

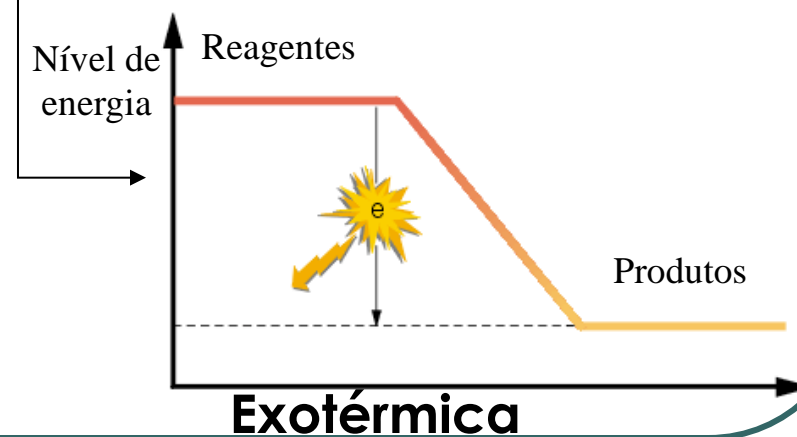
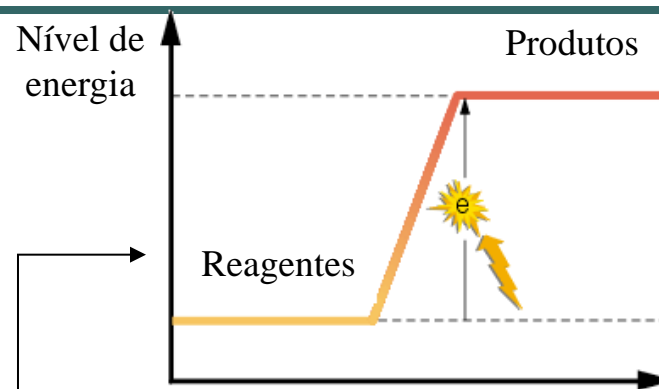
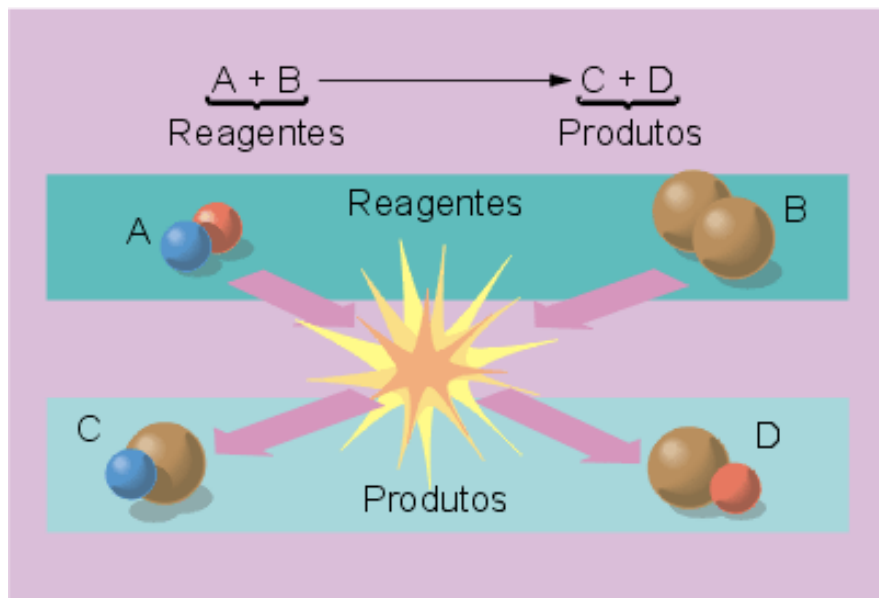
Metabolismo Energético das Células

Fotossíntese
Quimiossíntese
Respiração Celular
Fermentação

1. Introdução

- Reações endotérmicas
 - Característica: Precisam receber energia
 - Ex.: Fotossíntese e quimiossíntese
- Reações exotérmicas
 - Característica: Liberam energia
 - Ex.: Respiração e fermentação

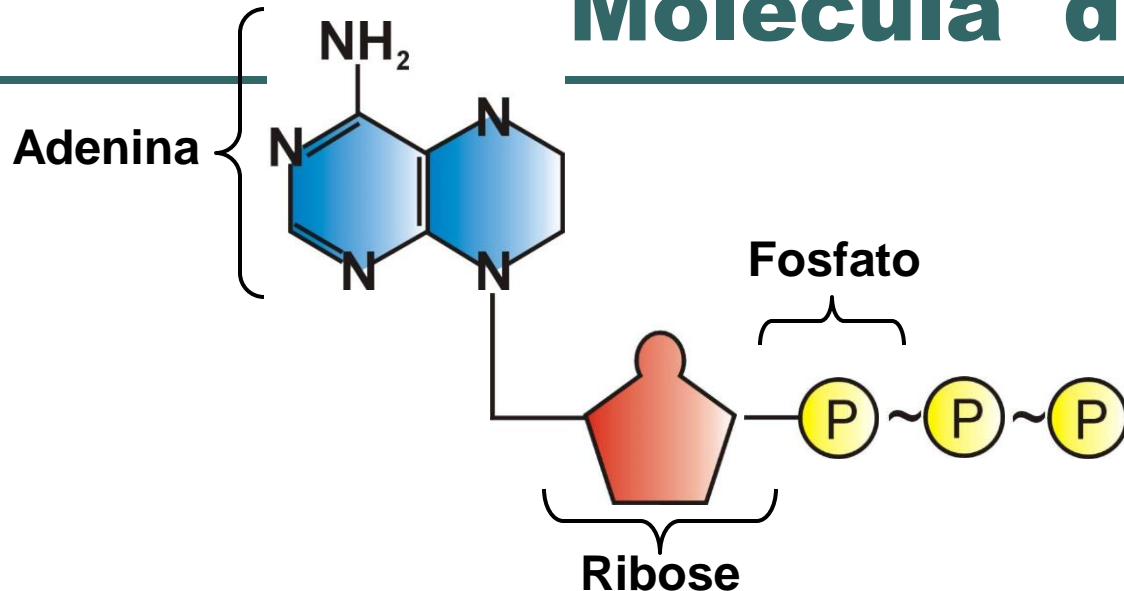
Reação



1.1 ATP – Trifosfato de Adenosina

- Este composto armazena, em suas ligações fosfato, parte da energia desprendida pelas reações exotérmicas e tem a capacidade de liberar, por hidrólise, essa energia armazenada para promover reações endotérmicas.

