

# Energia em Sistemas Biológicos



**Ignéz Caracelli**

*ignez@df.ufscar.br*



*São Carlos, 27 de agosto de 2018.*



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignéz  
Caracelli*

1

## Introdução

A energia se define na forma mais simples, como a capacidade de produzir trabalho.

### tipos de energia:

- potencial
- cinética
- térmica
- elétrica
- radiante
- outras

### tipos de trabalho:

- mecânico
- elétrico
- osmótico
- outros



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignéz  
Caracelli*

2

## Introdução

---

A **energia** se define na forma mais simples, como a **capacidade de produzir trabalho**.

São de importância central:

**transformações de energia** de um tipo a outro

e

**eficiência da conversão de energia em trabalho**



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz  
Caracelli*

3

## Introdução

---

uma mudança **física** ou **química** gera perguntas:

- que **forças** proporcionaram a mudança?
- porque a mudança chegou até um **determinado ponto**?
- seria possível **prever** essa mudança?



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz  
Caracelli*

4

## Introdução

---

- Todas estas perguntas são **básicas**, porque cada processo **físico** ou **químico** é o resultado da aplicação de uma **força**
  - a **força** por sua vez, é o produto da troca de **energia**.
- processos **físicos** ou **químicos** são o resultado da aplicação, troca ou transformação de **energia**.

## Introdução

---

Todos os princípios da **física** e da **química** se cumprem no mundo **biológico**.

A forma básica de analisar os processos que ocorrem na **matéria inanimada** é também a forma de analisar o comportamento dos **organismos vivos**.

**Bioenergética** é o termo usado para referir-se ao estudo das transformações de energia nos organismos vivos.

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

A **rede alimentar** está formada por vários tipos de organismos.

*produtores*

*consumidores*

*desintegradores ou decompositores*



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignaz  
Caracelli

7

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia



Odum, E. P.; Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Brooks/Cole, a part of Cengage Learning. ISBN 0-534-42066-4.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignaz  
Caracelli

8

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

### *produtores*

células que podem utilizar as

formas mais simples de compostos de carbono

oriundas do meio ambiente, tais como CO<sub>2</sub>.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

9

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

sequência de *consumidores*

se alimentam dos *produtores*

seguida de uma série de consumidores



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

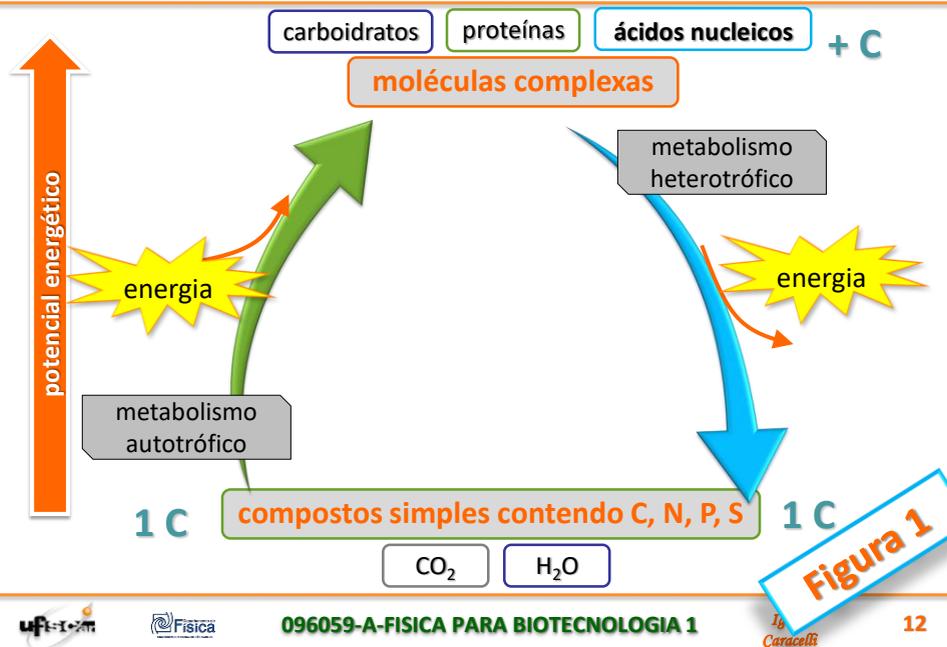
10

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

*desintegradores (ou decompositores)*

as **bactérias e fungos** que provocam a decomposição e putrefação dos **consumidores** mortos e que deste modo se dissolvem, voltam ao solo e posteriormente à atmosfera, **nas formas mais simples de carbono.**

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia



## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

■ **autótrofos**

que podem se auto-alimentar

Organismos vivos, segundo sua posição na cadeia alimentar, se classificam em 2 grandes grupos

■ **heterótrofos**

que se alimentam de outros



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignes  
Caracelli

13

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

Os organismos **autótrofos**  
são os que podem utilizar  
**formas mais simples de carbono,**  
tais como  $\text{CO}_2$ ,  
a partir dos quais elaboram  
todos os seus componentes celulares.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignes  
Caracelli

14

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

**produtores** situados na base da cadeia alimentar são **autótrofos**

(várias bactérias e algas; algumas plantas superiores)

organismos **heterótrofos** geram energia a partir de moléculas orgânicas mais complexas como glicose.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignaz  
Caracelli

15

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

- **consumidores** e **desintegradores** da cadeia alimentar são **heterótrofos**

- dependem dos **autótrofos** para gerar os nutrientes complexos que necessitam.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignaz  
Caracelli

16

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

cadeia alimentar e fontes de energia para cada série de organismos

a grande maioria dos organismos autótrofos **produtores** obtém sua **energia** da luz solar que utilizam para converter o CO<sub>2</sub> em materiais celulares mais complexos mediante a **fotossíntese**



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

17

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

- Assim, a maior parte dos produtores são **autótrofos fotossintéticos**.
- Mas quando examinamos as camadas sucessivas de **consumidores**, verificamos que nenhuma delas tem a capacidade de utilizar energia luminosa.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

18

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

a maior parte dos **consumidores** obtém a energia que necessitam

- mediante a **combustão** de moléculas orgânicas complexas, tais como glicose
- a partir dos **produtores** que eles consomem



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

19

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

O processo **combustão** de moléculas orgânicas complexas (glicose):

- requer oxigênio
- se chama **respiração**
- o produto final são moléculas de  $\text{CO}_2$



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

20

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

células **heterótrof**as, obtém **energia**

mediante **degradação** de **moléculas nutrientes complexas**

e

as **transformam** em **formas mais simples**



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

21

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

consumo de **energia** em cada nível da cadeia alimentar

para realização de diversas classes de **trabalho biológico**:

- síntese de material celular novo a partir de precursores mais simples,
- o movimento de materiais contra gradientes e
- o trabalho de contração ou movimento



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

22

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

em cada nível da rede alimentar,  
encontramos **perdas por degradação**  
de tal modo que cada vez que ocorre um  
processo **físico** ou **químico**,  
há uma **conversão incompleta** de **energia**  
de uma classe em outra.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

23

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

parte da **energia** aproveitável produzida por um série de  
organismos é dissipada no meio



portanto, não é utilizada para realizar **trabalho**

somente pequena fração da **energia solar** absorvida pelos  
**produtores** na etapa básica da cadeia alimentar alcança  
sempre a camada superior dos últimos **consumidores**



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

24

## Cadeia Alimentar e Fluxo de Energia

---

- À medida que estes últimos **consumidores** morrem e seus tecidos são degradados a produtos orgânicos simples pelos **desintegradores**, a **energia** de novo se perde e se dissipa no meio.
- Em definitivo, o *fluxo de energia* que parte do **sol** e que corre através da cadeia alimentar biológica se *dispersa* finalmente no meio.



