FERMENTAÇÃO ALCOOLICA: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE BIOLOGIA E QUÍMICA

Anelise Grünfeld de Luca – (Colégio Sinodal Ruy Barbosa)
Araceli Gonçalves Schneider – (Colégio Sinodal Ruy Barbosa)
Sandra Aparecida dos Santos – (Escola de Educação Básica UNIDAVI)
Fernando Guchert Weise – (Colégio Sinodal Ruy Barbosa)

Resumo: A fermentação é um dos mecanismos que permite a degradação parcial de moléculas orgânicas complexas em moléculas mais simples, liberando certa quantidade de energia. O presente trabalho foi realizado com um grupo de alunos do 3ºano do Ensino Médio, de uma escola particular na cidade de Rio do Sul - SC. Tendo como objetivo a discussão e análise de aspectos químicos, biológicos e matemáticos pertinentes à fermentação, aplicados, sobretudo, na produção de cervejas artesanais. Através deste trabalho foi possível observar o envolvimento dos alunos, desde o planejamento dos experimentos, a execução, a utilização dos materiais dentro das especificidades apresentadas nos roteiros, assim como visualizar alternativas para o processo de fermentação alcoólica. A contextualização de temas no ensino de química, biologia e matemática constitui-se aspecto fundamental para a aprendizagem, principalmente com a possibilidade da realização de atividades experimentais, configurando algo observável e provocador de discussões, favorecendo a produção de conhecimento científico.

Palavras-chave: fermentação, experimentação, ensino.

Introdução

A contextualização no ensino é fundamental, e tem sido apontada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (1999) e por várias pesquisas em educação. A busca por temas relevantes que possam ser desenvolvidos nas aulas de química em conexão com outras áreas se constitui significativo para a aprendizagem. Em contrapartida, desenvolver um tema que possa ser vivenciado através de experimentação é considerável, conforme explicita Guimarães (2009, p. 198) "[...] a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação."

A fermentação alcoólica oferece um contexto experimental significativo tanto para o ensino de Biologia quanto para o de Química, pois através de sua abordagem é possível desenvolver vários conceitos científicos importantes para as duas áreas de ensino.

A necessidade de um mecanismo para extrair a energia contida em moléculas energéticas, sejam elas advindas do meio, ou sintetizadas no próprio organismo, sempre acompanhou os seres vivos no decorrer de sua evolução. A fermentação é um dos mecanismos que permite a degradação parcial de moléculas orgânicas complexas em moléculas mais simples, liberando certa quantidade de energia. Supõe-se que as primeiras formas de vida, em condições anaeróbicas se utilizavam de algum processo semelhante à fermentação na obtenção de energia para seus processos metabólicos (AMABIS & MARTHO, 1994, JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004).

Hoje, bilhões de anos após o surgimento dos seres fotossintetizantes e do decorrente aparecimento da respiração celular - mecanismo muito mais eficiente, por permitir a degradação total de moléculas complexas com auxílio do poder oxidante do oxigênio, liberando ainda mais energia – poucas bactérias e fungos utilizam-se da fermentação como meio principal de obtenção de energia. Contudo, muitos destes seres representam papel crucial não apenas na indústria alimentícia e na produção de bebidas alcóolicas, que dependem diretamente de diferentes formas de fermentação para o processamento de ingredientes naturais em subprodutos como o ácido láctico, o etanol e o ácido acético, mas também na produção de outros insumos na indústria química, incluíndo

diversos ácidos, álcoois e cetonas (AMABIS & MARTHO, 1994, FERREIRA et al., 2007, JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004).

