

ENZIMAS

Profa Alessandra Barone

Enzimas

- São catalisadores biológicos de alta especificidade.
- Catalisar uma reação química é alterar a sua velocidade, ou seja, a quantidade de massa de reagentes (S) transformada na unidade de tempo.
Velocidade = reagentes transformados / tempo

S = substrato que será transformado

P = Produto final

Enzimas

- As enzimas têm como função:
 - Alterar a velocidade/ tempo da reação.
 - Alterar a energia de ativação.
- Não podem alterar:
 - Natureza da reação – produtos.
 - Concentrações finais.

Características das enzimas

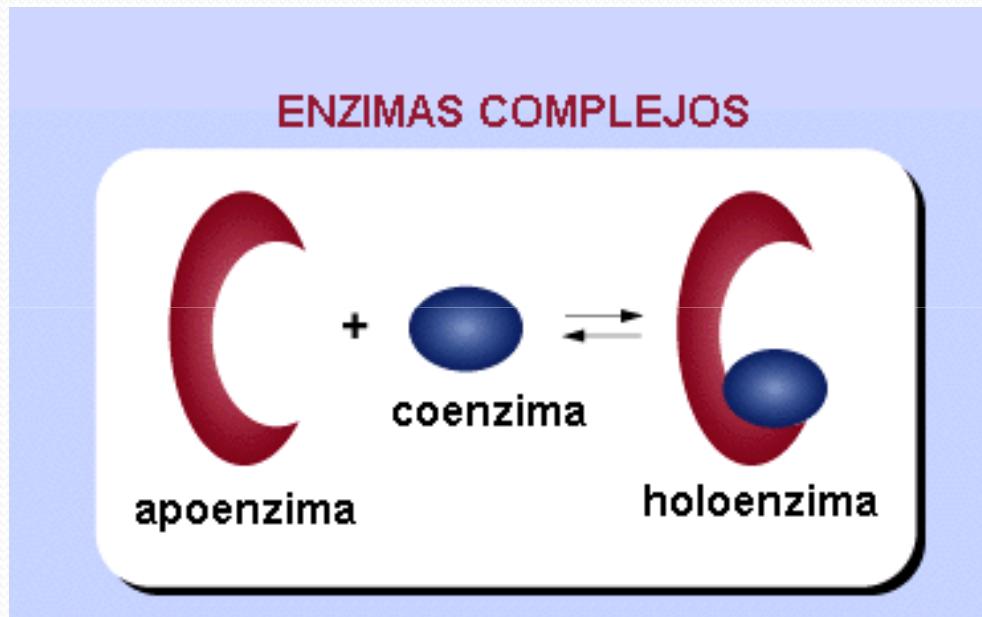
- Origem protéica, de grande variedade estrutural, portanto dotada de especificidade.
- Conformação espacial na estrutura protéica terciária.
- Síntese regulada por mecanismos gênicos.
- Cada tipo celular, sob controle genético e ações do meio, produzem suas enzimas.
- Podem ser simples ou conjugadas.

Enzimas

- **Simples:** formadas por uma cadeia polipeptídica.
- **Conjugadas:** além da fração protéica (apoenzima) é formada pela fração não protéica (coenzima) que se associa a ela.
 $\text{Apoenzima} + \text{coenzima} = \text{holoenzima}$

- A coenzima é proveniente da dieta, tornando-se essencial para atividade enzimática. Exemplos de coenzimas são as vitaminas.