## Fluxo de Energia

---

Examinemos agora as três fases principais no *fluxo de energia biológica*:

- ◆ **fotossíntese**
- ◆ **respiração**
- ◆ realização de **trabalho biológico**



## Energia Solar e Fotossíntese

A luz solar visível, fonte de toda a energia biológica,  
é uma forma de **energia** eletromagnética ou radiante  
que surge da **energia** nuclear



Física

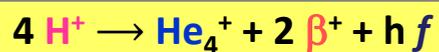
096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

27

## Energia Solar e Fotossíntese

na temperatura do Sol (vários milhões de K):  
parte da enorme **energia** encerrada no núcleo dos  
átomos de **hidrogênio**  
é liberada à medida que  
**H** se convertem em **He** e **pósitrons** ( $\beta^+$ )  
mediante **fusão termonuclear**



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

28

## Energia Solar e Fotossíntese



neste processo, se libera um *quantum de energia* na forma de radiação gama

O *quantum de energia* está representado pelo termo  $hf$ , onde

$h$  → constante de Planck

$$E = hf$$

$f$  → frequência da radiação gama



## Energia Solar e Fotossíntese

Depois de uma série completa de reações, a radiação gama ( $\gamma$ ) é absorvida pelos *pósitrons* ( $\beta^+$ ), grande parte da *energia* da radiação gama é emitida na forma de fótons

ou *quanta* (plural de *quantum*)

de *energia* luminosa.

$$E = hf$$

Observação: *pósitrons* ( $\beta^+$ )  $\neq$  *prótons* ( $p$ )



## Energia Solar e Fotossíntese

---

As reações da  *fusão nuclear*   
que ocorrem no **Sol**  
são, em última instância,  
a fonte de toda  
a  *energia biológica*  na Terra.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

31

## Energia Solar e Fotossíntese

---

Em geral, tendemos a associar o termo  *fotossíntese*  com o mundo visível das plantas superiores: pastos, cultivos de plantas e árvores.

Mas esses organismos  fotossintéticos macroscópicos  realmente não constituem senão uma pequena fração de todos os organismos conhecidos capazes de realizar  *fotossíntese* .



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

32

## Energia Solar e Fotossíntese

---

Estima-se que 90% da *fotossíntese* que ocorre sobre a Terra, é realizada por um sem número de diversas classes de microorganismos, entre os quais se encontram as bactérias, algas, diatomáceas e dinoflagelados.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

33

## Energia Solar e Fotossíntese

---

Um erro comum em torno da *fotossíntese* das plantas superiores, é supor que todas as células de uma planta superior são capazes de realizar *fotossíntese*.

As células das raízes, dos talos e frutos das plantas superiores são incapazes de realizar *fotossíntese*: são heterótrofas e portanto, se parecem com as células animais.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

34

## Energia Solar e Fotossíntese

---

Somente as células que possuem o *pigmento verde de clorofila* podem realizar a *fotossíntese*.

Por outro lado, na escuridão, quando não se dispõe de energia solar, inclusive estas células funcionam como *heterótrofas*: devem oxidar parte de sua glicose, às custas de oxigênio, para obter energia na escuridão.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

35

## Energia Solar e Fotossíntese

---

### *fotossíntese*

- ➡ absorção da *energia radiante* pela *clorofila* e outros *pigmentos*
- ➡ conversão da *energia luminosa* absorvida em *energia química*
- ➡ utilização dessa *energia química* para a redução do  $\text{CO}_2$  absorvido da atmosfera para formar glicose



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

36

## Energia Solar e Fotossíntese

Na maior parte dos *organismos fotossintéticos*, em particular as plantas superiores, o  $O_2$  é outro produto final importante, mas em outras, tais como as bactérias fotossintéticas, não se forma oxigênio.



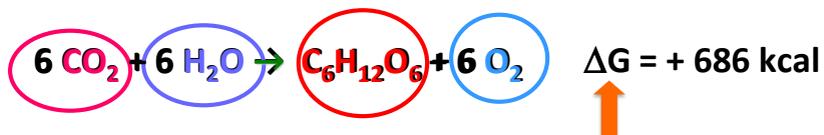
096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

37

## Energia Solar e Fotossíntese

*formação fotossintética* da glicose e oxigênio  
a partir do CO<sub>2</sub>, e água nas plantas superiores



energia livre de Gibbs

segundo IUPAC: energia livre



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

38

## Energia Livre

$\Delta G \rightarrow$  energia livre

$\Delta G \geq 0$  não-espontânea

reações

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Diagram illustrating the components of the Gibbs free energy equation:

- $\Delta H$  is labeled as entalpia (enthalpy).
- $T$  is labeled as temperatura absoluta (absolute temperature).
- $\Delta S$  is labeled as entropia (entropy).

$\Delta G = 0$  em equilíbrio

$\Delta G \leq 0$  espontânea

## Energia Solar e Fotossíntese



$\Delta G \Rightarrow$  energia livre

quantidade mínima de energia útil que deve ser proporcionada pela luz solar absorvida para formação de 1 mol de glicose a partir de 1 mol de  $\text{CO}_2$  e outro de água, em condições-padrão.

## Energia Solar e Fotossíntese



A **energia** para a **fotossíntese** é fornecida pela **energia luminosa** captada pela clorofila das folhas.

**equação fotossintética** indicando a fonte de energia (quanta luminosos)



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

41

## Energia Solar e Fotossíntese



equação → visão global do **processo fotossintético** não nos diz nada acerca do **mecanismo** ou **caminho** pelo qual a reação ocorre.

a **fotossíntese** nas células das plantas é um processo muito mais complexo do que a equação pode sugerir.

Muitos **processos intermediários** devem ocorrer para que seja possível a produção fotossintética da glicose a partir de  $\text{CO}_2$  e água, cada um dos quais é catalisado por uma enzima diferente.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

42

## Energia Solar e Fotossíntese

---

A glicose não é o único produto da **fotossíntese**.

Durante o processo outros compostos de carbono das células vegetais também são sintetizados, tais como celulose, proteínas e lipídeos.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

43

## Energia Solar e Fotossíntese

---

Todas estas substâncias (celulose, proteínas e lipídeos) ricas em **energia química**

são utilizadas posteriormente como fonte de **energia** pelos organismos **heterótrofos**, ou seja, pelos consumidores que se alimentam das plantas verdes.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

44

## Respiração nas Células Heterótrofas

---

A fase seguinte no fluxo de **energia biológica** é a utilização da **energia** dos carboidratos, gorduras e proteínas produzidas na **fotossíntese** pelos organismos **heterótrofos**, que oxidam estes materiais por meio do oxigênio.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

45

## Respiração nas Células Heterótrofas

---

organismos **heterótrofos** necessitam dos produtos complexos da **fotossíntese** por diversas razões:

- necessitam a **energia química** que podem obter da quebra das estruturas complexas de alta **energia** de moléculas tais como a glicose
- necessitam também de complexos compostos de C, como a glicose, como *unidades estruturais* para a síntese de seus próprios componentes celulares, já que são incapazes de utilizar CO<sub>2</sub> para este fim.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

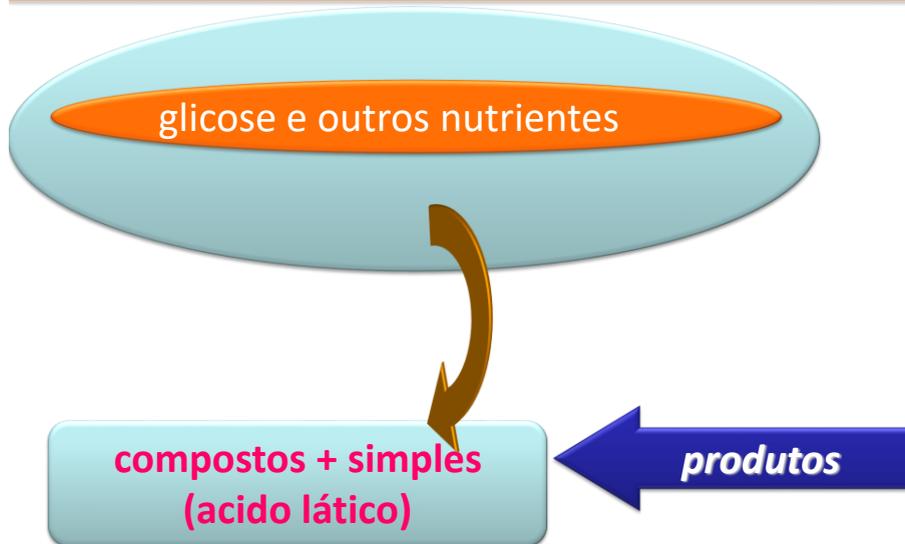
Ignez  
Caracelli

46

## Respiração nas Células Heterótrofas

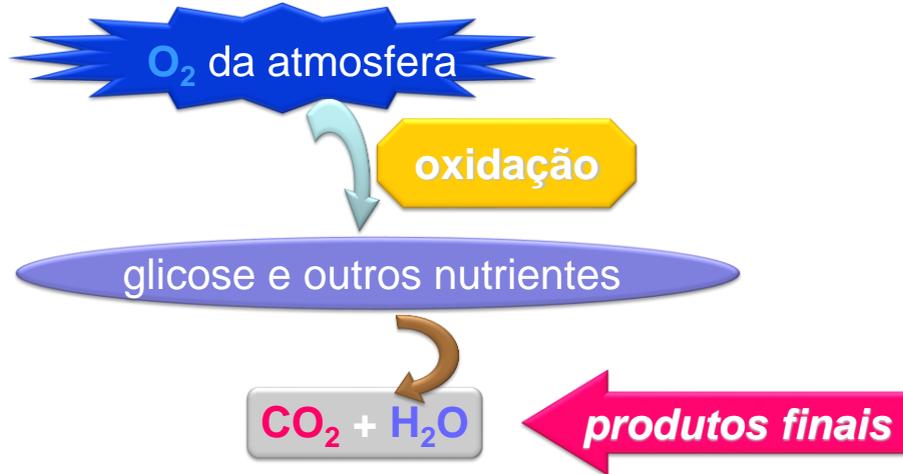
- Entre os **heterótrofos** estão incluídos todos os organismos do reino animal, muitas bactérias e fungos, assim como muitas células do reino vegetal.
- ~~Podemos pensar que os grandes animais do mundo biológico macroscópico são os **heterótrofos** predominantes na biosfera.~~
- Estima-se que mais de 90% de todo o oxigênio consumido por todos os **heterótrofos** é utilizado por microorganismos invisíveis do solo e do mar.