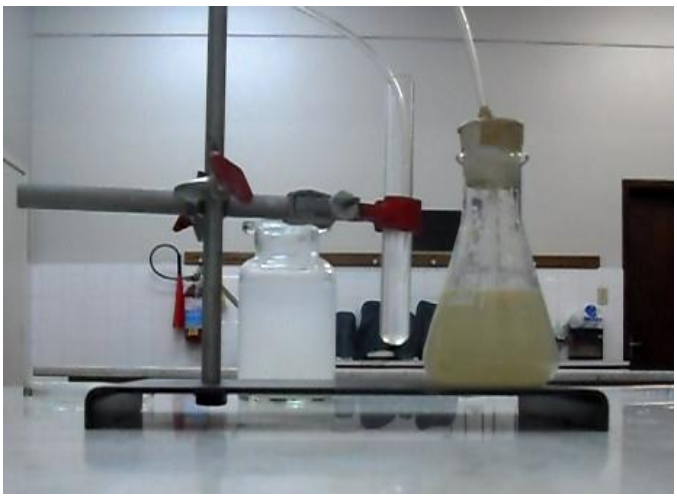
Enquanto a respiração celular transforma moléculas orgânicas nutritivas em dois compostos inorgânicos (água e gás carbônico), a fermentação tem como subproduto, além do gás carbônico, outra molécula, embora menos complexa que a original, ainda orgânica. Apesar de essa degradação parcial não ser tão vantajosa para o organismo que a realiza, por liberar menos energia - salienta-se que a obtenção de energia para as funções metabólicas seja o único fim de tais processos - ela pode ser realizada na ausência de oxigênio e ainda nos permite a utilização destes organismos na obtenção de produtos importantes para nossa vida cotidiana.

Metodologia

A fermentação alcoólica se constitui num processo artesanal de produção de cerveja, bastante utilizado no contexto em que se insere a cidade de Rio do Sul- SC, tendo em vista a colonização alemã predominante na região. A problematização deste tema teve início quando um grupo de alunos do 3º ano do Ensino Médio realizou uma visita a uma cervejaria artesanal na cidade de Lontras (município vizinho); lá observaram o processo de fabricação da cerveja do tipo “pilsen”, o que os motivou a realizar experimentos relacionados à fermentação alcoólica dos seguintes substratos: caldo de cana, solução de frutose e extrato de malte, com duas espécies de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces pastoranius*, no laboratório escolar. Ainda foram considerados aspectos relacionados à temperatura e ao pH das culturas e sua influência no processo de fermentação. O objetivo principal foi a discussão e a análise de aspectos químicos, biológicos e matemáticos pertinentes à fermentação, aplicados, sobretudo, na produção de cervejas artesanais. Pretendeu-se estudar as reações englobadas no processo da fermentação alcoólica e, por meio de culturas em laboratório, observaram-se as variações no ritmo do desenvolvimento das leveduras em função de variáveis do meio, como temperatura, acidez e concentração de substrato.

São apresentados a seguir procedimentos realizados pelos alunos no desenvolvimento do trabalho experimental, a partir de seis fermentações.

Em cada caso, foram feitos testes que comprovaram a liberação de gás carbônico e a presença de etanol no fermentado. As fermentações ocorreram no interior de kitassatos ou erlenmeyers com rolhas adaptadas, acoplados a mangueiras. A outra extremidade de cada mangueira encontrava-se imersa em uma solução aquosa de hidróxido de cálcio (água de cal) - $Ca(OH)_2$. As aberturas dos tubos foram vedadas com esparadrapo, para impedir maior interferência do gás carbônico atmosférico nos resultados. Os sistemas foram deixados em repouso por aproximadamente 24h, à temperatura ambiente nos casos em que foi empregado o *S. cerevisiae*. Quando foi utilizado o *S. pastorianus*, as montagens foram mantidas num refrigerador. As imagens abaixo mostram as etapas experimentais realizadas:



Montagem para a fermentação (frutose / *S. cerevisiae*). Fonte: Dos autores

Montagens para a fermentação com *S. pastorianus*. Fonte: Dos autores

O esquema demonstrado permite comprovar a liberação de gás carbônico na fermentação (especificamente, na redução do piruvato a aldeído acético), que segue pela mangueira (com o aumento da pressão interna causado pela liberação de gás dentro do recipiente fechado) e reage com o hidróxido de cálcio da solução, formando carbonato de cálcio, segundo a equação:

$$Ca(OH)_2\ (aq) + CO_2\ (g) \rightarrow CaCO_3\ (s) + H_2O\ (l)$$

A solução de hidróxido de cálcio pode ser facilmente preparada adicionando-se óxido de cálcio (CaO) à agua:

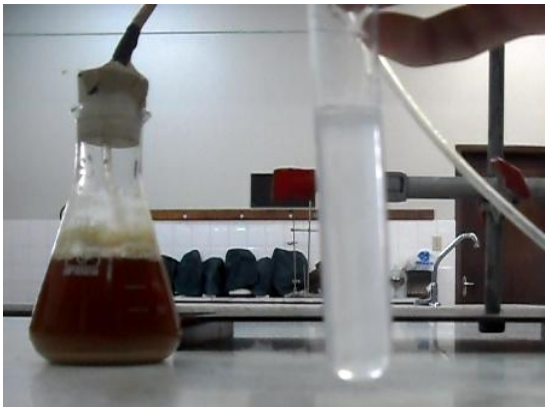
$$CaO\ (s) + H_2O\ (l) \rightarrow CaOH_2\ (aq)$$

O carbonato de cálcio é um sólido branco, que fica disperso no líquido, dando a impressão de turvá-lo. A tendência é que este sal seja decantado, formando um depósito no fundo do tubo de ensaio. O tempo em que os sistemas ficaram em repouso foi suficiente tanto para sua formação, quanto para sua decantação. Devido a isto, quando da análise dos resultados, foi necessário agitar os tubos para que o precipitado se dispersasse novamente pelo líquido.

A seguir estão apresentados os resultados do teste com água de cal para cada uma das fermentações:

S. cerevisiae – caldo de cana

Fonte: Dos autores

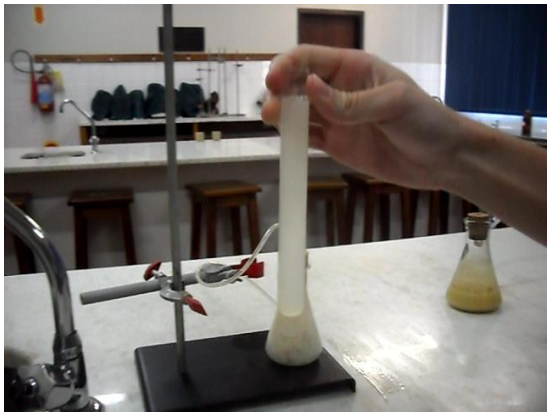


S. cerevisiae – extrato de malte

Fonte: Dos autores

S. pastorianus – extrato de malte

Fonte: Dos autores



S. cerevisiae – frutose

Fonte: Dos autores

S. pastorianus – caldo de cana

Fonte: Dos autores

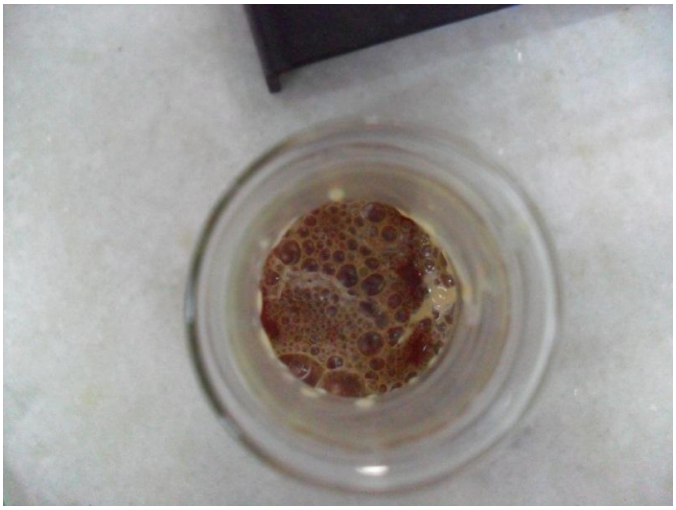
S. pastorianus – frutose.

Fonte: Dos autores

O aspecto turvo do líquido no interior dos tubos, após a agitação, evidencia a formação de carbonato de cálcio e consequentemente, do gás carbônico na fermentação. As imagens abaixo mostram partes dos sistemas após o período de repouso, ou seja, quando foram conferidos ou realizados os testes.

