



# A Bioquímica como Ferramenta Interdisciplinar: Vencendo o Desafio da Integração de Conteúdos no Ensino Médio

Paulo R.M. Correia, Melissa Dazzani, Maria Eunice R. Marcondes e Bayardo B. Torres

A abordagem interdisciplinar dos temas das Ciências Naturais favorece a integração de conteúdos, evita a visão fragmentada do conhecimento e expõe os alunos à complexidade do processo de geração do conhecimento. Nesse contexto, a Bioquímica foi explorada como ferramenta interdisciplinar utilizando as proteínas e sua ação enzimática como tema central. As atividades foram divididas em três momentos distintos: 1) realização de experimentos para gerar resultados a serem interpretados; 2) introdução de subsídios teóricos a partir de textos e questionários; e 3) teatralização da síntese de proteínas com a participação de todos os alunos. A intervenção interdisciplinar proposta permitiu a discussão de conceitos bioquímicos, favorecendo a integração de conteúdos da Biologia e da Química.

► interdisciplinaridade, Bioquímica, proteínas, Biologia ◀

Recebido em 24/2/03; aceito em 16/12/03

A apresentação dos conteúdos relacionados às Ciências Naturais durante o Ensino Médio ocorre de maneira fragmentada, provocando o fracionamento do conhecimento em disciplinas isoladas. A configuração e o âmbito dessas disciplinas são freqüentemente estabelecidos pelos livros didáticos, que delimitam os conteúdos e a seqüência dos tópicos (Krasilchik, 1998). Nesse contexto, a discussão de temas complexos, como as questões ambientais e os problemas de saúde, fica prejudicada devido à necessidade de combinar conhecimentos de diferentes disciplinas (Morin, 2002).

A adoção de uma abordagem interdisciplinar no Ensino Médio é uma das indicações dos documentos oficiais (Brasil, 1999) e pode ser considerada uma das maneiras de superar a fragmentação do conhecimento (Schinitman, 1987; Morin, 2002). Além de evitar uma visão reducionista da Ciência, as intervenções interdisciplinares permitem utilizar assuntos mais interessantes para contextualizar as aulas (Lima *et al.*, 2000), favorecem a integração de conteúdos

e expõem os alunos à complexidade do processo de geração do conhecimento (Nolasco, 2002). A combinação dessas vantagens pode tornar mais significativa a aprendizagem dos conceitos científicos.

Os conteúdos discutidos nas aulas de Química permitem uma grande quantidade de interações com as outras disciplinas do Ensino Médio. Algumas discussões interdisciplinares podem ser promovidas a partir de temas de grande relevância, tais

como as questões ambientais e os problemas relacionados com a saúde (Figura 1).

A interação mais explorada ao longo do Ensino Médio tem ocorrido entre a Química e a Física. A valorização da Físico-Química pode ser observada na organização da maioria dos livros didáticos, que dedicam mais de 30% dos seus conteúdos às interações entre a Química e a Física (Feltre, 2000; Peruzzo e Canto, 1999).

A Bioquímica é um outro nicho

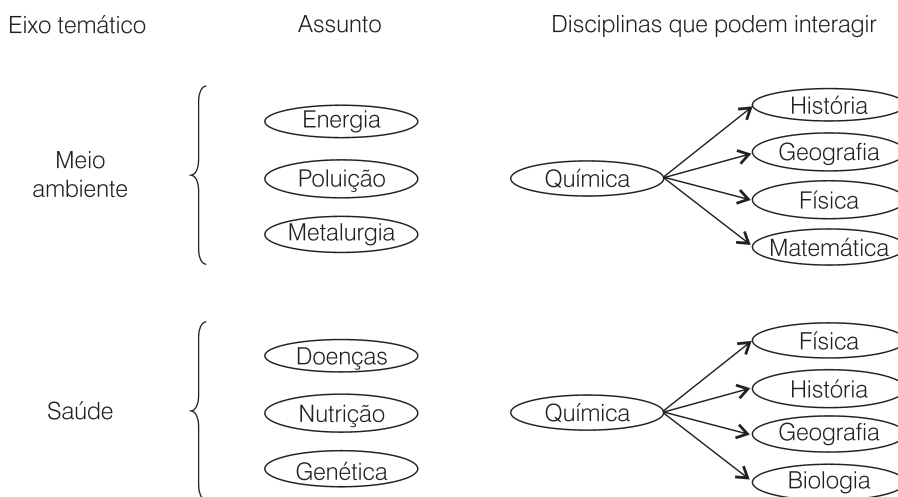


Figura 1: Algumas interações interdisciplinares que podem ser estabelecidas no Ensino Médio a partir da Química.