Enzimas



Tipos de Co-fatores orgânicos ou coenzimas

Vitaminas	Coenzima	Apoenzima
• B ₁ Tiamina	T pirofosfato (TPP)	descarboxilases
• B ₂ Riboflavina	FAD	desidrogenases
• B ₃ Niacina	NAD e NADP	desidrogenases
• H Biotina	Biotina	carboxilases
• B ₅ Ac. Pantoléico	CoA	ativação
• B ₆ Piridoxina	PAL-PAM	transaminases

Co-fatores inorgânicos: Íons

Elementos inorgânicos que servem como co-fatores das enzimas

Cu^{2+}	Citocromo oxidase
Fe^{2+} ou Fe^{3+}	Citocromo oxidase, catalase, peroxidase
K^+	Piruvato quinase
Mg^{2+}	Hexoquinase, glicose-6-fosfatase, piruvato quinase
Mn^{2+}	Arginase, ribonucleotídeo redutase
Ni^{+2}	Urease
Se	Glutationa peroxidase
Zn^{2+}	Anidrase carbônica, desidrogenase alcoólica, carboxipeptidase A e B

Mecanismo de ação



S = substrato

E = enzima

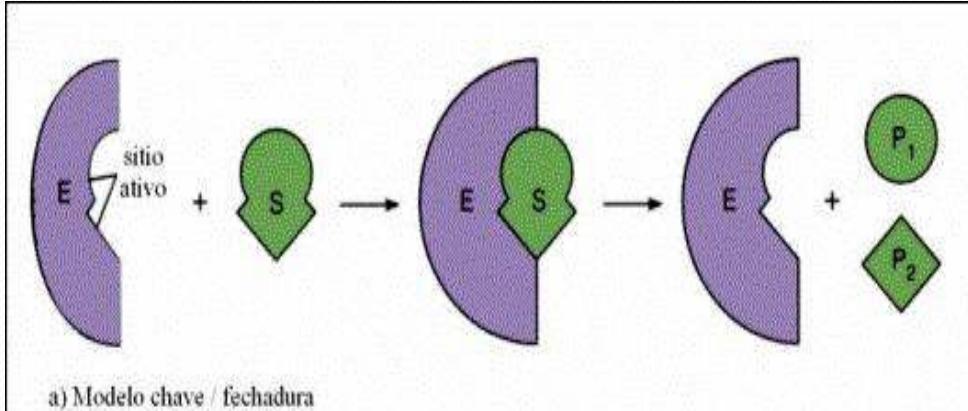
SE = complexo ativado

P = produto

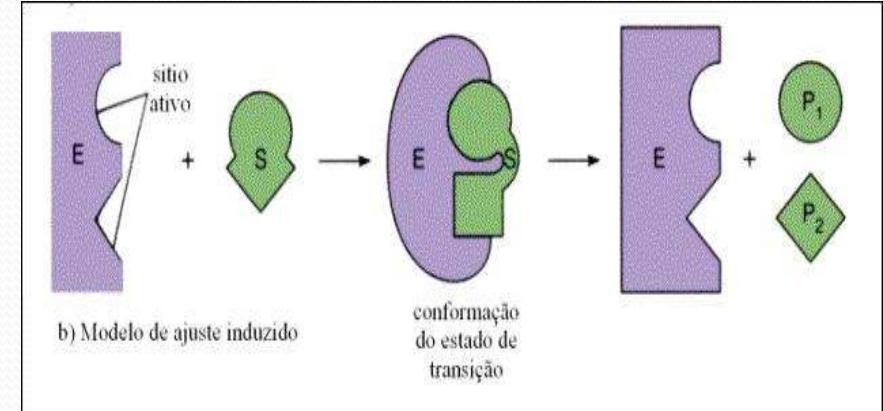
- As enzimas não são consumidas durante a reação.
- O complexo ativado é instável, de pouca duração e depende do encontro das moléculas da enzima com o substrato e a acomodação entre ambas.

Enzimas

- **Centro ativo:** região da enzima formada por um arranjo específico de aminoácidos que é complementar ao sítio de ligação do substrato.