Molécula de ATP



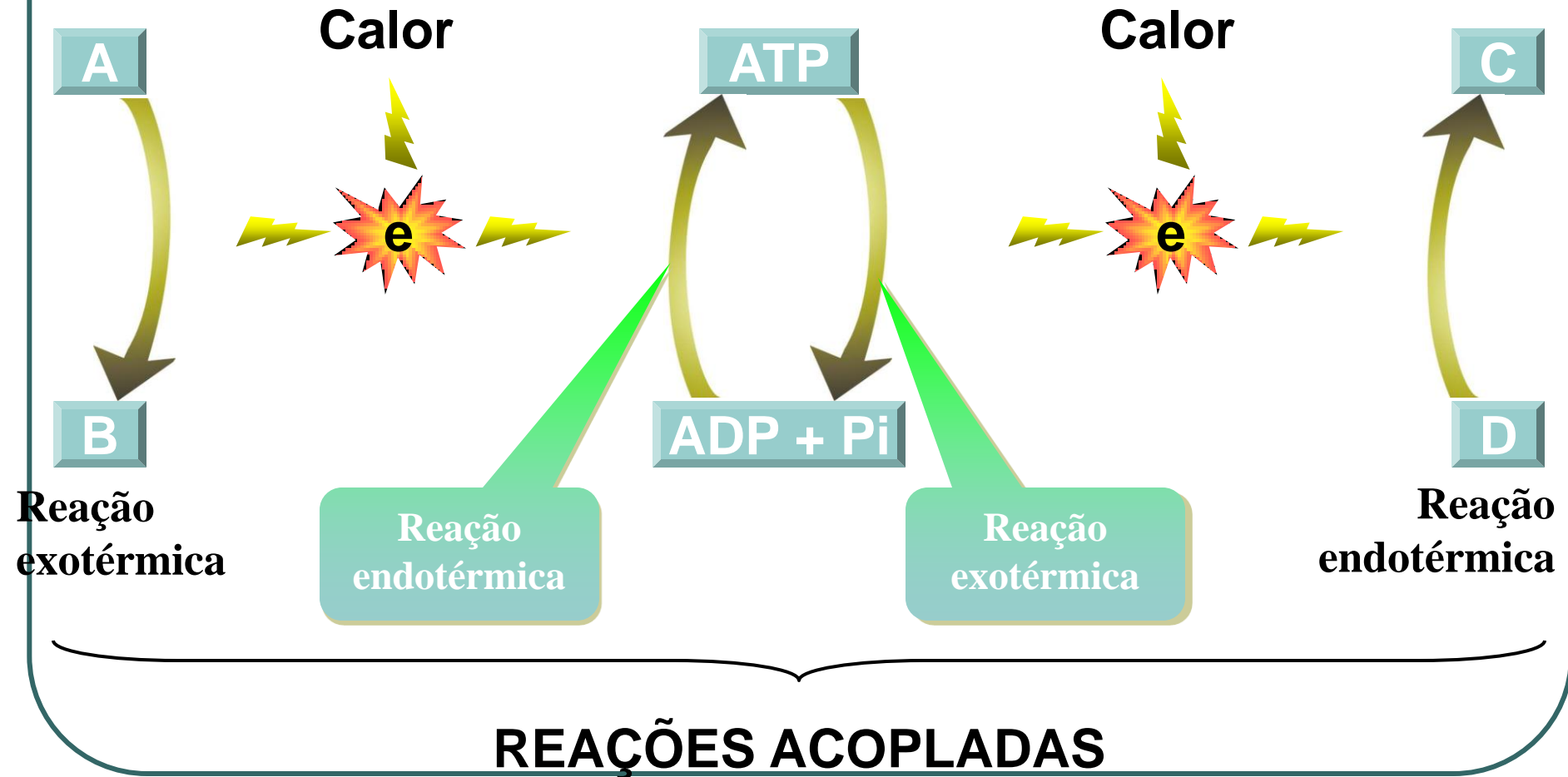
NUCLEOSÍDEO

NUCLEOTÍDEO = adenosina monofosfato (AMP)

Adenosina **d**ifosfato (ADP)

Adenosina **tr**ifosfato (ATP)