interdisciplinar explícito que pode ser estabelecido entre a Química e a Biologia. Apesar disso, as discussões bioquímicas ocorrem superficialmente no Ensino Médio, devido à falta de material didático que explore adequadamente essa interação. Conceitos como proteínas e sua ação enzimática são apresentados em momentos diferentes do Ensino Médio, durante as aulas de Química e Biologia. Além disso, as discussões ressaltam somente os aspectos químicos ou biológicos, impedindo uma abordagem interdisciplinar que o enfoque bioquímico pode propiciar.

Assim, uma intervenção interdisciplinar explorando as proteínas como catalisadores foi planejada, aplicada e avaliada. A elaboração das atividades considerou a necessidade de abordar, sob o ponto de vista químico, alguns processos tratados no Ensino Médio exclusivamente sob o enfoque biológico.

### Procedimentos

Durante um dia (8 horas) de atividades extraclasse, 20 alunos voluntários da 3ª série do Ensino Médio do Colégio Objetivo localizado em Suzano - SP foram submetidos à intervenção interdisciplinar. Um roteiro, contendo a descrição das atividades programadas e as informações teóricas necessárias para as discussões, foi previamente elaborado e distribuído aos alunos.

As estratégias didáticas aplicadas permitiram dividir as atividades em três momentos diferentes: 1) realização de experimentos, 2) leitura de textos com resolução de listas de exercícios e 3) teatralização da síntese de proteínas.

A experimentação foi utilizada para gerar resultados a serem interpretados e discutidos ao longo do dia. A rapidez de três transformações químicas foi avaliada na presença de materiais ricos em proteínas: saliva humana ( $\alpha$ -amilase), extrato de batata

(*catalase*), extrato de abacaxi (*proteases*) e clara de ovo (*albumina*). Esses materiais foram adicionados a tubos de ensaio contendo os substratos a serem degradados: solução de amido (Maizena®), água oxigenada ou folhas de gelatina colorida.

A observação visual dos tubos de ensaio permitiu avaliar em qual situação a rapidez das transformações químicas é aumentada: a solução esbranquiçada de amido torna-se praticamente incolor na

presença de  $\alpha$ -amilase; a liberação de gás oxigênio é intensificada durante o processo de decomposição da água oxigenada com *catalase*; o corante da folha de gelatina é progressivamente transferido para a solução com a degradação da proteína pelas *proteases*. Para facilitar a comparação visual, foi utilizado um tubo de ensaio de referência, contendo somente o substrato que estava sendo testado. Uma tabela com os resultados experimentais obtidos pelos grupos de alunos foi organizada para facilitar a interpretação dos fatos observados. A discussão a respeito da ação catalisadora das proteínas foi iniciada visando buscar explicações para os resultados dos experimentos.

A introdução de subsídios teóricos foi feita por meio de textos e de um roteiro de questões, que foram respondidas pelos alunos divididos em

Uma teatralização permitiu aos alunos representarem macroscopicamente fenômenos dinâmicos que envolvem a participação de vários componentes celulares, como DNA, RNA e ribossomo

As discussões bioquímicas ocorrem superficialmente no Ensino Médio, devido à falta de material didático que explore adequadamente essa interação

pequenos grupos. Os conceitos químicos e biológicos necessários para a compreensão dos experimentos foram abordados na seqüência indicada na Tabela 1. Desta maneira, os conhecimentos disciplinares foram progressivamente integrados e os fatos observados nos experimentos foram interpretados sob o ponto de vista bioquímico.

A síntese de proteínas foi discutida no final do dia para reforçar e sedimentar os novos conhecimentos bioquímicos. A teatralização permitiu aos alunos representarem macroscopicamente fenômenos dinâmicos que envolvem a participação de vários componentes celulares, como DNA, RNA e ribossomo (Amabis, 2001). A síntese de proteínas foi entendida como um processo organizado, que implica na ocorrência ordenada de várias reações químicas aceleradas por enzimas.

