or concentric exercise bouts. *Journal of Sports Sciences*, n. 13, 471-479, 1995.

HILL, A. V.; LONG, C. N. H.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. Part VI. The oxygen debt at the end of exercise. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, v. 97, p. 127-137, 1924.

HOWELL, J. N., CHLEBOUN, G., CONATSER, R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *Journal of Physiology*, n. 464, 183-196, 1993.

HUNG, T. Y. Undergraduate students' evaluation criteria when using Web resources for class papers. *Journal of Educational Media & Library Sciences*, v. 42, n. 1, p. 1-12, 2004.

INÁCIO, P.; GAMBOA, V. A Auto-eficácia na utilização da internet para a pesquisa de informação escolar e profissional. *Revista Brasileira de Orientação Profissional*, v. 9, n. 1, p. 13-28, 2008.

KEILIN, D. The history of cell respiration and cytochrome, *Cambridge University Press*, Cambridge, 1966.

KIRK, E. E. *Evaluating information found on the Internet*. John Hopkins University. 2002. Disponível em: <<http://milton.mse.jhu.edu:8001/research/education/net.html>>. Acesso em: 7 mar. 2006.

KOWALCHUK, J. M.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; LINDINGER, M. I. Factors influencing hydrogen ion concentration in muscle after intense exercise. *J. Appl. Physiol.*, n. 65, p. 2080-2089, 1998.

LEHNINGER, A.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Principles of Biochemistry*. 2. ed. Irving Place: Worth Publishers, 1997.

MAIR, J. et al. Rapid adaptation to eccentric exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, n. 16, p. 352-356, 1995.

MONTEIRO, B. A. P.; MARTINS, I. A internet e o ensino de ciências: análises preliminares e uma proposta inicial de avaliação de ambientes informatizados para o ensino de Química. In: EREBIO, 2., 2002. *Anais...* 2002. p. 183-185.

MOTA, J. *Da Web 2.0 ao e-Learning 2.0: aprender na Rede*. 2009. Disponível em: <<http://orfeu.org/weblearning20/>>. Acesso em: jan. 2012.

NIELSEN, H. B.; CLEMMESSEN, J. O.; SKAK, C. Attenuated hepatosplanchnic uptake of lactate during intense exercise in humans. *J. Appl Physiol*, Bethesda, v. 92, n. 4, p. 1677-1683, 2002.

NUNES, L. S.; BARBOSA, R. M. N.; AMARAL, E. M. R. *Pesquisando e estudando*

*química na Internet*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 23., 2000. Disponível em:<<http://www.sbq.org.br/ranteriores/23/resumos/1293/>>. Acesso em: 17 dez. 2003.

OLAISEN, J. Information quality factors and the cognitive authority of electronic information. In: WORMELL, I. [Ed.] *Information quality: definitions and dimensions*. London: Taylor Graham, 1990. p. 84-91

PONTE, C.; VIEIRA, N.. Crianças e Internet: riscos e oportunidades: um desafio para a agenda de pesquisa nacional. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 5., 2007, Braga, Portugal. *Actas...* Braga, Portugal: Centro de Estudos de Comunicação, 2007. p. 2733-2741.

POSTERINO, G. S.; FRYER, M. W. Effects of high myoplasmic L-lactate concentration on E-C coupling in mammalian skeletal muscle. *J Appl Physiol.*, v. 89, p. 517-528, 2001.

PURVES, W. K.; SADAVA, D.; ORIAN, G. H. *Vida: A Ciência da Biologia*. 6. ed. Artmed, 2002.

RICHARDSON, R. S. et al. Lactate efflux from exercising human skeletal muscle: role of intracellular PO<sub>2</sub>. *J. Appl. Physiol.*, v. 85, p. 627-634, 1998.

SAHLIN, K. Metabolic factors in fatigue. *Sports Méd.*, 13, p. 99-107, 1992.

SPANGENBURG, E. E.; WILLIAMS, J. H.; ROY, R. R. Talmadge RJ: skeletal muscle calcineurin: influence of phenotype adaptation and atrophy. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 4: R1256-1260, 2001.

VASCONCELLOS, D. V.; GOMES, M. M.; FERREIRA, M. S. A fotossíntese em livros acadêmicos e escolares. In: SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; GOMES, M. M.; AYRES, A. C. M.; DORVILLÉ, L. F. [Orgs.]. In: ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA DA REGIONAL RJ/ES, 2., 2003, Niterói, RJ; Espírito Santo. *Anais...* Niterói: UFF; SBEnBIO, 2003. p. 63-66.

VILAS-BOAS, A. Conceitos errôneos de genética em livros didáticos do ensino médio. *Genética na Escola*, Ribeirão Preto, v. 1, n. 1, p. 9-11, 2006.

VOËT, D.; VOËT, J.D. *Biochemistry*. 2. ed. New York: Wiley Higher Education, 1995.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D. G.; LANNERGREN, J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News Physiol Sci*, v. 17, p. 17-21, 2002.