

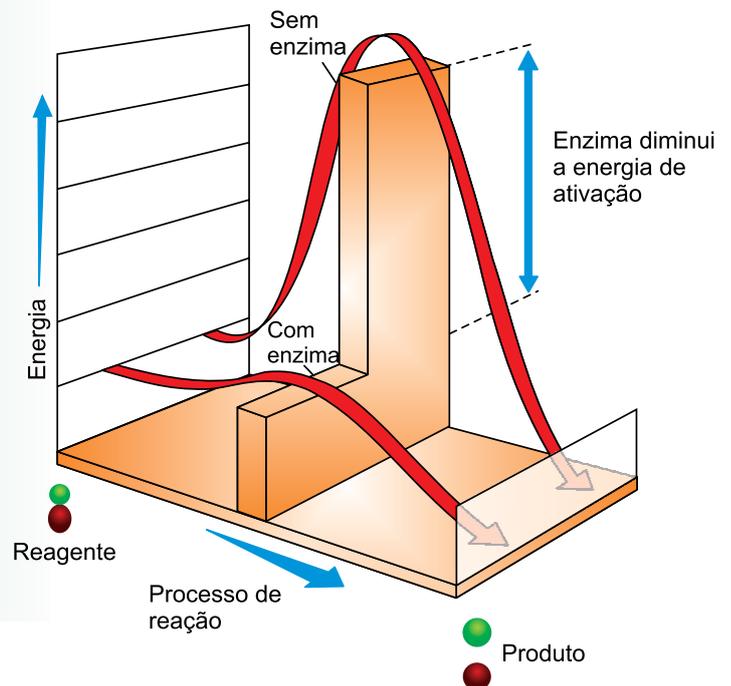
BIOQUÍMICA

Prof. Kennedy Ramos

UNIDADE 7: Enzimas

São **Biocatalisadores** ou **Catalisadores Biológicos**, ou seja, diminuem a energia necessária para que uma reação química aconteça (energia de ativação). Como a reação precisará de menos energia para acontecer, ela se processará mais rapidamente.

Nós somos constituídos principalmente por proteínas, que necessitam de uma alta energia de ativação. Assim, para reagirem, necessitam de uma alta temperatura, em torno de no mínimo de 70C°. Entretanto, nessa temperatura nossas proteínas se desnaturam. Logo, o papel das enzimas é fundamental por possibilitar que as reações bioquímicas aconteçam em temperaturas compatíveis com a vida.



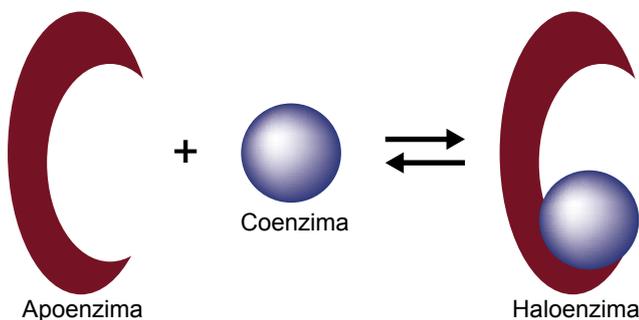
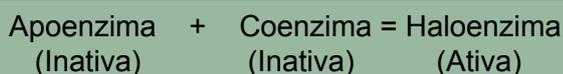
Tipos de Enzimas

■ Enzimas simples

São constituídas apenas por cadeias polipeptídicas.

■ Enzimas complexas ou Conjugadas

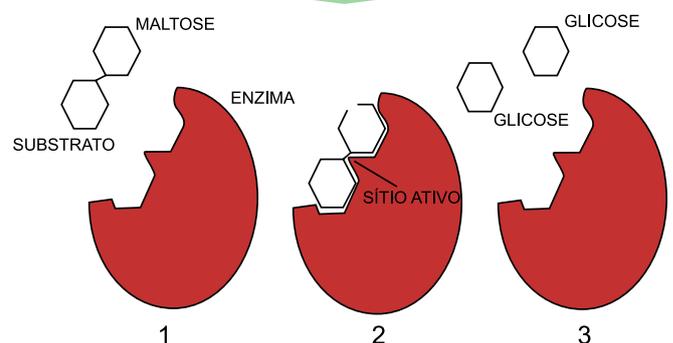
São constituídas por uma parte protéica denominada **Apoenzima** e outra não protéica denominada **Cofator** (inorgânico) ou **Coenzima** (orgânico). A apoenzima sozinha não é ativa.