A avaliação dessa intervenção interdisciplinar foi realizada por meio de três questionários e dos depoimentos espontâneos dos alunos. Os questionários foram aplicados em três momentos distintos: 1) semanas antes da aula, para verificar as concepções prévias dos alunos e fornecer subsídios para elaborar o material a ser utilizado; 2) imediatamente após a aula, para avaliar o grau de integração dos conhecimentos disciplinares e a formação de conceitos bioquímicos; e 3) dois meses após a aula, para verificar quanto a aprendizagem foi significativa e estável.

Tabela 1: Conceitos teóricos discutidos no texto fornecido aos alunos.

Parte	Contextualização	Tópicos disciplinares abordados
I	O que afeta a rapidez de uma reação química?	Cinética química, catalisador, enzimas e modelo chave-fechadura
II	Do que são formadas as enzimas?	Polímeros, aminoácidos, aminas, ácido carboxílico e ligação peptídica
III	Por que a forma é algo tão importante?	Isomeria óptica, forças intermoleculares e desnaturação
IV	Como as células sintetizam as proteínas?	Síntese de proteínas, DNA, RNA, códons, ribossomos e integração celular

## Discussão das atividades desenvolvidas

A elaboração das atividades privilegiou estratégias didáticas pouco frequentes para os alunos que participaram dessa intervenção interdisciplinar. As aulas oferecidas regularmente são expositivas e as atividades experimentais ocorrem esporadicamente ao longo dos três anos do Ensino Médio. O material apostilado, que substitui os livros didáticos, dificulta a integração dos conteúdos das disciplinas e determina a seqüência dos assuntos. Verifica-se uma grande valorização do exame vestibular, que pode ser constatada pela realização periódica de provas que simulam as condições daquele exame. Dentro desse contexto, os papéis tradicionais a serem desempenhados pelos professores e alunos estão bem definidos: o corpo docente deve transmitir os conhecimentos específicos de sua disciplina através de aulas expositivas; aos alunos cabe comparecer às aulas e receber as informações.

O experimento proposto para iniciar as atividades teve o objetivo de expor os alunos ao caráter empírico da ciência. Além de mudar o ambiente usualmente encontrado na sala de aula, foi possível utilizar equipamentos básicos de laboratório e discutir como se planeja um experimento. As informações obtidas no laboratório serviram como ponto de partida para as discussões que ocorreram ao longo do dia. Desta forma, valorizou-se o trabalho realizado pelos alunos no laboratório e utilizou-se a experimentação para gerar questionamentos. Ao final dessa atividade, os alunos mostraram-se motivados para iniciar a busca por informações através da leitura do texto.

Os subsídios teóricos fornecidos no texto foram interpretados e discu-

tidos pelos alunos em pequenos grupos. Várias questões interrompiam a seqüência do texto, evitando que a atividade se tornasse monótona e auxiliando a fixação dos conceitos mais relevantes. Nessa situação, os alunos foram mais participativos e o grau de envolvimento com as tarefas propostas foi elevado. A troca de informações entre os alunos pôde ocorrer intensamente durante as discussões, permitindo que eles se auxiliassem no processo de

**A teatralização foi uma maneira de representar fenômenos moleculares e dinâmicos, com a participação ativa dos alunos. A parte final do texto fornecido descrevia sucintamente os eventos celulares que ocorrem durante a síntese de proteínas. Tomando por base esse texto, a tarefa solicitada aos alunos foi representar o processo**

entendimento dos novos conceitos. Esse trabalho em conjunto, que ocorreu durante toda a leitura do texto, favoreceu a aprendizagem colaborativa. O papel do professor consistiu em coordenar os vários grupos de discussão e, periodicamente, verificar se todos os alunos haviam compreendido as informações fornecidas no texto. Rápidas checagens das respostas dos alunos às questões permitiram ao professor avaliar o andamento dos grupos.

A utilização de um modelo visual macroscópico para representar a estrutura de uma proteína foi necessária para elucidar fenômenos moleculares como a desnaturação. As interações intramoleculares, responsáveis pela manutenção da estrutura espacial da proteína, foram representadas com auxílio de cliques coloridos e massa de modelar. Cada grupo recebeu um papel indicando a seqüência de dez aminoácidos que deveriam ser ligados, bem como a correspondência entre os aminoácidos e cada uma das cores dos cliques. Cada grupo construiu uma seqüência de dez cliques unidos representando a estrutura primária da proteína (Figura 2). Posteriormente, alertou-se os estudantes para o fato de alguns aminoácidos apresentarem grupos  $-OH$ , permitin-



Figura 2: Estrutura primária de uma proteína, com cada clipe colorido representando um aminoácido.

do o estabelecimento de interações por ligações de hidrogênio. Cada grupo avaliou a estrutura molecular dos aminoácidos utilizados e os cliques que representavam aminoácidos com grupos  $-OH$  foram unidos por meio de massa de modelar (Figura 3). Essa nova representação permitiu evidenciar a relação entre a seqüência de aminoácidos, a estrutura espacial e a ação biológica das proteínas baseada no modelo chave-fechadura.