## Fermentação nas Células Heterótrofas

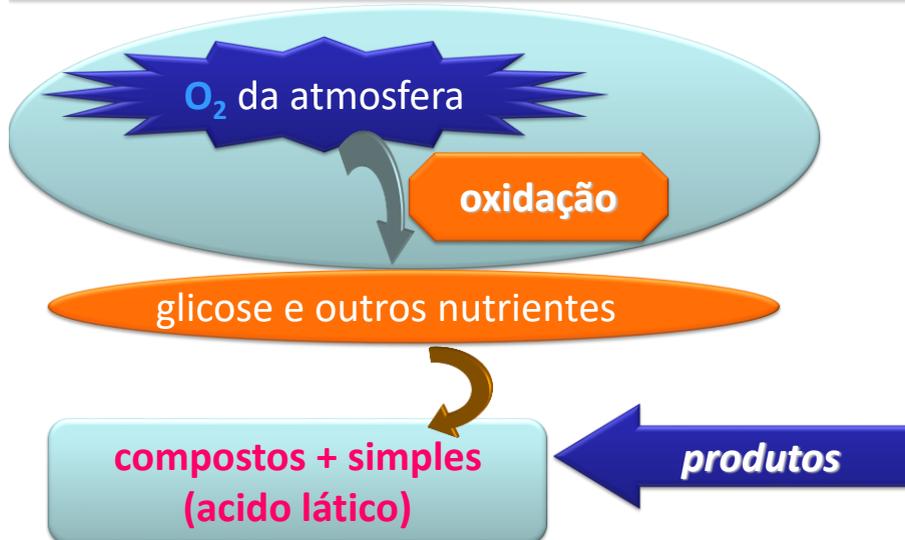


## Respiração nas Células Heterótrofas

na maior parte das células **heterótrofas**

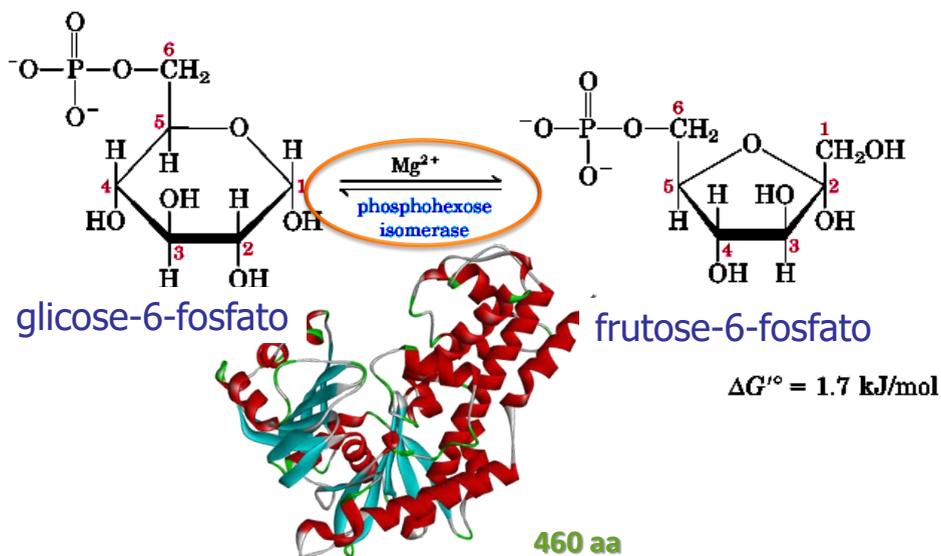


## Fermentação nas Células Heterótrofas

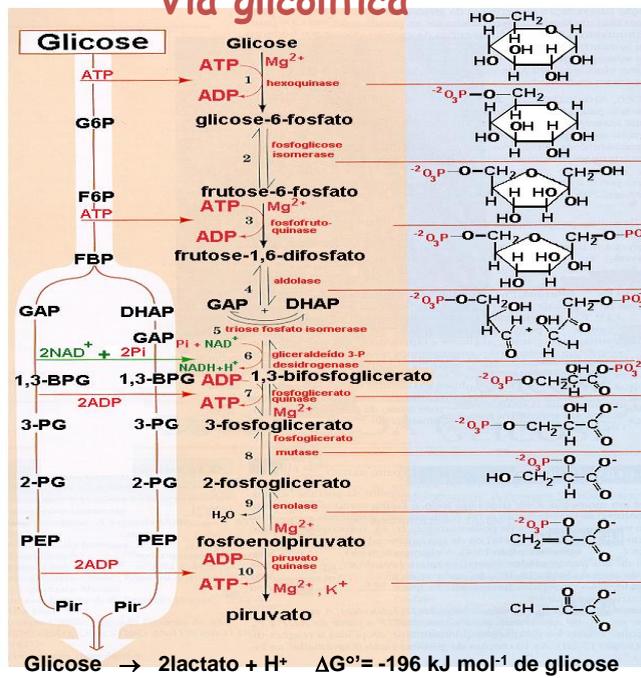




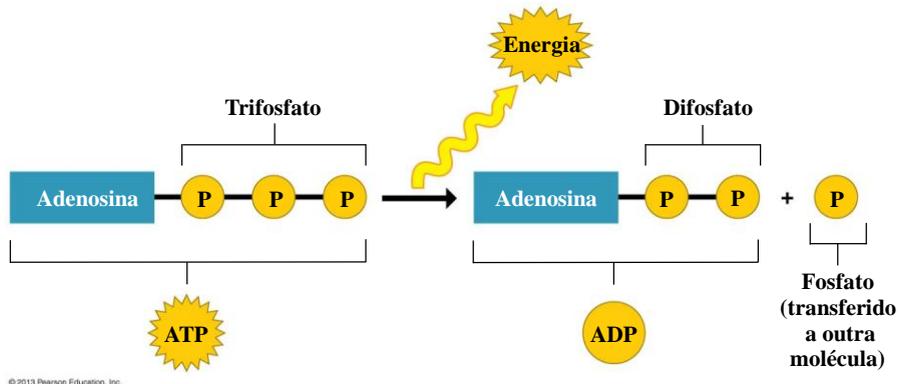
## Via glicolítica: reação 2



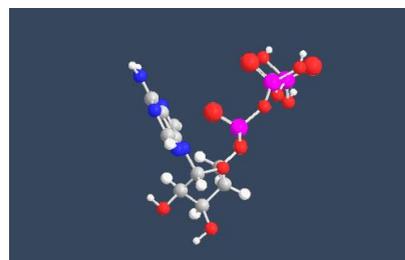
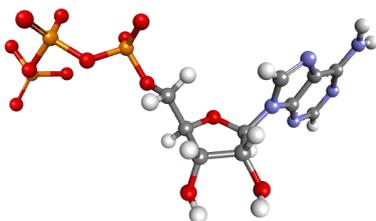
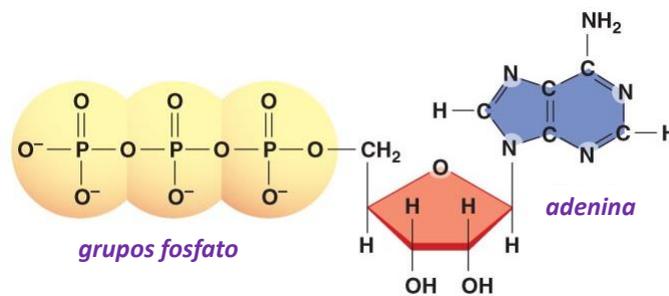
## Via glicolítica



## ATP

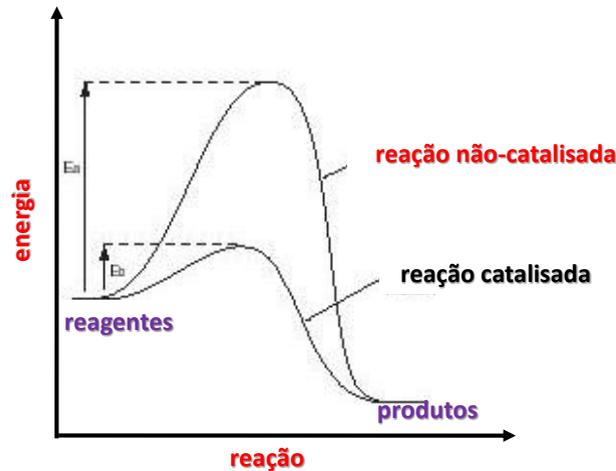


## ATP



## Enzimas

As reações químicas que catalisam, sem a sua presença, dificilmente aconteceriam.