Ação Enzimática

As enzimas viabilizam a reação química, porém, não participam da mesma. Chama-se substrato a substância sobre a qual a enzima age. O substrato encaixa num local específico da molécula enzimática denominado centro ativo ou sítio ativo. O modelo que explica esse funcionamento das enzimas chama-se chave-fechadura, pois elas são altamente específicas.

Exemplificando, teremos...



Note que, após catalisar uma reação, a enzima se desprende e permanece inalterada, podendo se combinar à outra molécula de substrato. Assim, a enzima não é consumida durante a reação e não muda a energia do produto remanescente, pois somente a energia de ativação é alterada (diminuída).

Nomenclatura

Uma classificação tradicional e que, por sua vez, tem sido cobrada no ensino médio, pode ser:

a) Substrato sobre o qual ela age

- Maltase – atua sobre a maltose.
- Lactase – atua sobre a lactose.
- Amilase – atua sobre o amido.
- Lipase – atua sobre lipídios.

b) Reação química que ela catalisa

- Hidrolase – atua na hidrólise.
- Oxidase – atua na oxidação.
- Fosforilase – atua na fosforilação.
- Oxirredutase – atua na oxirredução.

Característica da Ação Enzimática

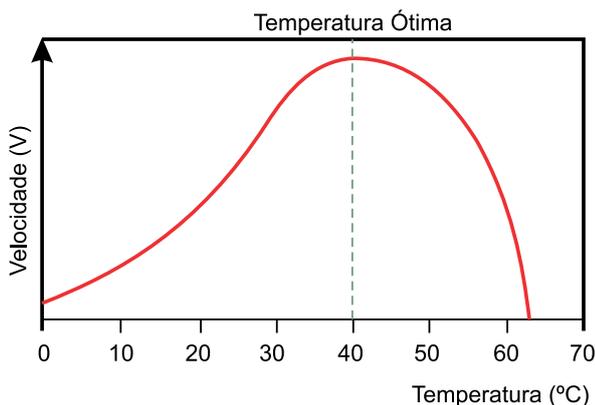
1. Temperatura

A velocidade da reação enzimática tende a aumentar com a elevação da temperatura do meio onde a enzima se encontra.

Geralmente, a cada aumento da 10°C da temperatura ambiente, a atividade enzimática duplica ou triplica. No entanto, existe um limite para a influência da temperatura, pois as enzimas podem sofrer desnaturação em temperaturas elevadas, perdendo a capacidade de ação adequada.

A temperatura limite para a atividade enzimática varia de acordo com a espécie de ser vivo. Nos seres humanos, de maneira geral, fica em torno de 35 a 40°C.

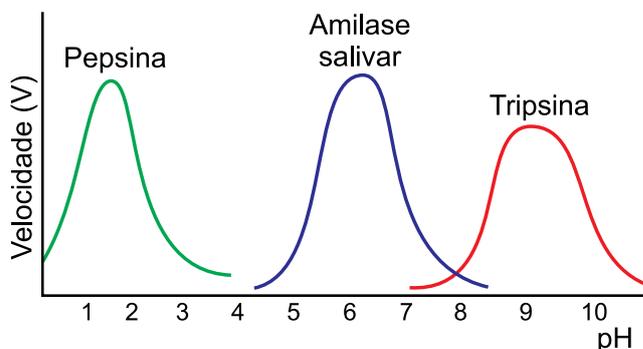
Exemplificando, teremos...



2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Cada enzima tem um pH ótimo, no qual a velocidade da reação catalisada é máxima. Fora dessa faixa, a atividade enzimática diminui. Note que o pH ótimo varia de acordo com a enzima. Normalmente, a inibição da atividade enzimática pelo pH é reversível.