A desnaturação por aquecimento ou por mudança de solvente foi discutida a partir de demonstrações utilizando clara de ovo tratada com álcool ou com aquecimento. A mudança de cor observada foi relacionada com uma alteração da estrutura espacial da proteína (rompimento de ligações intramoleculares), apesar da seqüência de aminoácidos não ter sido alterada (manutenção das ligações peptídicas, que são covalentes). A desnaturação dos modelos construídos pelos alunos foi simulada removendo-se a massa de modelar, o que destruiu a forma espacial da proteína obtida.

A teatralização foi uma maneira de representar fenômenos moleculares e dinâmicos, com a participação ativa dos alunos. A parte final do texto fornecido descrevia sucintamente os eventos celulares que ocorrem durante a síntese de proteínas. Tomando por base esse texto, a tarefa solicitada

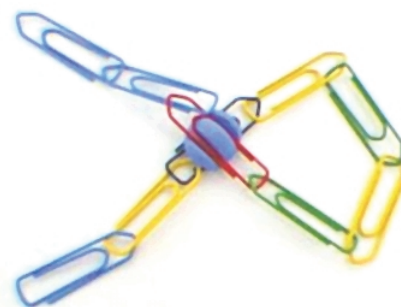


Figura 3: Representação de uma das ligações intramoleculares responsáveis pela forma espacial da proteína, utilizando massa de modelar.

aos alunos foi representar o processo. Os grupos de alunos destacaram as palavras desconhecidas, buscaram compreender seus significados e ordenaram a participação dos principais componentes envolvidos na síntese de proteínas. Este estudo preparou-os para a teatralização solicitada. A mudança da linguagem verbal para a linguagem gestual (corporal), necessária para a teatralização, é um recurso instrucional poderoso: para conseguir a transposição, é obrigatória a compreensão do fenômeno a ser representado.

Cada aluno representou um dos componentes celulares importantes para a síntese do glucagon, uma das proteínas que controlam a concentração de glicose no sangue. Além de permitir a discussão dos conceitos bioquímicos previamente abordados, os alunos compreenderam a importância da ordenação dos eventos celulares necessários para a síntese de proteínas. A célula passou a ser vista como um sistema muito bem organizado, onde cada estrutura desempenha uma função específica.

### Avaliação dos questionários

A comparação das respostas aos questionários aplicados antes e após a intervenção interdisciplinar permitiu verificar que os alunos estabeleceram novas relações entre os conhecimentos da Química e da Biologia. Os conceitos abordados em cada questionário estão indicados na Tabela 2.

A análise das respostas ao questionário inicial permitiu constatar que os principais conceitos a serem discutidos não eram desconhecidos. Por outro lado, as respostas indicaram que a memorização de definições encontradas nos livros didáticos predominava sobre o entendimento conceitual.

Os alunos relacionaram frequentemente o papel das enzimas com o processo digestivo, talvez porque a *ptialina* e a *pepsina* são exemplos comumente apresentados nos livros didáticos. A definição de enzimas fornecida pelos alunos [... catalisam e aceleram as reações *dentro do organismo* (sic)] e "... participam da

Tabela 2: Aspectos avaliados em função do momento de aplicação dos questionários.

Momento da aplicação	Aspectos avaliados
I Antes da atividade proposta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceitos prévios sobre cinética química, funções orgânicas, reação de neutralização, proteínas, enzimas, DNA e ribossomo</li> </ul>
II Logo após a atividade proposta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de conceitos bioquímicos referentes a proteínas</li> <li>• Visão sistêmica dos processos celulares</li> </ul>
III Dois meses após a atividade proposta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidação dos novos conhecimentos bioquímicos, reavaliando os tópicos mais relevantes sobre proteínas e suas funções</li> </ul>

digestão, quebrando as moléculas maiores para facilitar a absorção...") reforçaram esse fato. A falta de interação dos conhecimentos disciplinares da Química e da Biologia é outra característica marcante. Assim, a macromolécula "proteína" apresentada pela Química tem pouca relação com a "proteína" apresentada nas aulas de Biologia.