## Respiração e Fotossíntese

equação química para a **respiração**



$$\leftarrow \Delta G = -686 \text{ kcal}$$

equação química para a **fotossíntese**



$$\Delta G = +686 \text{ kcal}$$

## Respiração e Fotossíntese

equação química para a *respiração*



valor teórico máximo de energia que pode ser produzida pela combustão de um mol de glicose

$$\Delta G = -686 \text{ kcal}$$

equação química para a *fotossíntese*



$$\Delta G = +686 \text{ kcal}$$



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignaz  
Caracelli

59

## Respiração e Fotossíntese

equação química para a *respiração*



processo espontâneo

$$\Delta G < 0$$

equação química para a *fotossíntese*



processo não-espontâneo

$$\Delta G > 0$$



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignaz  
Caracelli

60

## Trabalho Biológico

---

- Consideramos agora a última grande fase do **fluxo de energia biológica**: isto é, a utilização da **energia química** para produzir diferentes classes de **trabalho celular**.
- Todos os organismos vivos devem utilizar **trabalho** de uma classe ou outra, simplesmente para manter-se vivos em um meio ambiente que é essencialmente hostil.
- Alguns organismos tais como vertebrados superiores, podem realizar **trabalho** contra o meio ambiente para torná-lo menos hostil, enquanto que outros, tais como bactérias, superam os efeitos de um meio ambiente hostil multiplicando-se rapidamente.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

61

## Trabalho Biológico

---

Há basicamente três tipos de **trabalho** que os organismos vivos realizam:

- **trabalho** químico
- **trabalho** de concentração
- **trabalho** mecânico.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

62

## Trabalho Biológico: *biossíntese*

---

- Todas as células realizam *trabalho químico*, não somente durante o crescimento ativo, mas também para manter-se.
- Os compostos macromoleculares das células (proteínas, ácidos nucleicos, lipídeos e polissacarídeos) são sintetizados continuamente a partir de unidades estruturais pequenas mediante a *ação de enzimas*. Estes processos recebem em conjunto o nome de *biossíntese*.

## trabalho químico: *biossíntese*

---



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

63

## Trabalho Biológico : *biossíntese*

---

A *biossíntese* ocorre

- no crescimento e formação de um material celular novo
- em organismo maduros que não se encontram em fase de crescimento



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

64

## Trabalho Biológico : *biossíntese*

A *biossíntese* em organismo maduros:

1. hidratos de carbono, proteínas e lipídeos são constantemente sintetizados e degradados
2. velocidade de formação de novas moléculas = velocidade de degradação das antigas

Assim: maior parte dos componentes moleculares das células vivas se encontram em ***estado estacionário dinâmico***



Física

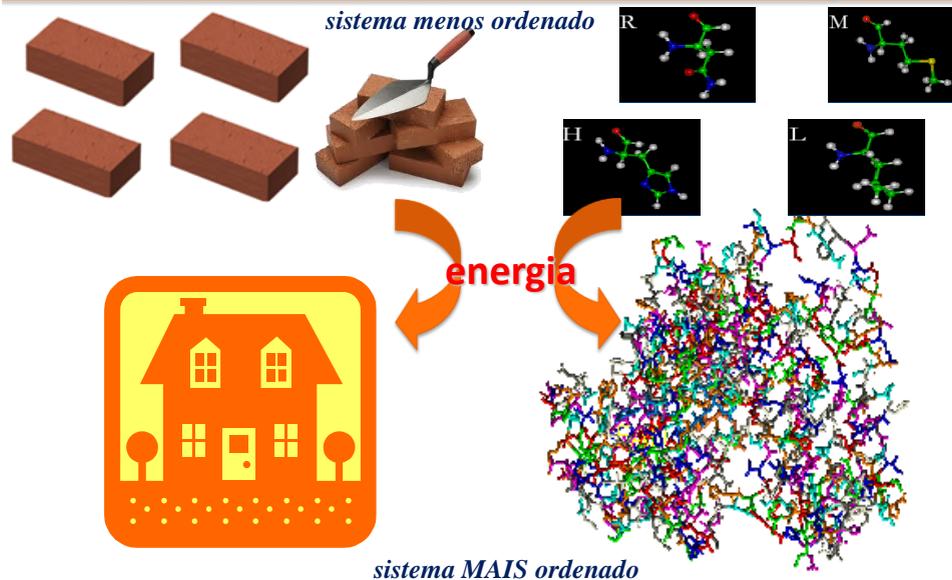
096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

65

### Trabalho & Energia

### Trabalho Biológico



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

66

## Trabalho & Energia Trabalho Biológico

*sistema menos ordenado*



*sistema MAIS ordenado*



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

67

## Trabalho Biológico

**Tabela 1** O trabalho químico de *biossíntese* -  
Tipos de ligações para união de unidades estruturais.

Macromolécula	Unidade estrutural	Tipo de ligação	+ $\Delta G$ /ligação (kcal/mol)
proteína	aminoácido	peptídica	~5,0
ácido nucleico	mononucleotídeo	fosfodiéster	~5,0
polissacarídeo	monossacarídeo	glicosídica	~3,0



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês  
Caracelli

68

## Trabalho Biológico

- Para construir uma macromolécula de proteína, devem ser unidos, na sequência correta, dezenas ou centenas de aminoácidos formando **ligações peptídicas** por ação de enzimas específicas.
- Para construir uma molécula de polissacarídeo, tal como celulose ou amido, as moléculas se unem formando **ligações glicosídicas**.
- A equação global para a **biossíntese** de tais macromoléculas pode ser escrita em forma generalizada como segue