Fisher - 1894

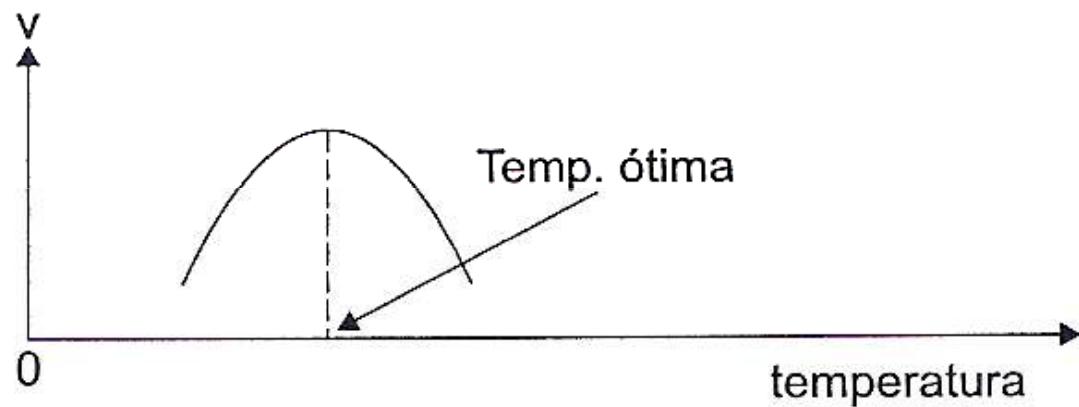


Koshland - 1954

Fatores que influenciam na atividade enzimática

- **Temperatura do meio;**
- ✓ Toda enzima tem uma temperatura ótima de ação, onde exerce melhor seu papel catalítico, obtendo melhor velocidade.
- ✓ Temperaturas altas: desnaturação protéica.
- ✓ Temperaturas baixas: inativação. Ex. alimentos sob refrigeração.

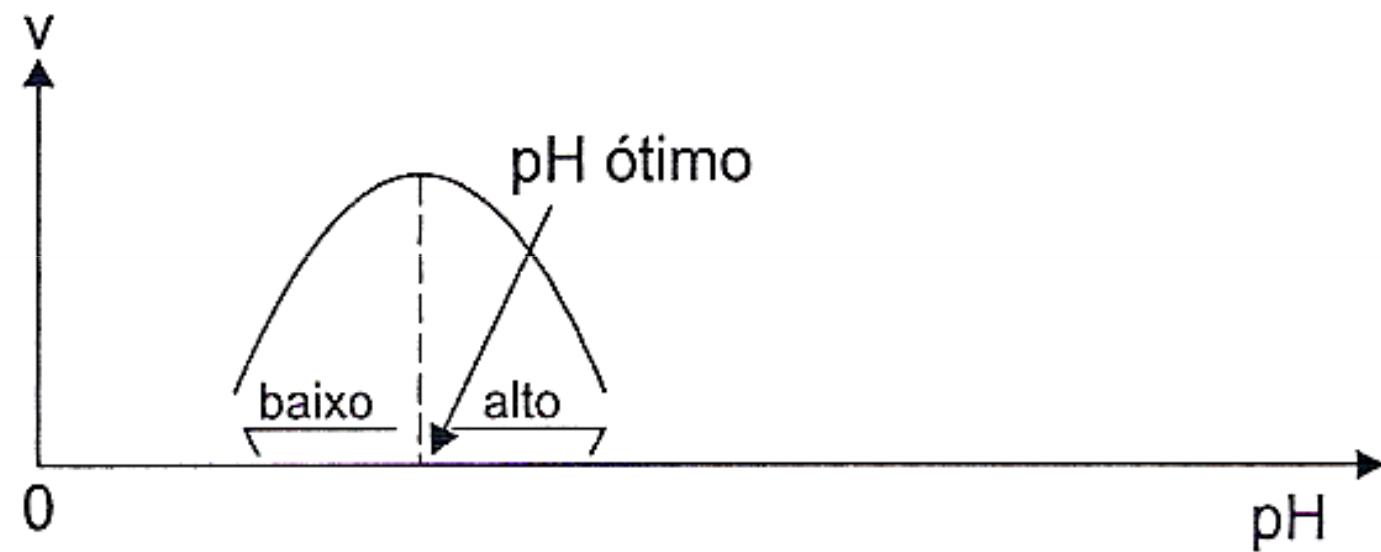
Temperatura



Fatores que influenciam na atividade enzimática

- pH
 - ✓ Alterações de pH influenciam na conformação e atividade enzimática, por alterarem as cargas elétricas das proteínas.
 - ✓ Cada enzima tem um pH ótimo. Ex: amilase salivar- 6,7; pepsina gástrica - 1,5