As respostas formuladas pelos alunos após a atividade indicaram um aumento da integração dos conteúdos disciplinares. A especificidade das enzimas e a desnaturação das proteínas foram compreendidas a partir da estrutura molecular. A classificação da afirmação "*Se a seqüência de aminoácidos estiver correta, a proteína resultante certamente irá desempenhar suas funções corretamente*" em verdadeiro ou falso indicou que os alunos passaram a entender as proteínas presentes nos organismos vivos como moléculas que possuem formas ("... se a forma, a estrutura da molécula for alterada, não haverá co-

mo esta desempenhar suas funções corretamente..."). Assim, o enfoque bioquímico das atividades permitiu integrar os conceitos de proteína apresentados isoladamente nas aulas de Química e Biologia.

A teatralização da síntese de proteínas auxiliou o desenvolvimento de uma visão sistêmica dos processos celulares. A função bioquímica desempenhada por diversos componentes celulares (DNA, RNA, ribossomo etc.) foi assimilada. A molécula de DNA, frequentemente exposta na mídia, ganhou ainda mais significado para os alu-

nos: ao interpretarem um quadrinho (Figura 4), o DNA foi entendido como "...guardião das características fundamentais..." e "...livro de receitas que contém a seqüência correta para cada proteína...".

O questionário aplicado após dois meses permitiu constatar que os conceitos bioquímicos abordados durante a atividade proposta foram assimilados de maneira significativa. A im-

A comparação das respostas aos questionários aplicados antes e após a intervenção interdisciplinar permitiu verificar que os alunos estabeleceram novas relações entre os conhecimentos da Química e da Biologia

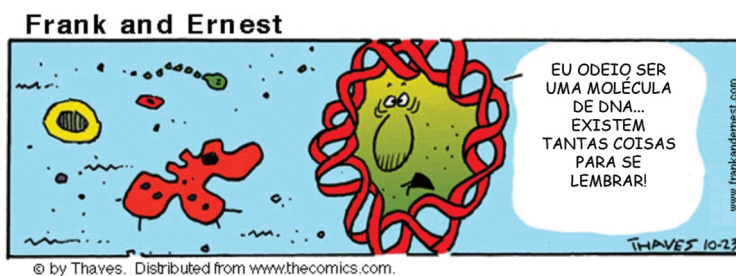


Figura 4: Quadrinho interpretado pelos alunos após a aplicação das atividades interdisciplinares.

portância da seqüência de aminoácidos e das ligações intramoleculares para garantir a forma espacial da proteína, o modelo chave-fechadura e o processo de desnaturação foram adequadamente discutidos pelos alunos. A síntese de proteínas foi retomada através da comparação entre dois segmentos de DNA, diferindo apenas por uma base nitrogenada. Os alunos conseguiram relacionar essa diferença com uma provável alteração estrutural da proteína, comprometendo seu funcionamento.

## Conclusões

A intervenção interdisciplinar desenvolvida permitiu aumentar a integração dos conteúdos da Química e da Biologia. A introdução de conceitos bioquímicos facilitou a compreensão de processos celulares complexos como a catálise biológica e a sín-

tese de proteínas. As estratégias didáticas utilizadas (experimentação e discussão em pequenos grupos) exigiram uma postura ativa dos alunos, diferente da passividade das aulas expositivas regularmente freqüentadas por eles. Mesmo com as 8 horas de duração da atividade, todos os alunos permaneceram até o final e mostraram um elevado envolvimento com todas as atividades desenvolvidas. A validade da aplicação dessa proposta ficou evidenciada nas declarações espontâneas dos alunos, que classificaram a intervenção interdisciplinar como "... uma maneira dinâmica de aprender, a partir do meu próprio raciocínio...".

## Nota

Este trabalho foi apresentado no XI Encontro Nacional de Ensino de Química, em Recife - PE.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Juliana Naozuka pela leitura crítica do texto e ao Colégio Objetivo (Suzano - SP) por permitir o desenvolvimento das atividades com seus alunos. P.R.M. Correia agradece à FAPESP pela bolsa concedida (processo 01/02590-2).