## trabalho químico: biossíntese

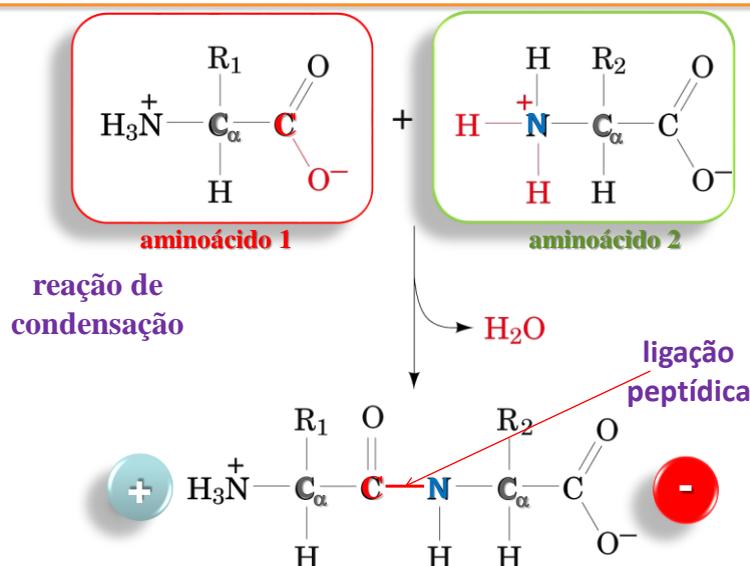


Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez Caracelli

### Trabalho Biológico: Ligação peptídica

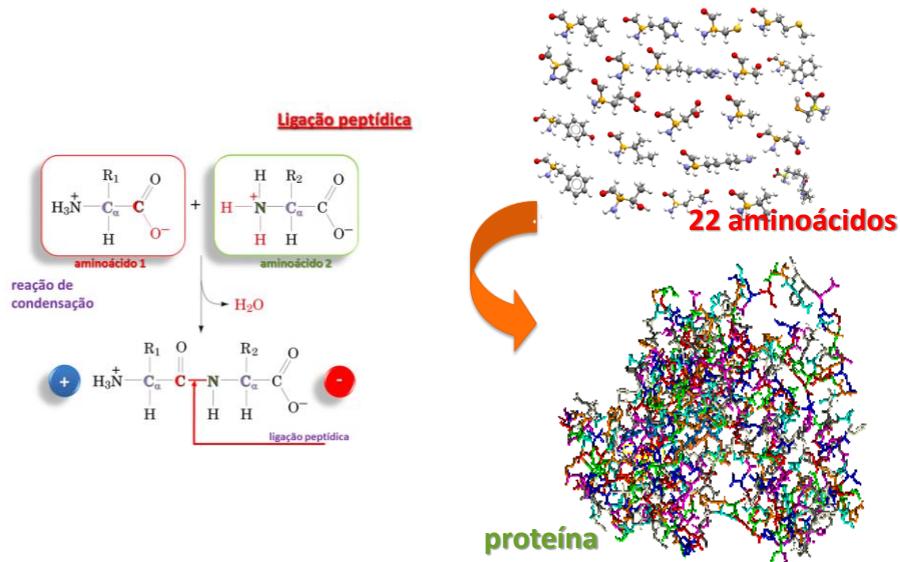


Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez Caracelli

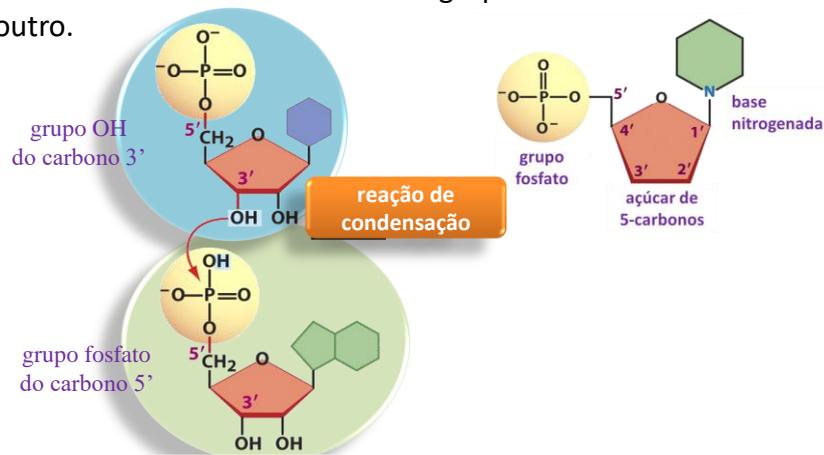
## Trabalho Biológico: Ligação peptídica



## Trabalho Biológico: Ligação fosfodiéster

**Reação de condensação:**

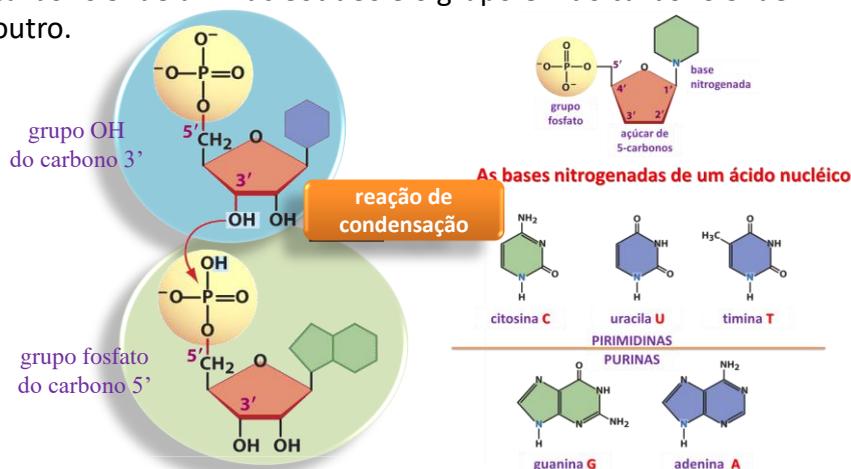
formação de uma ligação fosfodiéster entre o grupo fosfato do carbono 5' de um nucleotídeo e o grupo OH do carbono 3' de outro.



## Trabalho Biológico: Ligação fosfodiéster

### Reação de condensação:

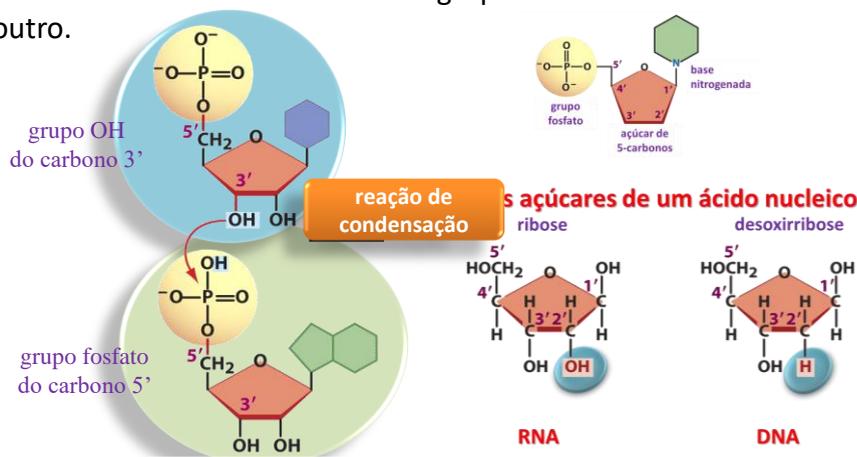
formação de uma ligação fosfodiéster entre o grupo fosfato do carbono 5' de um nucleotídeo e o grupo OH do carbono 3' de outro.



## Trabalho Biológico: Ligação fosfodiéster

### Reação de condensação:

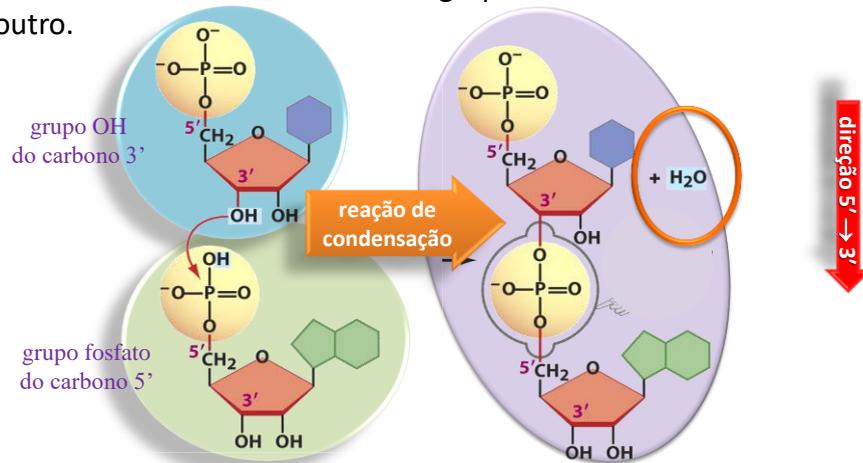
formação de uma ligação fosfodiéster entre o grupo fosfato do carbono 5' de um nucleotídeo e o grupo OH do carbono 3' de outro.



## Trabalho Biológico: Ligação fosfodiéster

### Reação de condensação:

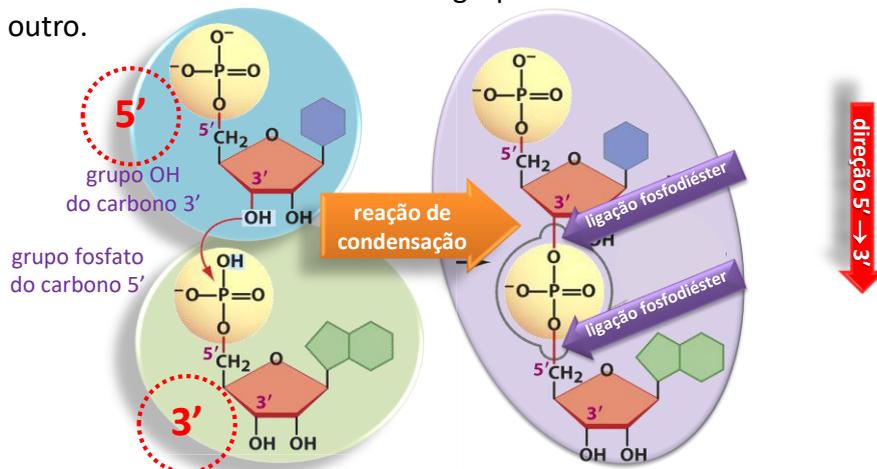
formação de uma ligação fosfodiéster entre o grupo fosfato do carbono 5' de um nucleotídeo e o grupo OH do carbono 3' de outro.



## Trabalho Biológico: Ligação fosfodiéster

### Reação de condensação:

formação de uma ligação fosfodiéster entre o grupo fosfato do carbono 5' de um nucleotídeo e o grupo OH do carbono 3' de outro.