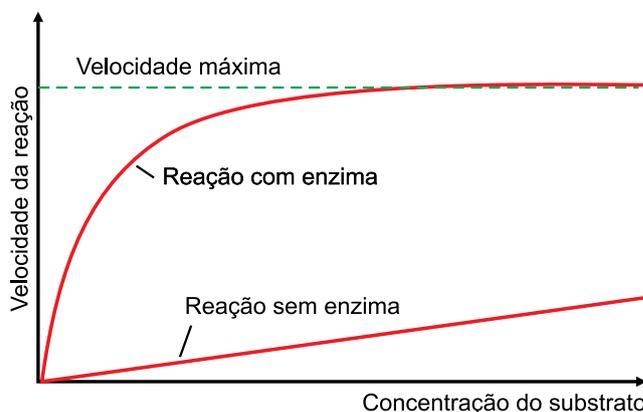
No entanto, em pH muito ácido, algumas enzimas podem sofrer desnaturação, perdendo definitivamente a capacidade de atuar.



3. Concentração do Substrato

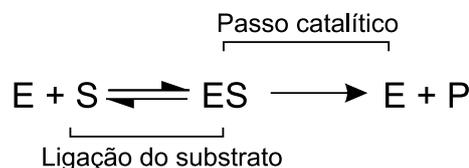
A velocidade da reação aumenta proporcionalmente com o aumento da concentração do substrato, até um ponto máximo onde a reação se estabiliza.

Considere que a partir de determinada concentração do substrato, todas as moléculas enzimáticas disponíveis estarão ocupadas.



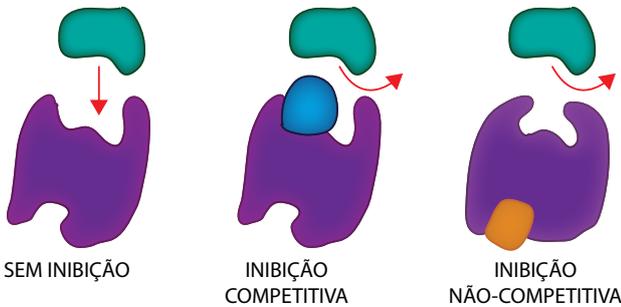
4. Reversibilidade da Reação

Como qualquer catalisador, a atividade das enzimas é reversível, podendo ocorrer nos dois sentidos da reação.

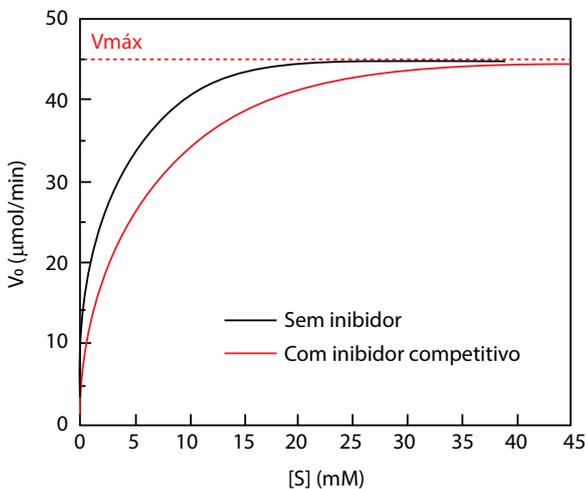


5. Inibidores Enzimáticos

Os inibidores podem ser de Reversíveis ou Irreversíveis em servem como forma de regulação do metabolismo, inibindo as reações quando necessário, mas nem todas as enzimas são reguladas por inibidores. Os irreversíveis são aqueles que se ligam às enzimas com alta afinidade e não desgrudam mais. O reversíveis podem ser divididos em competitivos e não-competitivos.



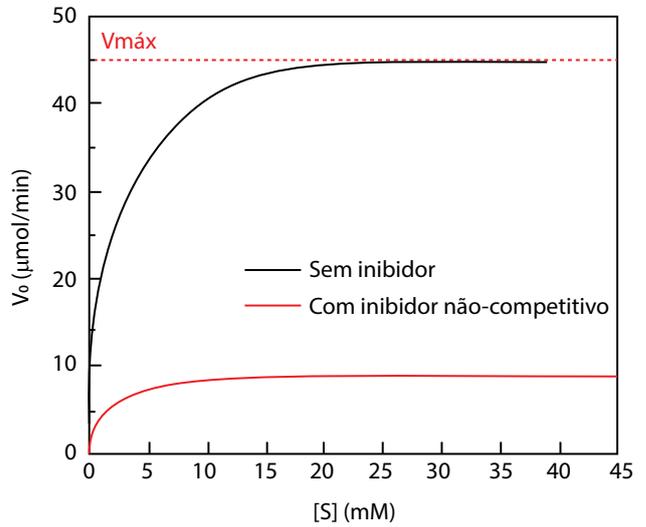
Os inibidores Reversíveis competitivos são aqueles que se assemelham ao substrato e, portanto, ocupam o sítio ativo. A ligação do inibidor não permite que o substrato se ligue ao sítio ativo da enzima. Porém, note que esse inibidor é Reversível. Dessa forma, se aumentarmos a concentração de substrato, podemos "reverter" esse quadro inibitório, ou seja, com altas concentrações de substrato, pode-se atingir a $V_{m\acute{a}x}$.