ATP em ação



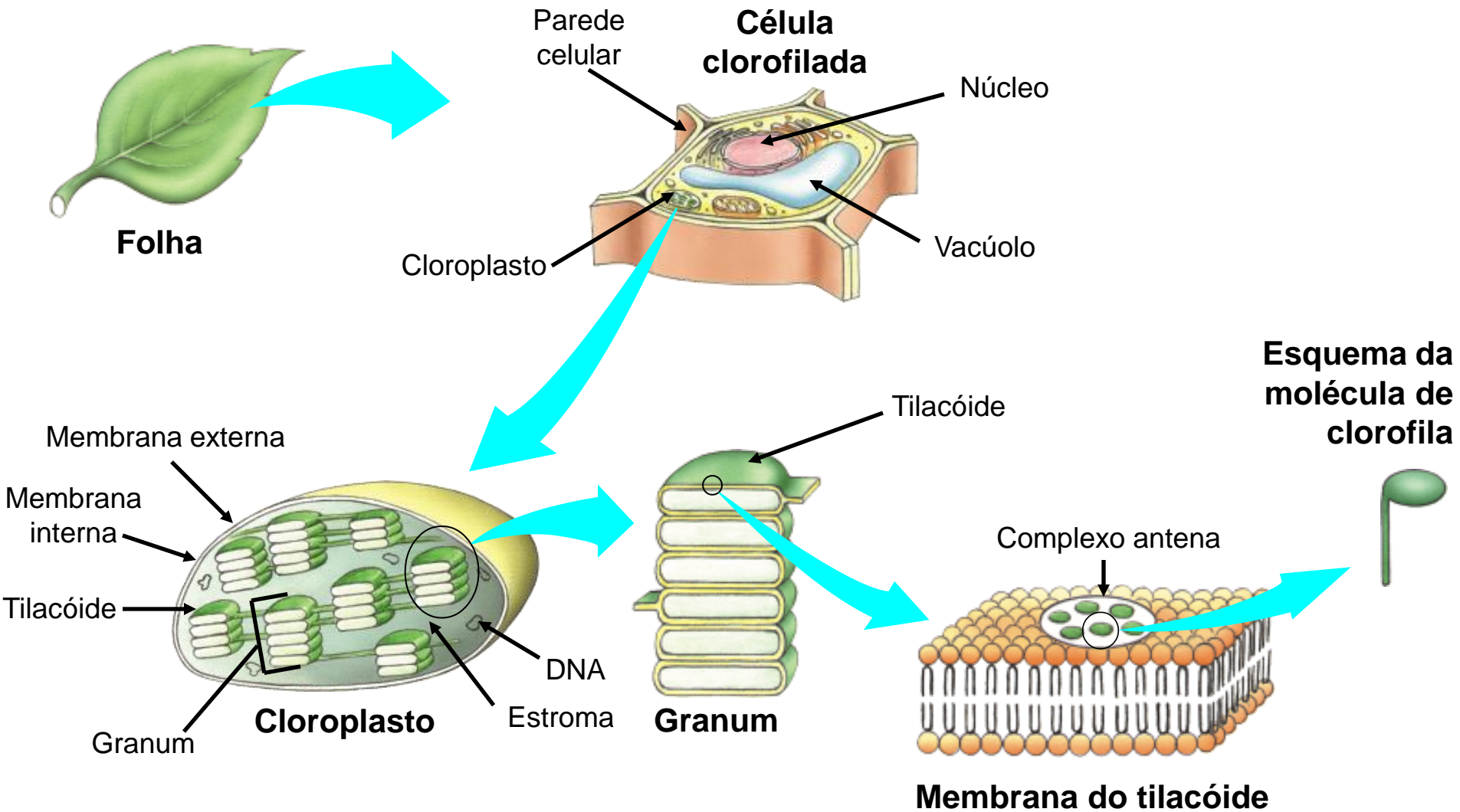
2. Fotossíntese

- É o principal processo autotrófico realizada pelos seres clorofilados, representados por plantas, alguns protistas, bactérias fotossintetizantes e cianobactérias.
- Os seres fotossintetizantes são fundamentais para a manutenção da vida em nosso planeta, pois são a base das cadeias alimentares e produzem oxigênio.

Fórmula Geral



Caminho da Fotossíntese



2.1 Etapas

- ***Fotoquímica (reação de claro)***

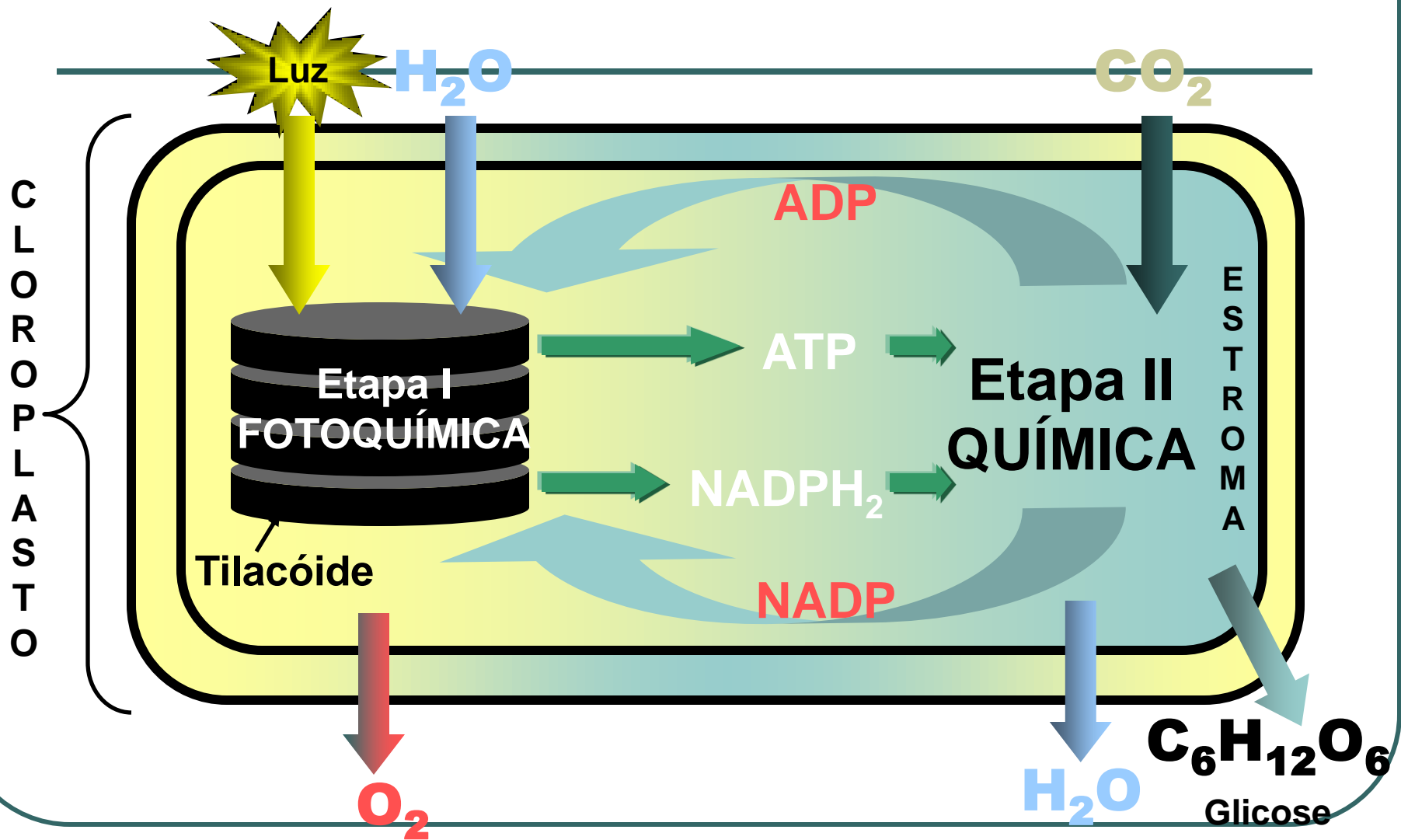
→ Necessita de energia luminosa.