## Trabalho Biológico: reações de biossíntese

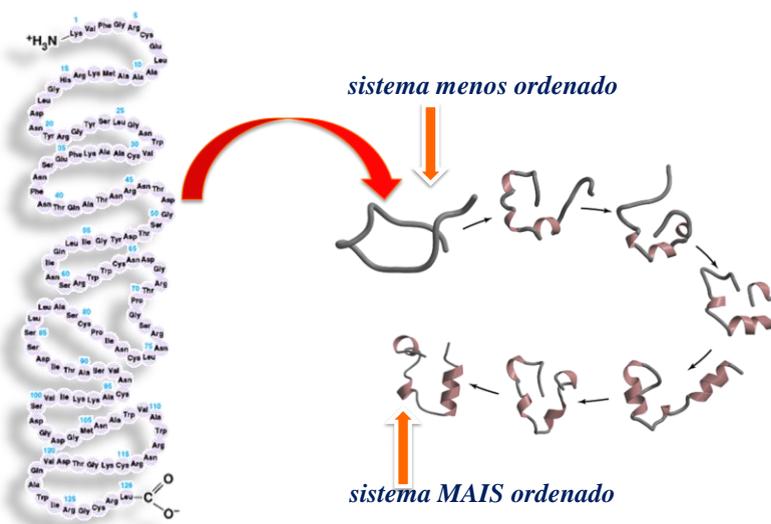
- As reações **biossintéticas**, que ocorrem com perda de água, à medida que as unidades estruturais se unem, são altamente endoergônicas no meio aquoso de uma célula, ou seja, são reações "montanha acima".



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez Caracelli

## Trabalho Biológico: reações de biossíntese



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez Caracelli

78

## Trabalho Biológico

- O segundo tipo de *trabalho celular* é aquele necessário para *transportar* e *concentrar* substâncias
- com frequência, mas de um modo menos preciso, se denomina *trabalho* osmótico.

### trabalho celular: osmótico



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

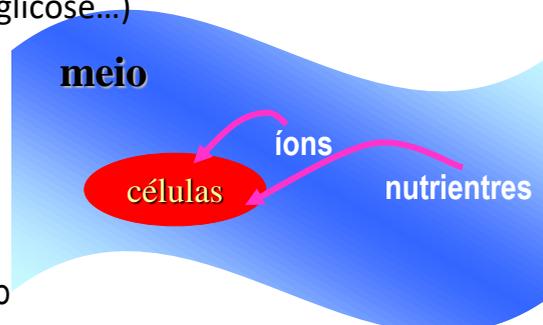
Ignaz  
Caracelli

79

## Trabalho Biológico

células devem acumular certas substâncias essenciais do meio:

- íons (potássio, sódio, ...)
- nutrientes (glicose...)



mesmo quando  
concentração intracelular > concentração extracelular



Física

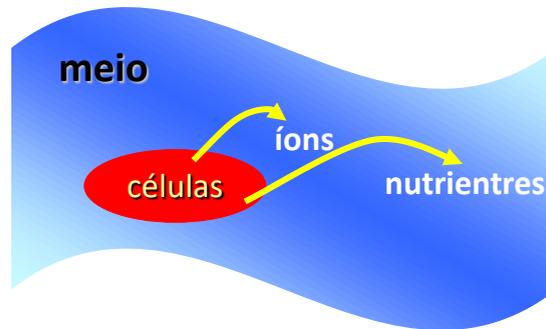
096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignaz  
Caracelli

80

## Trabalho Biológico

substâncias não desejadas ou nocivas à célula devem ser excretadas

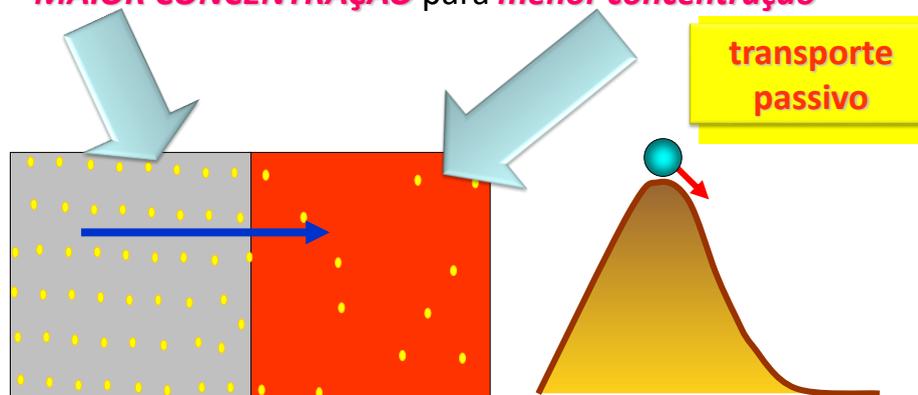


mesmo quando a substância  
concentração externa >> concentração interna

## Trabalho “montanha abaixo”

movimentos de moléculas a favor de gradientes de  
concentração ocorrem espontaneamente

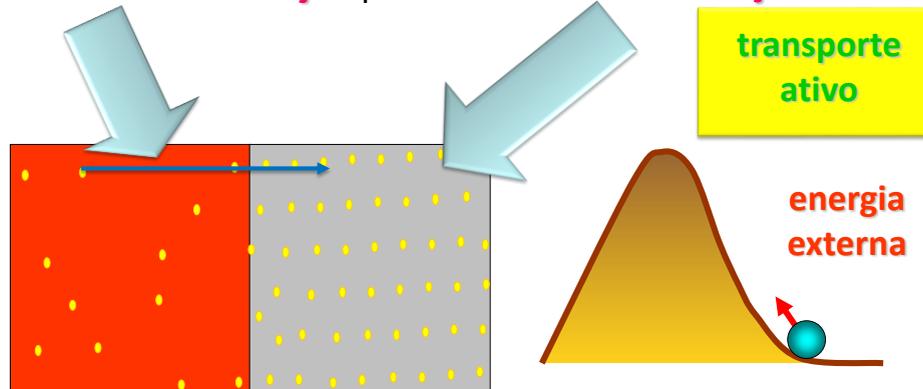
**MAIOR CONCENTRAÇÃO** para **menor concentração**



## Trabalho “montanha acima”

movimentos de moléculas contra gradientes de concentração não ocorrem espontaneamente

*menor concentração* para **MAIOR CONCENTRAÇÃO**



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

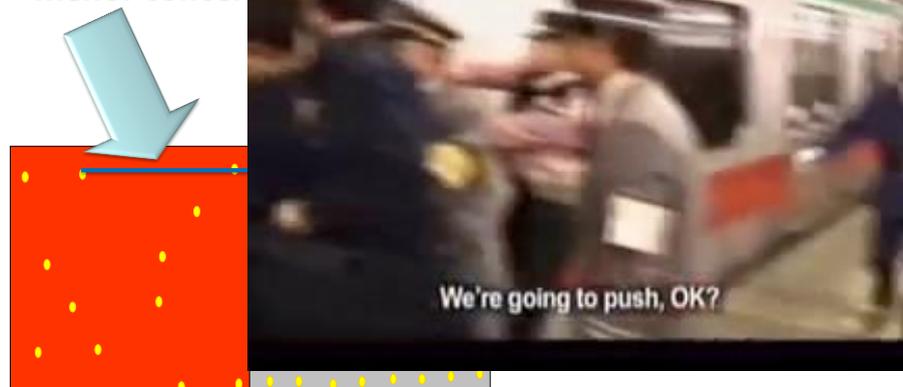
Ignês Caracelli

83

## Trabalho “montanha acima”

movimentos de moléculas contra gradientes de concentração

*menor concentra*



<https://youtu.be/b0A9-oUoMug>



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

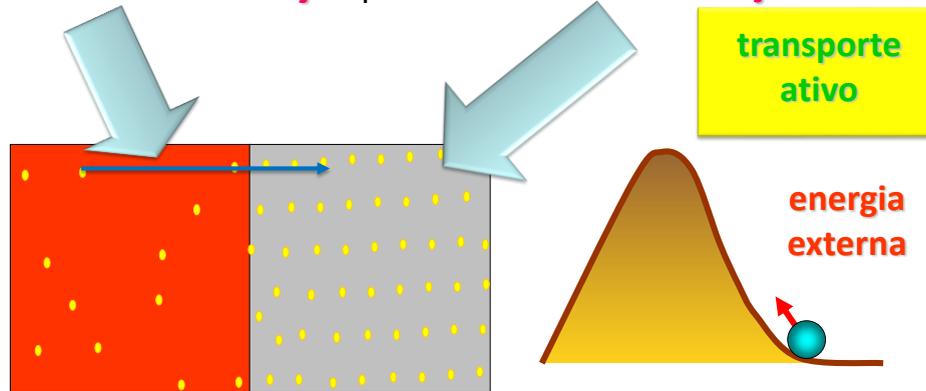
Ignês Caracelli

84

## Trabalho “montanha acima”

movimentos de moléculas contra gradientes de concentração **não** ocorrem espontaneamente

**menor concentração** para **MAIOR CONCENTRAÇÃO**



## Trabalho Biológico

Por meio da ação de *bombas* de **transporte ativo**, situadas em suas membranas, as células podem **manter seu meio constante** e ótimo para a vida, mesmo que o meio externo tenha uma composição química muito diferente.