Os **inibidores Reversíveis não competitivos** são aqueles que não se assemelham ao substrato e, portanto, ocupam um sítio diferente do sítio ativo.

A ligação do inibidor permite que o substrato se ligue ao sítio ativo da enzima.

Mesmo sendo um inibidor Reversível, o aumento da concentração de substrato nunca "reverte" o quadro inibitório. Ou seja, mesmo com altas concentrações de substrato, não é possível atingir a $V_{m\acute{a}x}$, pois altera a conformação da enzima.



ATIVIDADES PROPOSTAS



01. (Fmp) O gráfico a seguir mostra como a concentração do substrato afeta a taxa de reação química:



O modo de ação das enzimas e a análise do gráfico permitem inferir que:

- todas as moléculas de enzimas estão unidas às moléculas de substrato quando a reação catalisada atinge a taxa máxima.
- com uma mesma concentração de substrato, a taxa de reação com enzima é menor que a taxa de reação sem enzima.
- a reação sem enzima possui energia de ativação menor do que a reação com enzima.
- o aumento da taxa de reação com enzima é inversamente proporcional ao aumento da concentração do substrato.
- a concentração do substrato não interfere na taxa de reação com enzimas porque estas são inespecíficas.



02. (Pucpr) As enzimas estão presentes em pequenas quantidades no organismo. Elas são moléculas extremamente específicas, atuando somente sobre um determinado composto e efetuam sempre o mesmo tipo de reação. Em relação às enzimas, foram feitas quatro afirmações:

- I. Enzimas são proteínas que atuam como catalisadoras de reações químicas.
- II. Cada reação química que ocorre em um ser vivo, geralmente é catalisada por um tipo de enzima.
- III. A velocidade de uma reação enzimática independe de fatores como a temperatura e o pH do meio.
- IV. As enzimas sofrem um processo de desgaste durante a reação química da qual participam.

São VERDADEIRAS as afirmações:

- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas I, II e IV.
- d) Apenas III e IV.
- e) I, II, III e IV.



03. A (Pucrj) Considere as afirmações abaixo relativas aos efeitos da elevação da temperatura no funcionamento das reações enzimáticas:

- I. A elevação da temperatura, muito acima de sua temperatura ótima, afeta a ação da enzima.
- II. A elevação da temperatura pode desnaturar uma enzima.
- III. Todas as enzimas têm a mesma temperatura ótima.
- IV. Algumas enzimas são estáveis no ponto de ebulição da água.

Estão corretas:

- a) I, II e IV, apenas.
- b) I, II e III, apenas.
- c) II, III e IV, apenas.
- d) II e IV, apenas.
- e) todas as afirmações.



04. (Uece) No processo de defesa contra as ROS (Espécies Reativas de Oxigênio), um inteligente mecanismo evolutivo em plantas inclui a biomolécula catalase – CAT – (Willekens et al., 1997; Bowler et al., 1992). Estudos sobre o processo de envelhecimento nos seres vivos apontam a catalase exercendo papel protetor contra danos oxidativos (Aragão, 2007).

A biomolécula referida na informação é um(a).

- a) proteína de defesa.
- b) enzima.
- c) lipídeo.
- d) carboidrato.
- e) Ácido graxo.