OBS.: A clorofila reflete a luz verde e absorve com maior eficiência os comprimento de onda das luzes **azul** e **vermelha**.

- ***Química (reação de escuro)***

→ Não necessita de luz, mas sim dos produtos formados na fase fotoquímica.

Fotossíntese em ação



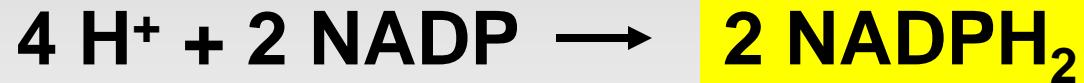
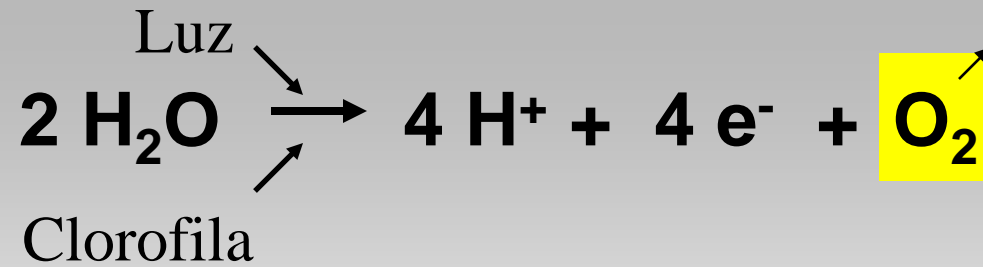
2.2 Etapa Fotoquímica

- **Ações:**
Fotofosforilação e Fotólise da água
- **Reagentes:**
Luz, H_2O , ADP e NADP
- **Produtos:**
 O_2 / ATP / NADPH_2
- **Local:**
tilacóides

Fotofosforilação → adição de fosfato (fosforilação) em presença de luz (foto) com a transferência da energia captada pela clorofila para as moléculas de ATP.

Fotólise da água → quebra da água por enzimas localizadas nos tilacóides, sob a ação da luz, liberando O_2 e formação de NADPH_2

Fotólise da água: quebra da molécula de água em presença de luz



Fotofosforilação: adição de fosfato em presença de luz



2.3 Etapa Química

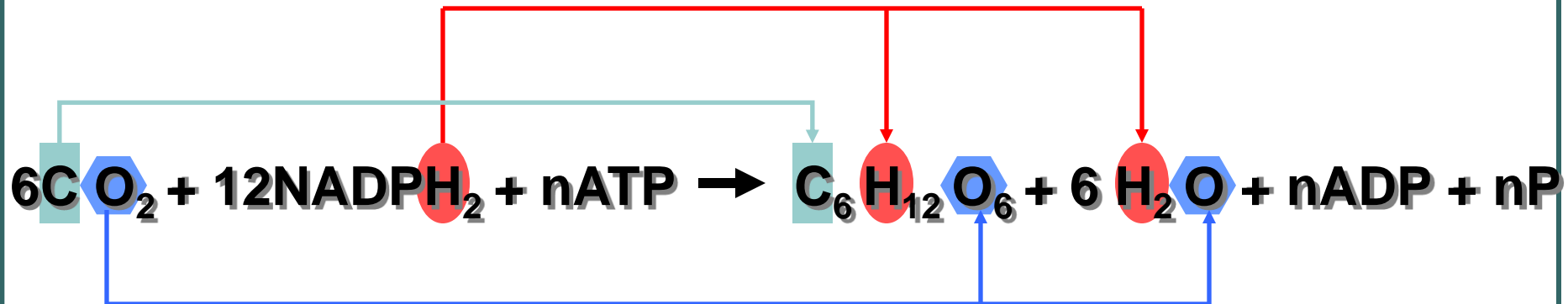
- **Ações:**
Ciclo das pentoses
- **Reagentes:**
 CO_2 , ATP e NADPH_2
- **Produtos:**
Carboidratos e H_2O
- **Local:**
Estroma

Ciclo de pentoses

proposto por Melvin Calvin (1961)

Fixação do carbono, elemento presente no meio abiótico que passa para o biótico

Equação da etapa química



2.5 Observações

- As partes verdes das plantas, representadas principalmente pelas folhas, são as únicas capazes de realizar **fotossíntese**.
- O **oxigênio** liberado pela fotossíntese realizada pelos eucariontes e cianobactérias provém da **água**, e não do gás carbônico (**Cornelius van Niel** em 1930 → bactéria vermelhas sulfurosas)
- Principais tipos de clorofila:
 - a** → eucariontes e cianobactérias **b** → plantas e algas verdes
 - c** → algas pardas e diatomáceas **d** → algas vermelhas
 - bacterioclorofila** → bactérias fotossintetizantes
- O açúcar produzido na fotossíntese parte serve para
 - sintetizar outras moléculas orgânicas (sacarose, celulose)
 - utilizada pelas mitocôndrias (cerca de 50%),
 - reserva na forma de amido (raízes, tubérculos e frutos).