pH



Fatores que influenciam na atividade enzimática

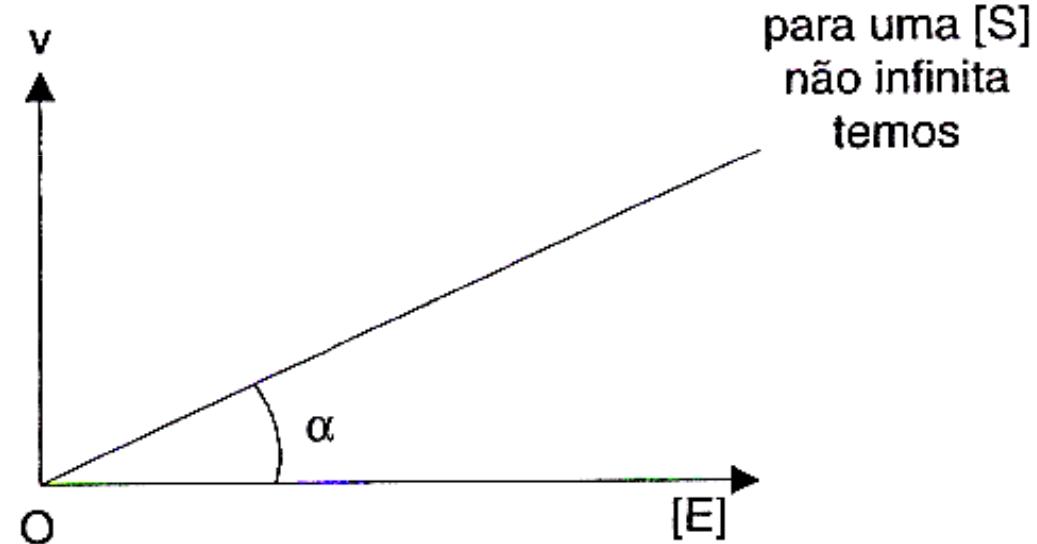
- **Concentração da enzima**

A velocidade da reação aumenta com o aumento da concentração da enzima, desde que trabalhemos com concentrações elevadas de substrato.