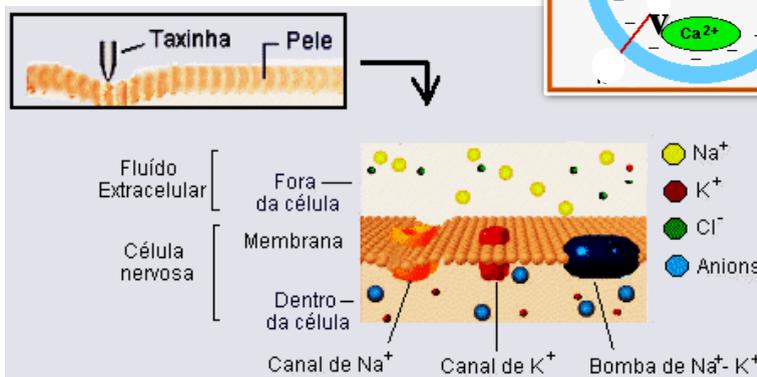
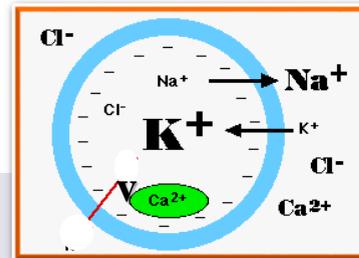
## trabalho celular: osmótico

## Trabalho Biológico

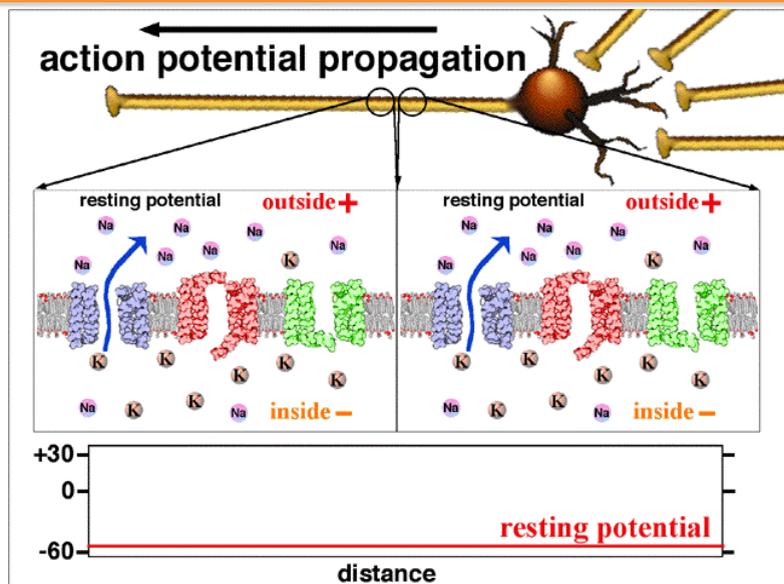
A atividade elétrica de muitas células também é o resultado do trabalho osmótico, que intervém no mecanismo de excitação e da condução de impulsos nas células nervosas e musculares.



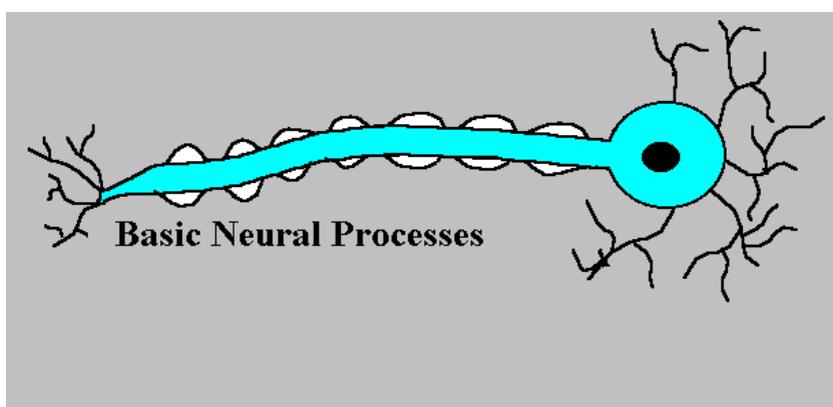
## Trabalho Biológico



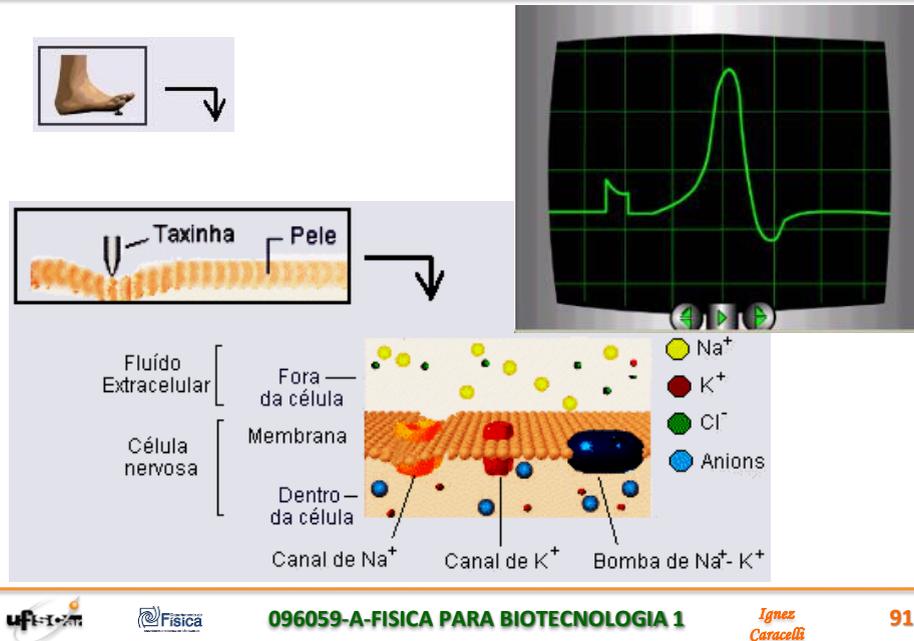
## Trabalho Biológico



## Trabalho Biológico



## Trabalho Biológico



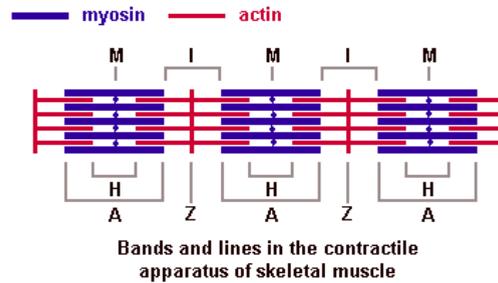
## Trabalho Biológico: *trabalho mecânico*

a maior parte dos organismos podem realizar *trabalho mecânico*

o trabalho mais destacado é o realizado pela *contração do músculo esquelético* nos animais superiores que pode ser facilmente observado e medido.

## Trabalho Biológico: *trabalho mecânico*

### *contração do músculo esquelético*



Mecanismo da contração muscular.

**A.** Os filamentos finos (actina) deslizam sobre os filamentos grossos (miosina) para produzir o encurtamento do sarcômero.