3. Quimiossíntese

- Processo em que a energia utilizada na formação de compostos orgânicos, a partir de gás carbônico(CO_2) e água (H_2O), provém da oxidação de substâncias inorgânicas.
- Principais bactérias quimiossintetizantes:
 - **FERROBACTÉRIAS** → oxidação de compostos de ferro.
 - **NITROBACTÉRIAS** → oxidação da amônia (NH_3) ou de nitritos (NO_2) (importantes no ciclo do nitrogênio).
 - *Nitrossomas* & *Nitrobacter*

Quimiossíntese

- é uma **reação que produz energia química**, convertida da energia de ligação dos compostos inorgânicos oxidados.
- Sendo a energia química liberada, empregada na **produção de compostos orgânicos e gás oxigênio (O_2)**, a partir da reação entre o dióxido de carbono (CO_2) e água molecular (H_2O)

Primeira etapa

Composto Inorgânico + O₂



Compostos Inorgânicos
oxidados

+

Energia Química

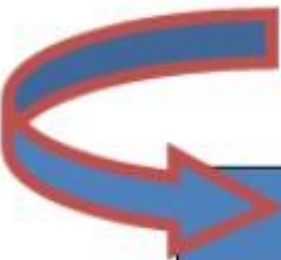
Segunda etapa

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Energia Química}$



$\text{Compostos Orgânicos} + \text{O}_2$

Quimiossíntese



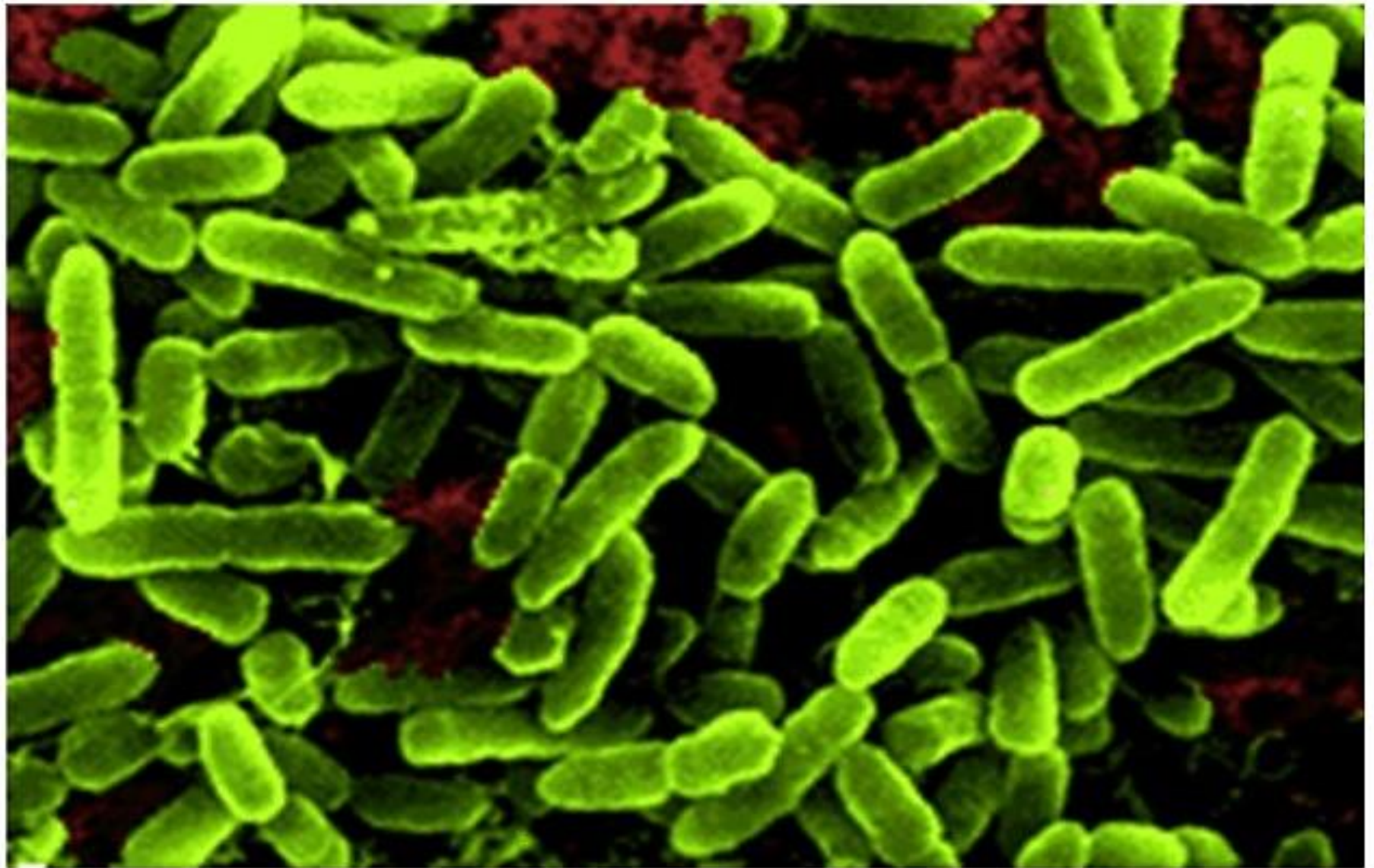
é um processo de síntese de compostos orgânicos que utiliza, tal como a fotossíntese, o dióxido de carbono como fonte de carbono, mas, em vez da energia solar, **usa a energia proveniente da oxidação de substâncias inorgânicas, como a amônia, os nitritos, o enxofre e o ferro.**

É realizada por algumas bactérias autótrofas.

Exemplos de bactérias que realizam a **quimiossíntese** são as do gênero *Beggiatoa* e *Thiobacillus*, também chamadas de **sulfobactérias**, pois elas realizam seu metabolismo através das reações de oxidação de compostos de enxofre.

As **ferrobactérias** oxidam substâncias à base de ferro para conseguirem energia química, já as **nitrificantes**, utilizam substâncias à base de nitrogênio.

Bactérias Nitrificantes

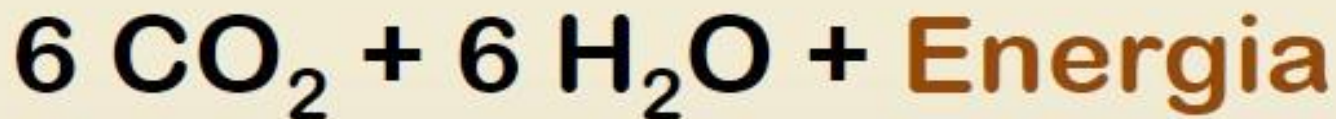


Outro exemplo de **bactérias quimiossintetizantes:**

Também chamadas de **nitrobactérias**, são as bactérias do gênero ***Nitrosomonas*** e ***Nitrobacter***, muito importantes para o meio ambiente e para os seres humanos.