**Paulo R.M. Correia** (prmc@iq.usp.br), licenciado e bacharel em Química e mestre em Química Analítica pela Universidade de São Paulo (USP), é doutorando na área de Química Analítica no Instituto de Química da USP (IQ-USP). **Melissa Dazzani** (melissa\_daz@hotmail.com), licenciada e bacharel em Química pela USP e mestranda na área de Ensino de Ciências na USP, é professora de Química no Colégio Integrado Objetivo, em São Paulo - SP. **Maria Eunice R. Marcondes** (mermarco@iq.usp.br), licenciada e bacharel em Química e doutora em Química Orgânica pela USP, é docente do Departamento de Química Fundamental do IQ-USP. **Bayardo B. Torres** (bayardo@iq.usp.br), licenciado e bacharel em Biologia e doutor em Bioquímica pela USP, é docente do Departamento de Bioquímica do IQ-USP.

## Referências bibliográficas

AMABIS, J.M. *Conceitos de biologia: objetivos de ensino, mapeamento de conceitos, sugestões de atividades – Guia de apoio didático*. São Paulo: Moderna, 2001. p. 192-196.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais de Ensino Médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*, 1999.

FELTRE, R. *Química*. 5ª ed. São Paulo: Moderna, 2000. v. 2.

KRASILCHIK, M. Interdisciplinaridade: problemas e perspectivas. *Revista da USP*, n. 39, p. 38-43, 1998.

LIMA, J.F.L.; PINA, M.S.L.; BARBOSA, R.M.N. e JÓFOLI, Z.M.S. A contextualização no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 27-29, 2000.

MORIN, E. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 5ª ed. Trad. C.E.F. Silva e J. Sawaya. São Paulo: Cortez, 2002. p 35-46.

NOLASCO, S.M. Atividades interdisciplinares. *Química Nova*, v. 25, p. 502-504, 2002.

PERUZZO, F.M. e CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano*. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 1999. v. 2.

SCHINITMAN, N.I. (Ed.). *Manual de metodologia de la enseñanza de la Química*. Córdoba: Ed. Gonzales Truccone, 1987. p. 1.1-1.27.

## Para saber mais

COELHO, F.A.S. Fármacos e quiralidade. Em: Torres, B.B. e Barreiro, E.J. (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Química de Fármacos)*, n. 3, p. 23-32, 2001.

FRAGA, C.A.M. Razões da atividade biológica: interações micro- e biomacromoleculares. Em: Torres, B.B. e Barreiro, E.J. (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Química de Fármacos)*, n. 3, p. 33-42, 2001.

ROCHA, W.R. Interações intermoleculares. Em: Amaral, L.O.F. e Almeida, W.B. de (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular)*, n. 4, p. 31-36, 2001.

MARZZOCCO, A. e TORRES, B.B. *Bio-*

*química básica*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p. 270-274.

SNYDER, C. H. *The extraordinary chemistry of ordinary things*. 3ª ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1998. p. 455-490.

## Na Internet

O roteiro de atividades elaborado para desenvolver as atividades está disponível no seguinte sítio: <http://sbbq.iq.usp.br/revista/mtdidaticos.php>.

Alguns projetos dedicados à discussão de temas bioquímicos no Ensino Médio, desenvolvidos pelo Laboratório de Ensino a Distância do Instituto de Biologia da Unicamp, podem ser encontrados no seguinte sítio: <http://ensino.ibi.unicamp.br/>.

## Recurso multimídia

Um CD contendo programas educativos visando o ensino de Bioquímica e que trata de cinética enzimática pode complementar algumas discussões: GALEMBECK, E.; TORRES, B.B. *Bioquímica: softwares educacionais*, 1999.

**Abstract:** *Biochemistry as an Interdisciplinary Tool: Meeting the Challenge of Content Integration in High School* – The interdisciplinary approach to Natural Sciences' themes enhances content integration, avoids the compartmentalized perception of knowledge and exposes the students to the complexity of the knowledge generation process. In this context, Biochemistry was explored as an interdisciplinary tool, using proteins and their enzymatic action as a central theme. The activities were divided into three different stages: 1) doing experiments to generate results to be interpreted; 2) theoretical information supplied through texts and questionnaires; 3) theatrical role-playing of the protein synthesis process with the participation of all the students. This interdisciplinary intervention allowed the discussion of biochemical concepts, facilitating the integration of biological and chemical contents.

**Keywords:** Interdisciplinarity, biochemistry, proteins, biology