**B.** Diagrama das moléculas de actina mostrando a tropomiosina que se expõe para a interação com a actomiosina.

<http://www.facmed.unam.mx/Libro-NeuroFisio/10-Sistema%20Motor/10a-Movimiento/Textos/MuscAnatomia.html>



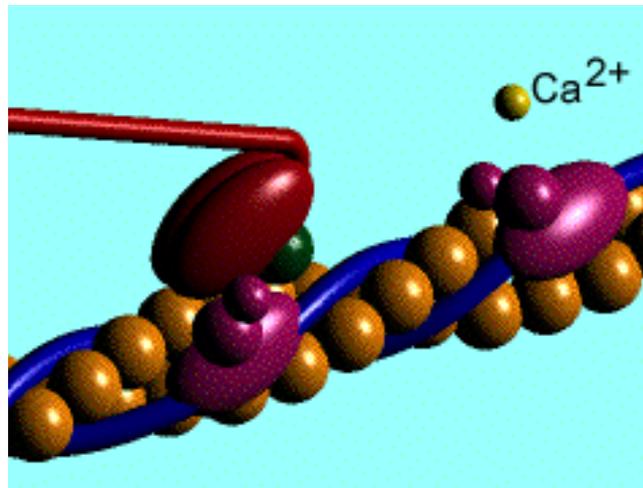
096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ígnez  
Caracelli

93

## Trabalho Biológico: *trabalho mecânico*

### *contração do músculo esquelético*



<http://trenchesofdiscovery.blogspot.com.br/2012/10/the-human-machine-thermodynamics-of.html>



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ígnez  
Caracelli

94

## Trabalho Biológico: *trabalho mecânico*

---

a contração do músculo esquelético:

tais processos contráteis não são mais que refinamentos de uma propriedade mais geral de quase todas as células de exercer forças musculares de tração por meio de filamentos contráteis.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz  
Caracelli*

95

## Trabalho Biológico: *exemplo*

---

durante a divisão das células superiores, as fibras contráteis da célula são responsáveis pela separação dos cromossomas no núcleo e da divisão do material citoplasmático.

as estruturas móveis tais como cílios e flagelos também realizam trabalho mecânico de propulsão



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz  
Caracelli*

96

## Trabalho Biológico: *exemplos*

---

**organismos vivos:**

**trabalho mecânico** realizado está baseado na **energia química**

**as máquinas feitas pelo homem:**

**trabalho mecânico** operam, em sua maioria, com **energia térmica** ou **elétrica**



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz  
Caracelli*

97

## Dissipação de Energia

---

- Estes três tipos de trabalho realizados pelos organismos vivos conduzem à dissipação de energia e sua dispersão no meio ambiente.
- Existe degradação em cada um dos muitos passos consecutivos na conversão de energia biológica, uma grande fração da energia, originalmente capturada da luz solar pela célula de planta verde, se perde no meio ambiente na forma de calor.



Física

096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz  
Caracelli*

98

## Dissipação de Energia

---

Por exemplo, quando o homem levanta pedras para construir um muro, realiza *trabalho mecânico* sobre seu meio ambiente: com o tempo, entretanto, o muro pode cair e seus constituintes se desordenariam no meio ambiente.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

99

## Dissipação de Energia

---

O trabalho realizado na *biossíntese* e na manutenção dos eletrólitos intracelulares se dissipa também quando as células morrem e seus conteúdos se dispersam no meio ambiente.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

100

## Dissipação de Energia

---

A energia útil proveniente da *luz solar* se converte parcialmente em *energia química*.

O fluxo de energia no mundo biológico é unidirecional e irreversível, posto que uma vez que a energia se dispersa, nunca pode voltar a produzir trabalho biológico.



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

101

## O ciclo da matéria no mundo biológico

---

Acompanhando o fluxo de energia (Figura 2) através do mundo biológico, existe um fluxo de matéria (Figura 3).

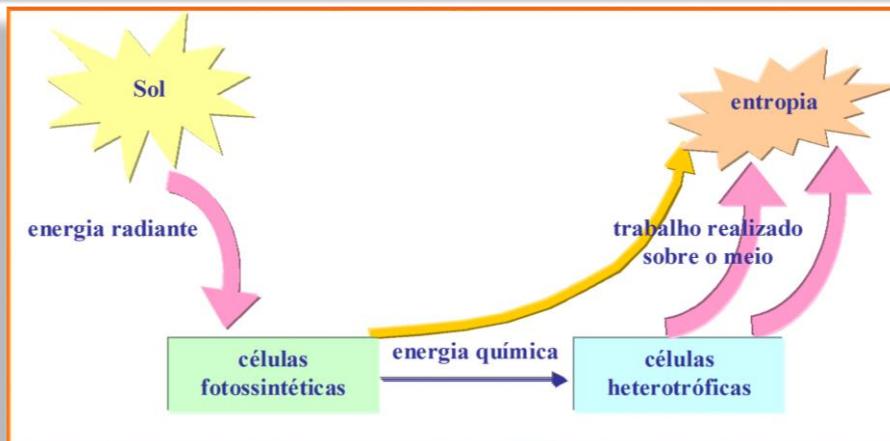


096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez  
Caracelli

102

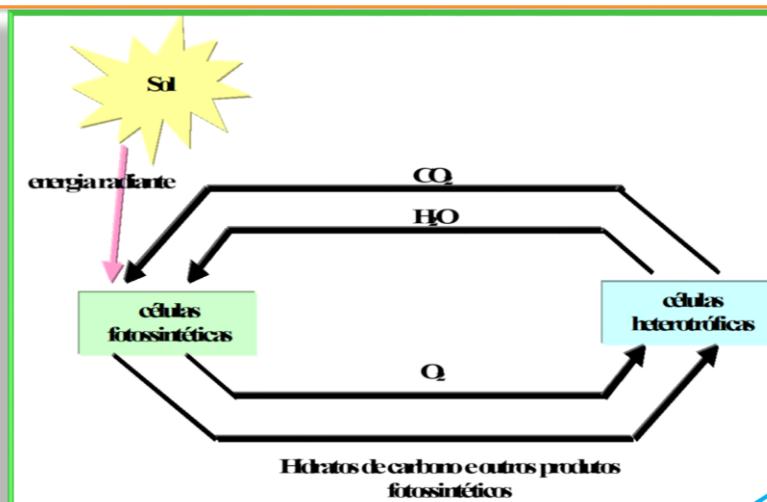
## O ciclo da energia no mundo biológico



**Figura 2** Fluxo de energia unidirecional e irreversível

**Figura 2**

## O ciclo da matéria no mundo biológico



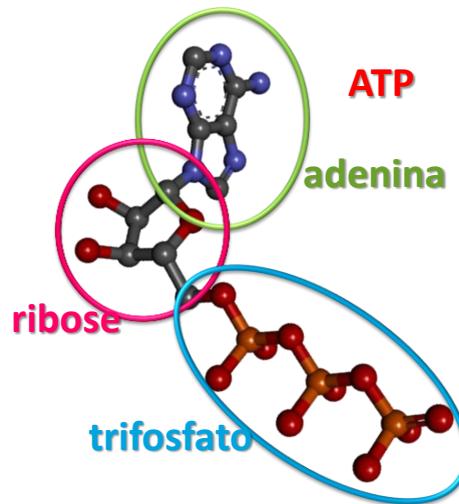
**Figura 3** Fluxo de matéria

**Figura 3**

## Energia para realização de processos

O transportador da energia química procedente da oxidação das moléculas de alimentos, seja aeróbica ou anaeróbica, para os processos ou reações da célula que não ocorrem espontaneamente e que somente podem realizar-se mediante fornecimento de energia é o

**ATP (trifosfato de adenosina ou adenosina trifosfato)**



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

105

## Conversões de Energia

energia → necessária para a ocorrência de vários processos

energia → deverá estar disponível na forma adequada

Os organismos vivos elaboraram meios para transformar a energia



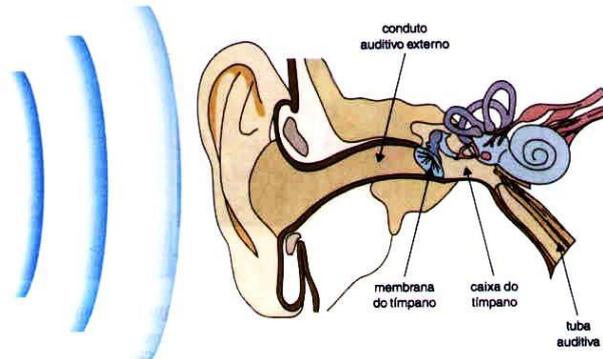
096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

106

## Conversões de Energia

O ouvido humano pode perceber as mais delicadas diferenças de timbre e harmônicos das notas musicais, mesmo que as quantidades de energia sônica que perturbam o ar sejam muito pequenas.



## Conversões de Energia

O olho humano responde ante variações extremamente pequenas de energia luminosa.

Com frequência, os dispositivos biológicos sensíveis à energia, são muito superiores em sensibilidade e eficiência aos instrumentos feitos pelo homem, mesmo os feitos na era eletrônica.

## Conversões de Energia

**Tabela 2 - Transformações energéticas**

<b>Transformação</b>	<b>Órgão Transformador</b>
energia química em elétrica	cérebro, nervos, nariz, língua
energia química em mecânica	músculo
energia química em osmótica	rins e todas as membranas celulares
energia química em radiante	órgão luminescente do vaga-lume
energia luminosa em química	cloroplasto
energia luminosa em elétrica	olho
energia hidrostática em elétrica	ouvido interno
som em energia elétrica	ouvido



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

109

## Aviso

**Na próxima semana  
02 de setembro de 2019  
Prova P1**



096059-A-FISICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês  
Caracelli*

110