Essas bactérias são encontradas no solo e realizam um importante papel na reciclagem do nitrogênio em nosso planeta.

Reação quimiossintética nas Nitrossomonas:



Reação quimiossintética nas Nitrobacter:



- As bactérias do gênero ***Nitrosomonas*** conseguem energia através da oxidação do íon amônio (NH_4^+), que se encontra presente no solo, transformando-o em íon nitrito (NO_2^-);
- As bactérias do gênero ***Nitrobacter*** oxidam o íon nitrito (NO_2^-), transformando-o em íon nitrato (NO_3^-), que é absorvido pelas raízes das plantas e utilizado na síntese de proteínas.

Fixação

Nitrogênio na atmosfera
(N_2)

Plantas

Assimilação

Bactérias
desntri-
ficantes

Bactérias fixa-
doras de N_2 nos
nódulos de raízes
de leguminosas

Decompositores
(fungos e bactérias
aeróbicas e anaeróbicas)

Nitratos
(NO_3^-)

Amonificação

Nitrificação

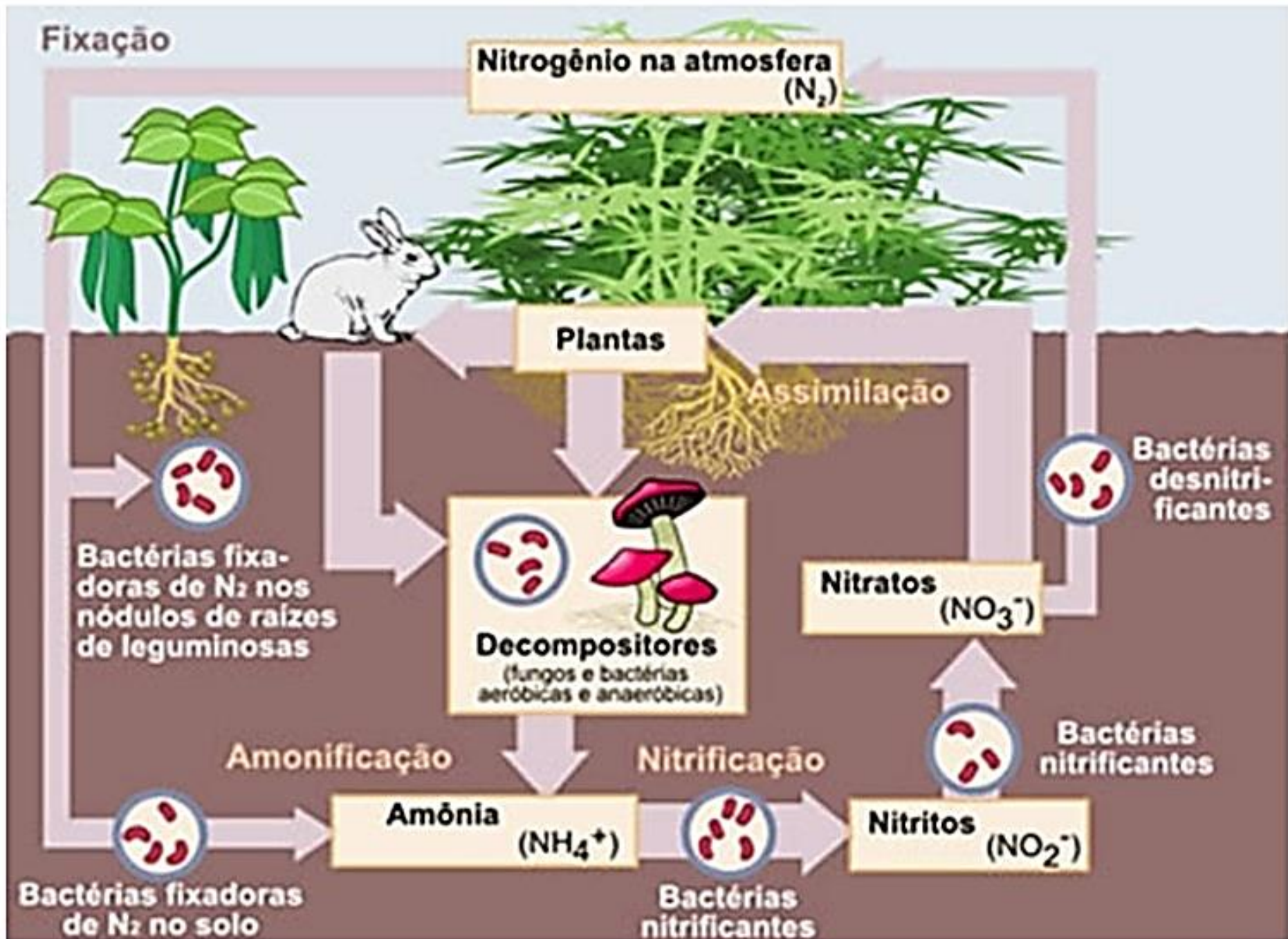
Bactérias
nitrificantes

Amônia
(NH_4^+)

Nitritos
(NO_2^-)