05. (Upf) A maioria das reações metabólicas de um organismo somente ocorre se houver a presença de enzimas. Sobre as enzimas, analise as afirmativas abaixo:

- I. A ação enzimática sofre influência de fatores como temperatura e potencial de hidrogênio; variações nesses fatores alteram a funcionalidade enzimática.
- II. São formadas por aminoácidos e algumas delas podem conter também componentes não proteicos adicionais, como, por exemplo, carboidratos, lipídios, metais ou fosfatos.
- III. Apresentam alteração em sua estrutura após a reação que catalisam, uma vez que perdem aminoácidos durante o processo.
- IV. A ligação da enzima com seu respectivo substrato tem elevada especificidade. Assim, alterações na forma tridimensional da enzima podem torná-la afuncional, porque impedem o encaixe de seu centro ativo ao substrato.

Está correto apenas o que se afirma em:

- a) I, II e IV.
- b) I, II e III.
- c) II, III e IV.
- d) III e IV.
- e) I, III e IV.



ATIVIDADES ENEM



06. (MODELO ENEM) O oxigênio molecular obtido da atmosfera é vital para organismos aeróbios. Entretanto, espécies reativas formadas intracelularmente a partir do oxigênio ameaçam a integridade celular por meio da oxidação de biomoléculas, e podem comprometer processos biológicos importantes. Marque, entre as opções abaixo, a que apresenta exemplo de enzima antioxidativa que pode minimizar danos causados ao organismo pelas espécies reativas de oxigênio:

- a) colesterol
- b) catalase
- c) riboflavina
- d) caroteno
- e) carboidrato.



07. Alguns fatores podem alterar a rapidez das reações químicas. A seguir, destacam-se três exemplos no contexto da preparação e da conservação de alimentos:

1. A maioria dos produtos alimentícios se conserva por muito mais tempo quando submetidos à refrigeração. Esse procedimento diminui a rapidez das reações que contribuem para a degradação de certos alimentos.
2. Um procedimento muito comum utilizado em práticas de culinária é o corte dos alimentos para acelerar o seu cozimento, caso não se tenha uma panela de pressão.
3. Na preparação de iogurtes, adicionam-se ao leite bactérias produtoras de enzimas que aceleram as reações envolvendo açúcares e proteínas lácteas.

Com base no texto, quais são os fatores que influenciam a rapidez das transformações químicas relacionadas aos exemplos 1, 2 e 3, respectivamente?

- a) Temperatura, superfície de contato e concentração.
- b) Concentração, superfície de contato e catalisadores.
- c) Temperatura, superfície de contato e catalisadores.
- d) Superfície de contato, temperatura e concentração.
- e) Temperatura, concentração e catalisadores.



08. (MODELO ENEM) Uma reportagem em relação à definição do que é o leite de fato foi veiculada na Folha de S. Paulo, Segundo essa reportagem: “leite é um produto natural composto de água, gordura, vitaminas, proteínas, enzimas e lactose...”. Dentre essas substâncias mencionadas, a classe que é um catalisador biológico é a

- a) dos lipídios.
- b) dos minerais.
- c) das enzimas.
- d) das vitaminas.
- e) dos glicídios..



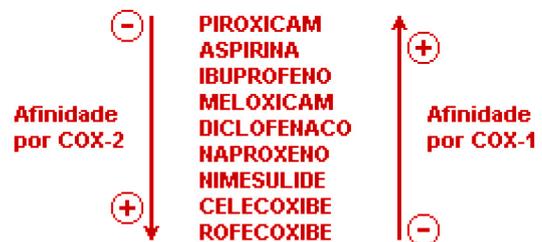
09. (MODELO ENEM) Boa parte das proteínas são classificadas como enzimas e apresentam papel importante no processo de aumento da velocidade de uma reação química. Sobre as enzimas do corpo humano, pode-se inferir que:

- a) Apresentam capacidade de suportar grandes variações de pH, solubilidade e temperatura sem perder as suas características funcionais.

- b) Em geral, uma mesma enzima pode apresentar diferentes aplicações, trabalhando com um grande número de substratos. Essa flexibilidade é dada pela capacidade das enzimas em alterar a sua conformação de acordo com o substrato.
- c) As enzimas apresentam alta especificidade com o seu respectivo substrato, devido às características químico-estruturais do sítio de ligação geradas pela estrutura tridimensional da própria enzima.
- d) As enzimas apresentam a característica de sinalizarem e desencadearem respostas fisiológicas a partir do seu reconhecimento por um receptor. Em geral são produzidas em algum tecido específico, diferente daquele onde se desencadeia a resposta.
- e) As enzimas apresentam a capacidade de serem reguladas somente pelos produtos diretamente formados pela sua atividade, em um processo denominado retroalimentação negativa.