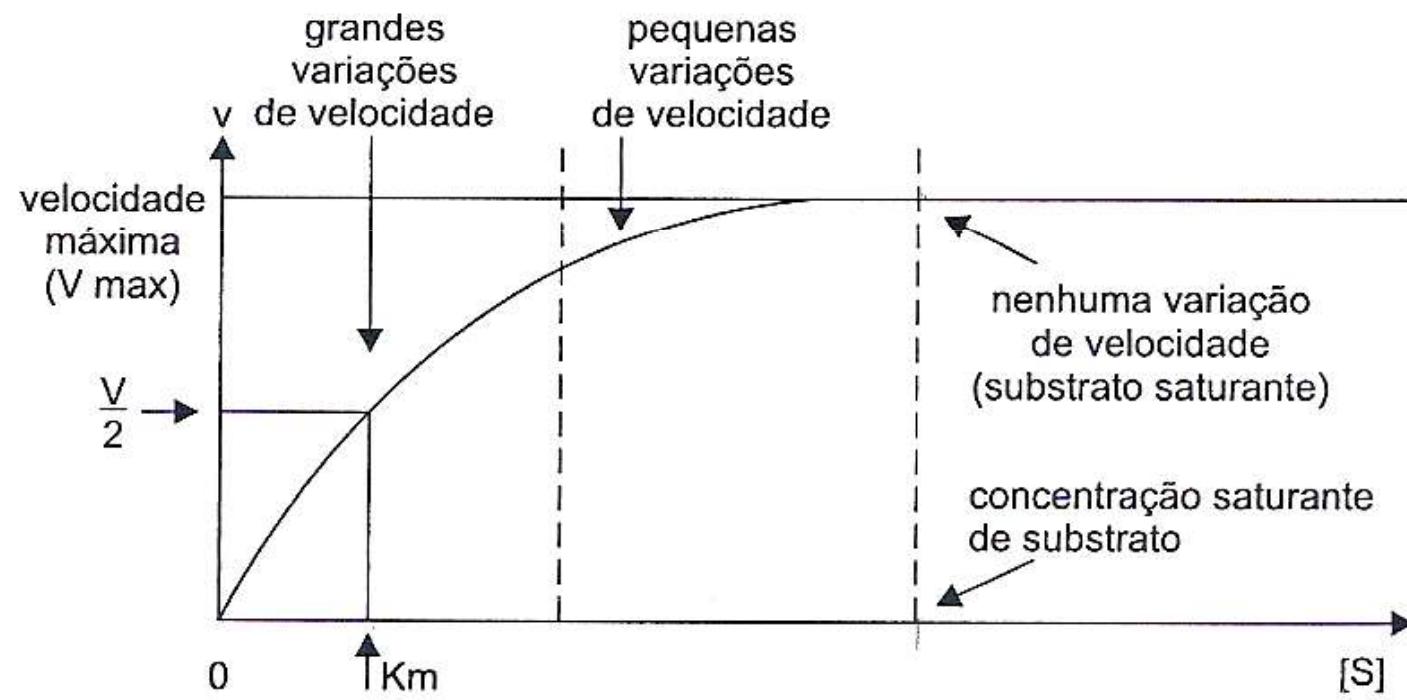
- **Concentração do substrato**

A velocidade da reação aumenta a medida que a concentração se eleva até um ponto em que a enzima é saturada pelo substrato.

Concentração da enzima



Concentração do substrato



Mecanismos de regulação enzimática

- Regulação hormonal

- Regulação gênica

Produto final regula a expressão gênica.

- Alosteria

Enzimas alostéricas são aquelas que apresentam dois sítios ativos; um para o substrato e outro para um modulador que regule sua atividade. Os produtos finais das vias podem ser utilizados como modulador da enzima, regulando desta forma, sua ativação. Ex: ATP

Mecanismos de regulação enzimática

- **Modificação covalente:**

Ocorre através da fosforilação ou desfosforilação da enzima por meio de ligações covalentes, ativando -a ou inibindo-a.

Ex: fosfatases – desfosforilação
quinases - fosforilação

Mecanismos de regulação enzimática

- **Inibidores enzimáticos**

Podem ser reversíveis ou irreversíveis.

- Irreversíveis:

- São inibidores que ligam-se covalentemente as moléculas da enzima, destruindo-as parcialmente ou ligam-se ao sítio ativo, desativando-as.

Mecanismos de regulação enzimática

- Reversíveis

Podem ser realizadas por :

- **Inibição competitiva** – Quando o inibidor e o substrato possuem estrutura química semelhante e competem pelo centro ativo da enzima. A inibição poderá ser diminuída adicionando-se mais substrato ao meio.
- **Inibição não-competitiva:** O inibidor se liga a enzima reversivelmente num outro ponto que não seja o centro ativo. A atividade enzimática diminui e não sofre alteração com a adição de substrato.
- **Inibição alostérica:** as enzimas possuem dois centros ativos: um para o substrato e outro para seu inibidor.