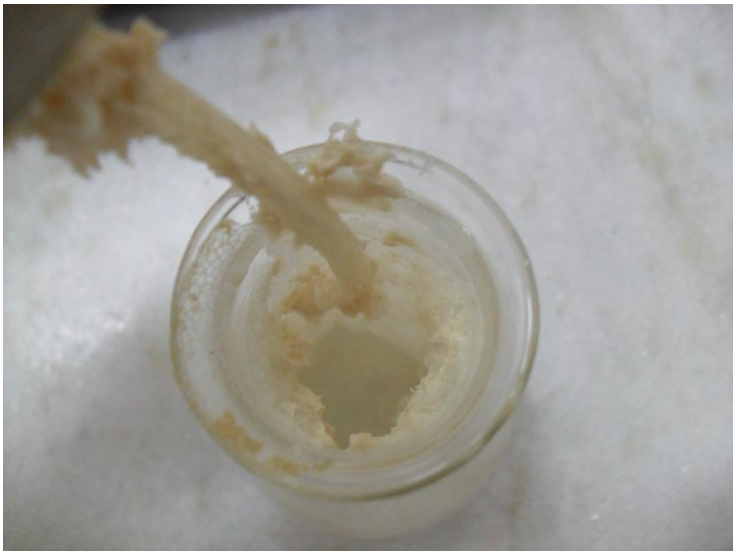
Fermentado de caldo de cana (*S. cerevisiae*)

Fonte: Dos autores



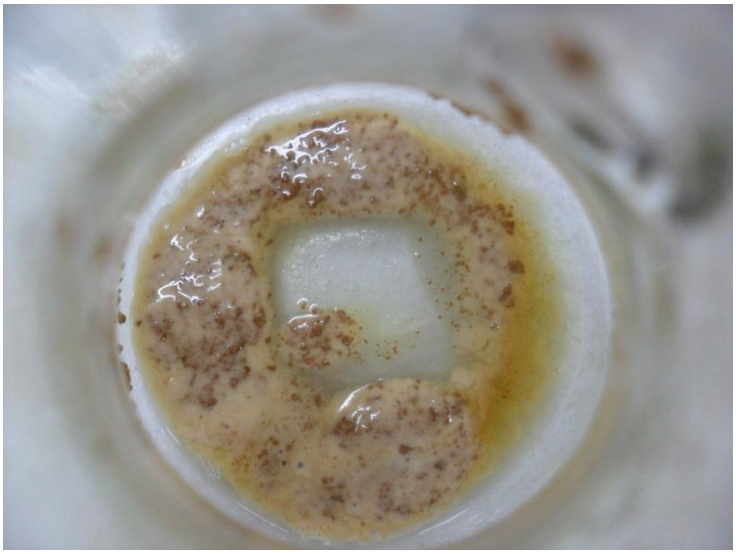
Fermentado de extrato de malte (*S. cerevisiae*)

Fonte: Dos autores



Fermentado de frutose (*S. cerevisiae)*

Fonte: Dos autores



Resíduos do extrato de *S. pastorianus* no fundo do kitassato (fermentado de caldo de cana)

Fonte: Dos autores

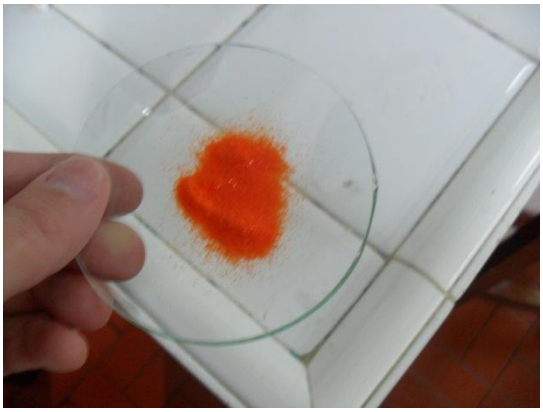
Após o teste com a água de cal, os fermentados foram filtrados (para reter a massa de levedura morta, ou mesmo ainda em alguma atividade). As amostras de cada recipiente foram então testadas com solução aquosa de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,1 M acidificada com ácido sulfúrico concentrado. O dicromato de potássio é um forte agente oxidante, que oxida álcoois primários (como o etanol) a aldeídos e ácidos carboxílicos. Quando essa reação de

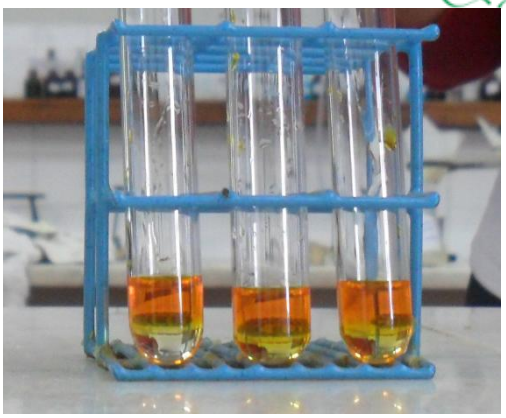
oxirredução ocorre, o cromo do composto é reduzido a cromo III, na forma de sulfato de cromo III – Cr_2SO_4 –, que possui coloração verde; e a cromo II, na forma de sulfato de cromo