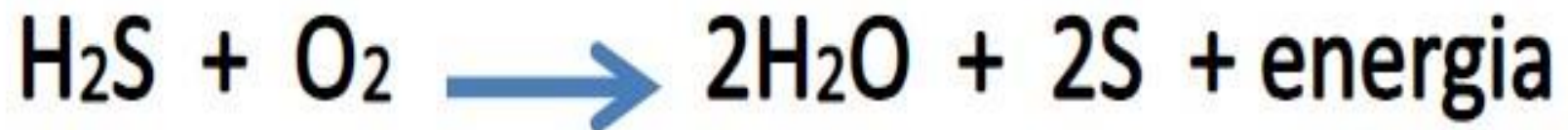
Bactérias fixadoras
de N_2 no solo

Bactérias
nitrificantes

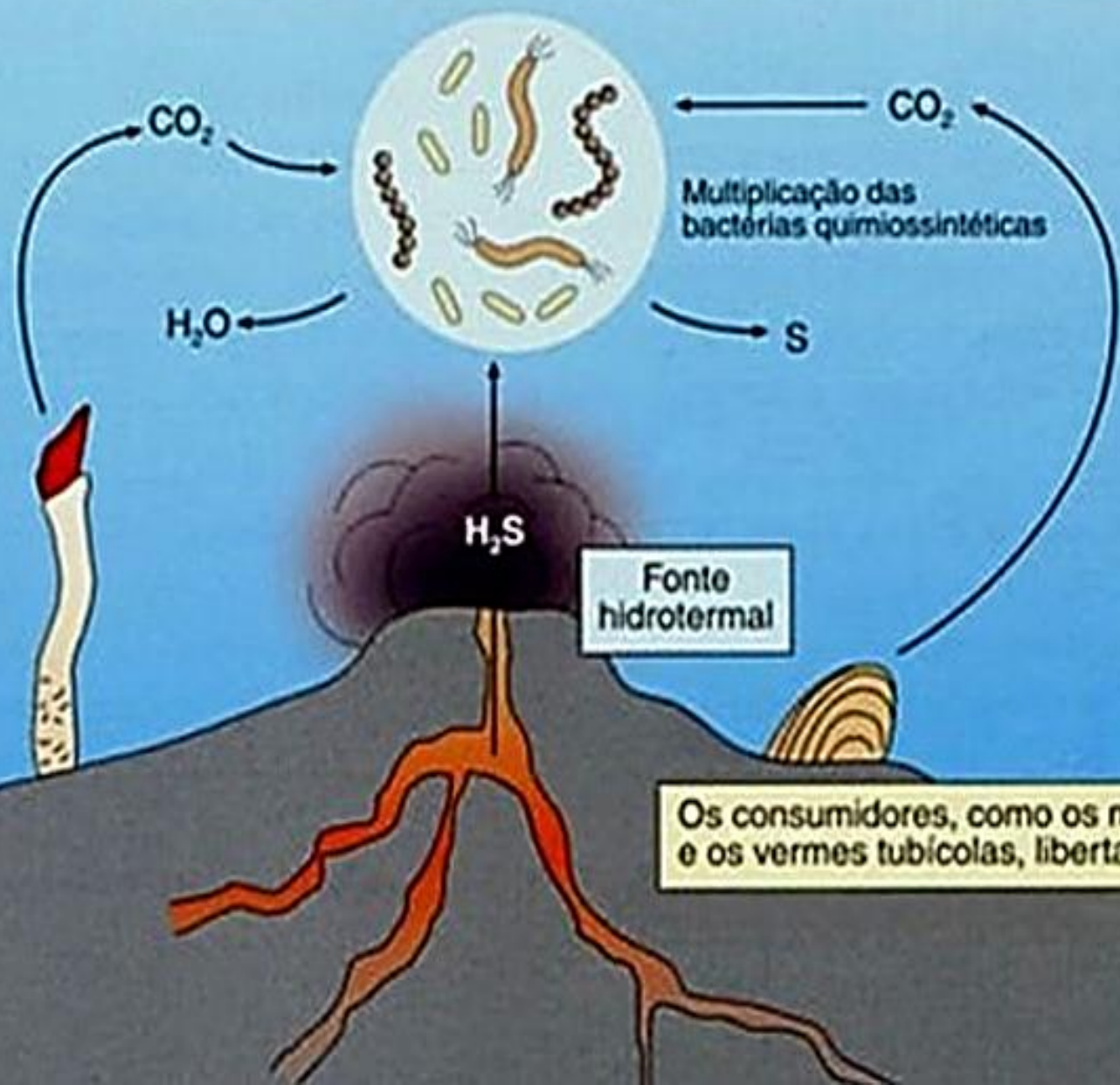


Em 1977, cientistas descobriram animais (anêmonas, mariscos, caranguejos e uma espécie de verme sem boca) que podiam atingir mais de dois metros de comprimento, aproximadamente 2,5 km abaixo da superfície (uma região onde não há nenhum vestígio de luminosidade). Como todos esses animais estavam próximos a fontes hidrotermais (água quente com gás sulfídrico dissolvido), os cientistas concluíram que esse gás é oxidado por bactérias quimiossintetizantes que o transformam em enxofre. Dessa forma, ao conseguir energia para produzir matéria orgânica, esse tipo de bactéria servia como alimento para os seres heterotróficos que habitam as profundezas, dando chance para que aquela comunidade existisse.

BACTÉRIAS SULFUROSAS



Bactérias quimiossintéticas utilizam a energia proveniente da oxidação de compostos minerais (sulfureto de hidrogénio) para a síntese de compostos orgânicos, a partir de CO_2 .

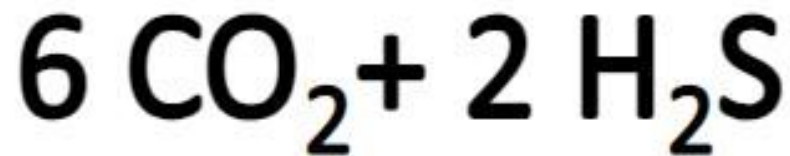


A fotossíntese e a quimiossíntese diferem basicamente em dois aspectos:

- ➡ na energia utilizada para a síntese de compostos orgânicos e
- ➡ na fonte de prótons (H^+) e de elétrons (e^-).

Enquanto na fotossíntese é utilizada energia solar e os prótons e elétrons provêm da água, na quimiossíntese a energia, os prótons e os elétrons têm origem nos compostos minerais que são oxidados.

Fotossíntese bacteriana



luz

bacterioclorofila



As bactérias são seres autotróficos, ou seja, elas que produzem o seu alimento, através da luz solar, no processo chamado de fotossíntese.