Reações enzimáticas bucais

Saliva

- Funções:
 - Proteção e defesa
 - Digestão
 - Umedecimento
 - Controle pH – variação normal entre 5,0 e 8,0 – pH = 6,9
 - Remineralização
- Saliva:
 - 99,1g% água
 - 0,9g% substâncias inorgânicas e orgânicas

Composição química da saliva

- Sólidos

- A) substancias inorgânicas:

• Ânions –	150 mg%	Cátions	350mg%
Cl ⁻	80mg%	Na ⁺	160mg%
H ₂ PO ₄ ⁻	25mg%	K ⁺	170mg%
HPO ₄ ⁻⁻	15mg%	Ca ²⁺	4 a 10 mg%
HCO ₃ ⁻	10mg%	NH ₄ ⁺	10 mg%
SO ₄ ⁻⁻	10mg%	Mg ²⁺	0,5 mg%
S--	09mg%		
F ⁻	0.02m%		
Outros	0,98mg%		

Composição química da saliva

- B) Substâncias orgânicas
 - Mucina 300 mg%
 - Amilase 40 mg%
 - Uréia 20 mg%
 - Lisozima 10 mg%
 - Anidrase carbônica 10 mg%
 - Tiocianato SCN⁻ 10 mg%
 - Glicose 01 mg%
 - Outras:
 - Lactoferrina
 - Enzimas microbianas
 - Componentes sanguíneos
 - Produtos de excreção
 - Produtos da atividade microbiana

Reações enzimáticas bucais

Saliva

- Enzimas salivares:
 - Alfa-amilase salivar
 - Lactato desidrogenase
 - Lisozima
 - Lactoperoxidase salivar
 - Anidrase carbônica
 - Enzimas microbianas

Alfa-amilase salivar

- Liberada pela parótida.
- Hidrólise de amido em dextrina, maltose e glicose .
- Atividade limitada ao resíduos alimentares aderidos à superfície dos dentes e espaços existentes entre os mesmos.

Lactato desidrogenase

- Catalisa a conversão de piruvato à lactato na ausência de O₂.
- Via metabólica anaeróbica : Fermentação
- Piruvato: produto final da via glicolítica - quebra da glicose.
- Lactato: Produto final metabolismo bacteriano.
- Glicose- piruvato – lactato – ácido láctico: ácido orgânico que promove desmineralização dos tecidos dentários duros.

Lisozima

- Enzima carregada positivamente, catalisa degradação de macromoléculas negativas encontradas nas paredes celulares das células bacterianas.
- Hidrolisa as ligações glicosídicas beta 1,4 entre resíduos do ácido acetilmurâmico (*Mur2Ac*) e N acetil-glucosamina (*GlcNAc*) do peptídeoglicano.

Lactoperoxidase salivar

- A lactoperoxidase catalisa a oxidação do íon tiocianato para hipotiocianato em presença do peróxido de hidrogênio.
- O íon hipotiocianato oxida compostos presentes nas paredes bacterianas, tornando-as inativas.

Enzimas microbianas

- **Hialuronidase:** Hidrolisa os mucopeptídeos, como ácido hialurônico produzindo ácido glicurônico, glicosamina, glicose e ácido acético.
- **Urease:** Hidrolisa a uréia, responsável pelo aparecimento da amônia na saliva, elevando o pH, facilitando a precipitação de sais de cálcio responsável na produção do tártaro dental e lesando o periodonto de proteção permitindo instalação de doença periodontal.

Enzimas microbianas

- **Fosfatase ácida:** participam do processo de formação da cárie, aftas da mucosa e boca.
- **Fosfatase alcalina:** alterações no periodonto, precipitando sais de cálcio para formação do tártaro dental.
- **Proteases**
- **Lipases**
- **Oxidases** (sacarase, lactase, maltase e amilase)

Referência bibliográfica

- FERREIRA, Carlos Parada; JARROUGE, Márcio Georges; MARTIN, Núncio Francisco. Bioquímica Básica. 9.Ed. São Paulo:Editora MNP, 2010. 356 p.
- MOTTA, Valter T. Bioquímica. 2.Ed. Rio de Janeiro: MedBook, 2001. 488p.
- STRYER, L. Bioquímica. 6^a Ed.Rio do Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.