$K_2Cr_2O_7$ (aq)	+	4 H_2SO_4 (aq)	+	3 C_2H_6O (g)	→	$Cr_2(SO_4)_3$ (aq)	+	3 C_2H_4O (g)	+	K_2SO_4 (aq)	+	7 H_2O (l)
Dicromato de potássio		Ácido sulfúrico		Etanol		Sulfato de cromo (III)		Etanal (aldeído acético)		Sulfato de potássio		Água

II – $CrSO_4$ –, que apresenta coloração azulada. Quanto maior for a concentração alcóolica, mais cromo II será formado e mais forte será o tom de azul. A reação de oxidação obedece à equação:

Todos os fermentados, após filtração. Da esquerda para a direita: caldo de cana, frutose e extrato de malte. Acima, fermentações com *S. pastorianus*; abaixo, com *S. cerevisiae*.
Fonte: Dos autores





Dicromato de potássio sólido; amostras da solução de dicromato de potássio 1com ácido sulfúrico. Fonte: Dos autores

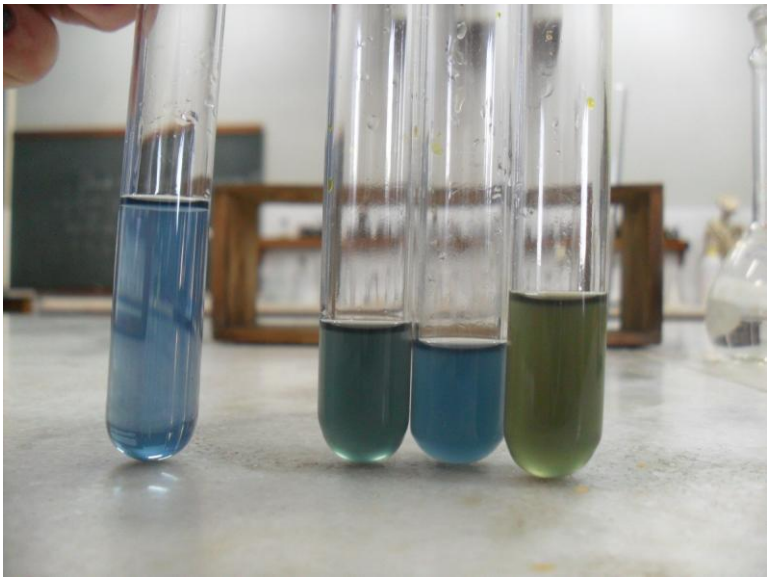
Os dados coletados experimentalmente permitiram a procura por um modelo matemático que descreva, de forma satisfatória, se não todo, mas ao menos algumas fases do desenvolvimento das leveduras, permitindo a contextualização das constatações no âmbito da produção cervejeira e a determinação das condições ideais do meio para a maior eficiência da fermentação.

Resultados e Discussão

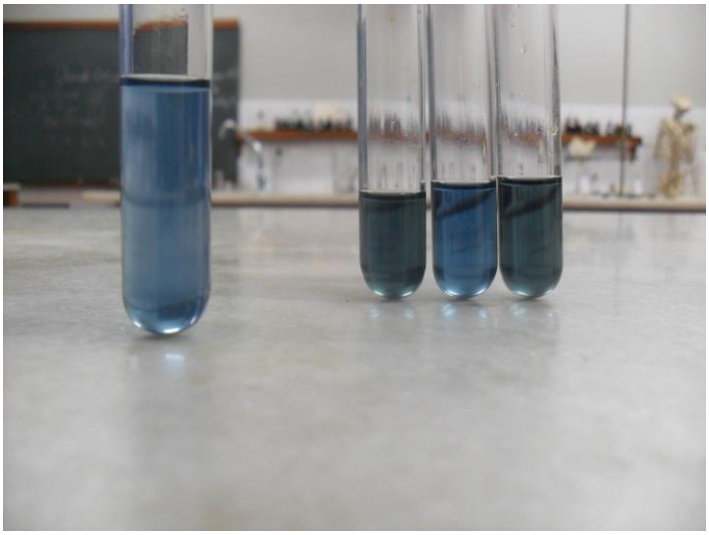
Através deste trabalho foi possível observar o envolvimento dos alunos, desde o planejamento dos experimentos, a execução, a utilização dos materiais dentro das especificidades apresentadas nos roteiros, assim como visualizar alternativas para o processo de fermentação alcoólica. Durante todas as atividades experimentais os alunos puderam aplicar os conceitos da química e da biologia, buscando elucidar todas as etapas do processo. A matemática presente constitui-se uma ferramenta para a formulação de modelos gráficos que descrevem os processos químicos e biológicos envolvidos. Considerando que os experimentos foram realizados numa perspectiva de investigação, os conteúdos conceituais desenvolvidos caracterizaram-se como resposta aos questionamentos feitos pelos alunos durante a interação com o contexto explorado, no caso a fermentação alcoólica. Também foi evidente a cumplicidade das áreas na elucidação dos fenômenos científicos observados, os alunos buscaram informações conceituais com os professores de química, de biologia e de