10. (MODELO ENEM) Os efeitos dos anti-inflamatórios estão associados à presença de inibidores da enzima chamada ciclooxigenase 2 (COX-2). Essa enzima degrada substâncias liberadas de tecidos lesados e as transforma em prostaglandinas pró-inflamatórias, responsáveis pelo aparecimento de dor e inchaço. Os anti-inflamatórios produzem efeitos colaterais decorrentes da inibição de uma outra enzima, a COX-1, responsável pela formação de prostaglandinas, protetoras da mucosa gastrintestinal. O esquema a seguir mostra alguns anti-inflamatórios (nome genérico). As setas indicam a maior ou a menor afinidade dessas substâncias pelas duas enzimas.



Com base nessas informações é possível inferir que

- a) o piroxicam é o anti-inflamatório que mais pode interferir na formação de prostaglandinas protetoras da mucosa gastrintestinal.
- b) o rofecoxibe é o anti-inflamatório que tem a maior afinidade pela enzima COX-1.
- c) a aspirina tem o mesmo grau de afinidade pelas duas enzimas.

- d) o diclofenaco, pela posição que ocupa no esquema, tem sua atividade antiinflamatória neutralizada pelas duas enzimas.
e) o nimesulide apresenta o mesmo grau de afinidade pelas enzimas COX-1 e COX-2.



GABARITOS

QUESTÃO 01: Gabarito: [A]

Comentário: A velocidade da reação aumenta proporcionalmente com o aumento da concentração do substrato, até um ponto máximo onde se estabiliza.

QUESTÃO 02: Gabarito: [A]

Comentário: As enzimas são catalizadores, ou seja, são proteínas que diminuem a energia de ativação de reações químicas.

QUESTÃO 03: Gabarito: [A]

Comentário: As enzimas ao passar do ponto ótimo podem desnaturar, logo sua ação vai diminuir.

Questão 04: Gabarito: [B]

Comentário: A catalase é uma enzima capaz de decompor a água oxigenada em e protegendo as células contra a formação de radicais livres.

Questão 05: Gabarito: [A]

Comentário: [III] Falsa. As enzimas não sofrem a perda de aminoácidos após as reações que catalisam.

Questão 06: Gabarito: [B]

Comentário: A enzima catalase presente nos peroxissomos decompõe o peróxido de oxigênio em e evitando a formação de radicais livres que podem causar danos às estruturas celulares.

Questão 07: Gabarito: [C]

Comentário: São fatores que aceleram a velocidade das reações químicas: aumento da temperatura e da superfície de contato e a presença de catalisadores.

Questão 08: Gabarito: [C]

Comentário: As enzimas são catalisadores biológicos de natureza proteica.

Questão 09: Gabarito: [C]

Comentário: As enzimas são catalisadores de natureza proteica. São específicas, podendo acelerar reações reversíveis envolvendo determinado tipo de substrato. A especificidade enzimática é determinada por sua forma tridimensional. A atividade enzimática é influenciada por fatores ambientais como o pH e a temperatura do meio em que atuam.

Questão 10: Gabarito:[A]

Comentário: O diagrama mostra que o anti-inflamatório piroxicam apresenta maior afinidade pela enzima COX-1 e, por esse motivo, é o que pode exercer maior interferência na produção de prostaglandinas protetoras da mucosa intestinal.

REFERENCIAL TEÓRICO

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Fundamentos da Biologia Celular. Porto Alegre: Artmed, 3ed. 2011.

McMURRY, J., Química Orgânica vol. 1 e vol. 2. Editora CENGAGE Learning. Tradução da 6ª Edição Norte Americana, 2008.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2000.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Biologia Molecular da Célula. Porto Alegre: Artmed, 5ed. 2008.

COOPER G.M. & HAUSMAN R.E. A Célula: uma abordagem molecular. 3ed. Porto Alegre, Artmed, 2007.

GRIFFITHS, A.J.F. et al. Introdução à Genética. 10ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2013.

JUNQUEIRA L.C.U., CARNEIRO J. Biologia Celular e Molecular. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2005.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 1 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 2 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010

LOPES, S.; ROSSO, S.; BIO volume 2. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; Biologia, volume único 1. Ed. São Paulo: Ática, 2011.