matemática para entendimentos a cerca da fermentação: como temperatura ótima para a ação das leveduras, condições para a reação com os substratos, quantidade de gás formado na fermentação, as enzimas presentes. A matemática pôde ajudar nos entendimentos quantitativos resultantes. A motivação observada dos alunos envolvidos na execução deste trabalho teve como base a reflexão em torno de ideias inconsistentes e o confronto com a situação problema apresentada; os entendimentos do processo de fermentação alcoólica.

As imagens a seguir mostram os resultados obtidos nas etapas experimentais:



Fermentação com *S. pastorianus*. Da esquerda para a direita: amostra de controle (álcool absoluto ~100%); caldo de cana; frutose; extrato de malte. Fonte: Dos autores



Fermentação com o *S. cerevisiae*. Da esquerda para a direita: amostra de controle; caldo de cana; frutose; extrato de malte. Fonte: Dos autores

Analisando os resultados, observa-se que e o etanol foi formado em todas as fermentações. Contudo, percebeu-se ainda, que as fermentações com *S. cerevisiae* foram mais eficientes que as realizadas com *S. pastorianus*. A explicação para tal fato pode encontrar-se na temperatura. Embora valores ótimos para este organismo se encontrarem em uma faixa menos elevada que a temperatura ideal para o *S. cerevisiae*, que pode atuar normalmente à temperatura ambiente, a temperatura no interior do refrigerador em que as amostras com *S. pastorianus* foram mantidas pode ter sido demasiado baixa, mesmo para esta espécie de levedura, desacelerando, em parte, suas atividades metabólicas e diminuindo o rendimento da fermentação.

Considerações Finais

Na pesquisa desenvolvida, o tema cerveja nos possibilitou uma interessante revisão e proporcionou a visualização da aplicação de diversos conceitos químicos, matemáticos e biológicos.

Dentro das áreas citadas, podemos evidenciar na matemática conteúdos tais como: função de primeiro grau, exponencial e logarítmica, PA, semelhança de triângulos,

matemática financeira, estatística, geometria espacial e analítica. Na química, reações de fermentação, oxirredução, contextualização da função álcool; enquanto que na biologia, abordou-se biodiversidade, morfologia e sistemática fúngica, respiração celular, relações ecológicas, entre outros.

A contextualização de temas no ensino de química, biologia e matemática constitui-se aspecto significativo para a aprendizagem, principalmente com a possibilidade da realização de atividades experimentais, configurando algo observável e provocador de discussões, bem como a interdisciplinaridade, favorecendo a produção do conhecimento científico.

Referências Bibliográficas

AMABIS, José Mariano, MARTHO, Gilberto Rodriguês. **Biologia**. São Paulo: Moderna, 1994. 608 p.

BRASIL, SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEF, 1999. 360 p.

FERREIRA, Maira, MORAIS, Lavinia, NICHELE, Tatiana Zarichta, DEL PINO, José Claudio. **Química orgânica - ensino Médio.** Porto Alegre: Artmed, 2007. 150 p.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. A experimentação no Ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo á aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola,** São Paulo, vol.31, n 3, p. 198-202, ago. 2009.

JUNQUEIRA, L.C. CARNEIRO, José. **Biologia Celular e Molecular.** São Paulo: Guanabara KOOGAN, 2004. 350p.