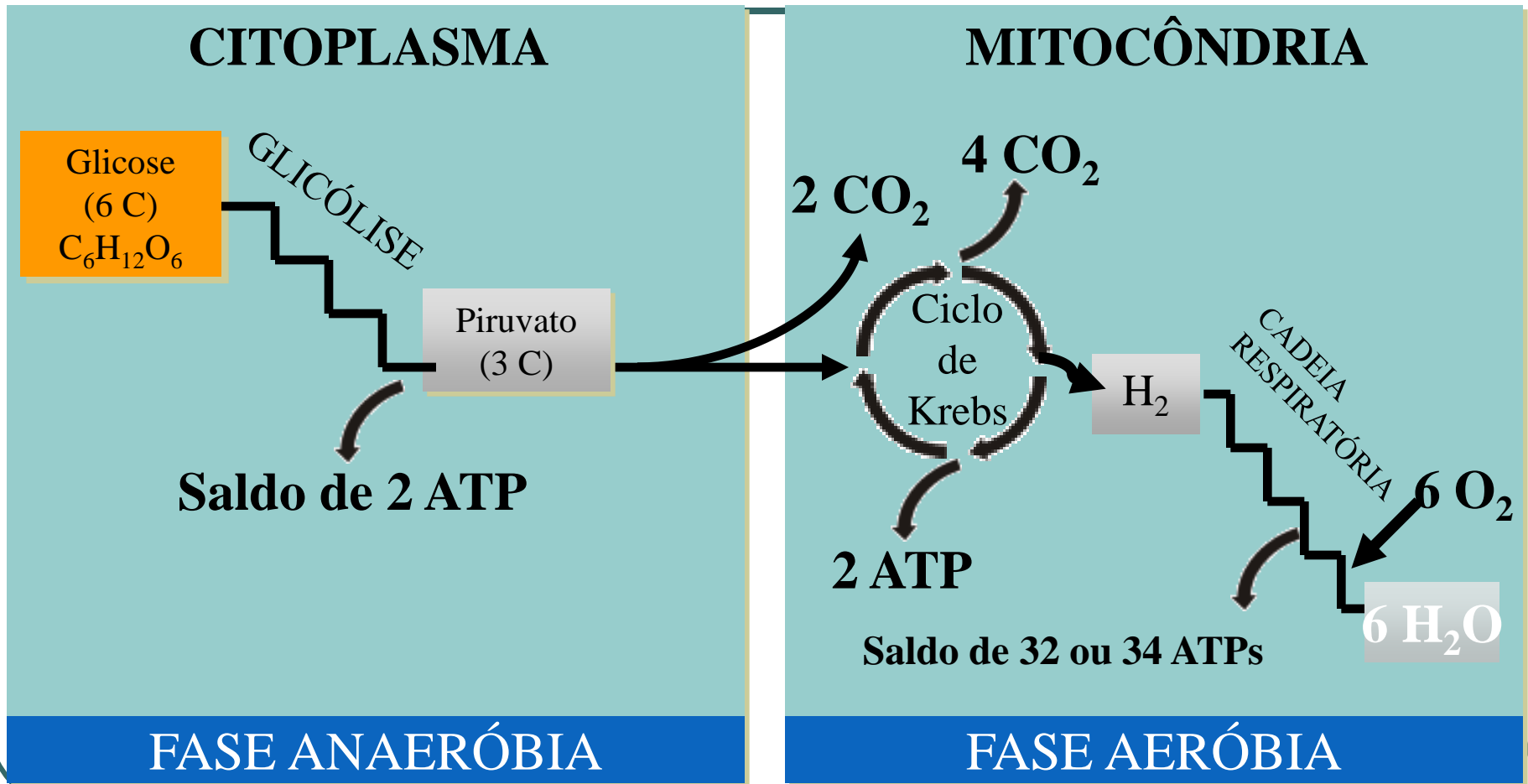
Apesar se serem fotossíntetizadoras, as bactérias não possuem o clorofila, mas sim outra substância parecida, denominada **bacterioclorofila**.

Este processo é um pouco diferente, pois as bactérias não utilizam a água nem liberam oxigênio para a atmosfera. O composto químico que fornece o hidrogênio é o gás sulfídrico (H_2S). As sulfobactérias é que realizam este processo, devido ao ambiente em que elas vivem que é rico em gás sulfídrico.

4. Respiração

- Processo de síntese de ATP que envolve a cadeia respiratória.
- Tipos
 - **AERÓBIA** → em que o acceptor final de hidrogênios é o **oxigênio**.
 - **ANAERÓBIA** → em que o acceptor final de hidrogênio não é o oxigênio e sim outra substância (sulfato, nitrato)

Respiração em Eucariontes



4.1 Respiração Aeróbia

- Utilizadas por procariontes, protistas, fungos, plantas e animais.
- Molécula principal: **glicose**.
- Etapas:
 - Glicólise (**não usa O_2**).
 - Ciclo de Krebs
 - Cadeia respiratória (usa O_2)
- Obs.:
 - Procariontes: glicólise e ciclo de Krebs ocorrem no **citoplasma** e a cadeia respiratória na membrana.
 - Eucariontes: glicólise ocorre no citossol, e nas **mitocôndrias** o ciclo de Krebs (matriz) e a cadeia respiratória (cristas).

4.1.2 Glicólise

- Função: quebra de moléculas de glicose e formação do piruvato.
- Local: citossol
- Procedimento:
 - Glicose \rightarrow 2 piruvato: liberação de hidrogênio e energia.
 - NAD \rightarrow NADH :energia usada na síntese de ATP.
- O piruvato formado entra na mitocôndria e segue para o ciclo de Krebs.

Glicólise

Glicose (6C)
 $C_6H_{12}O_6$

ATP → ADP ATP → ADP



P ~ 6 C ~ P

3 C ~ P

3 C ~ P

Pi → NAD → NADH

P ~ 3 C ~ P

NAD → NADH → Pi

P ~ 3 C ~ P

ADP → ATP

P ~ 3 C

ADP → ATP

P ~ 3 C

ADP → ATP

3 C Piruvato

ADP → ATP

3 C Piruvato

1. Duas moléculas de ATP são utilizadas para ativar uma molécula de glicose e iniciar a reação.
2. A molécula de glicose ativada pelo ATP divide-se em duas moléculas de três carbonos.
3. Incorporação de fosfato inorgânico e formação de NADH.
4. Duas moléculas de ATP são liberadas **recuperando as duas utilizadas no início**.
5. Liberação de duas moléculas de ATP e formação de piruvato.

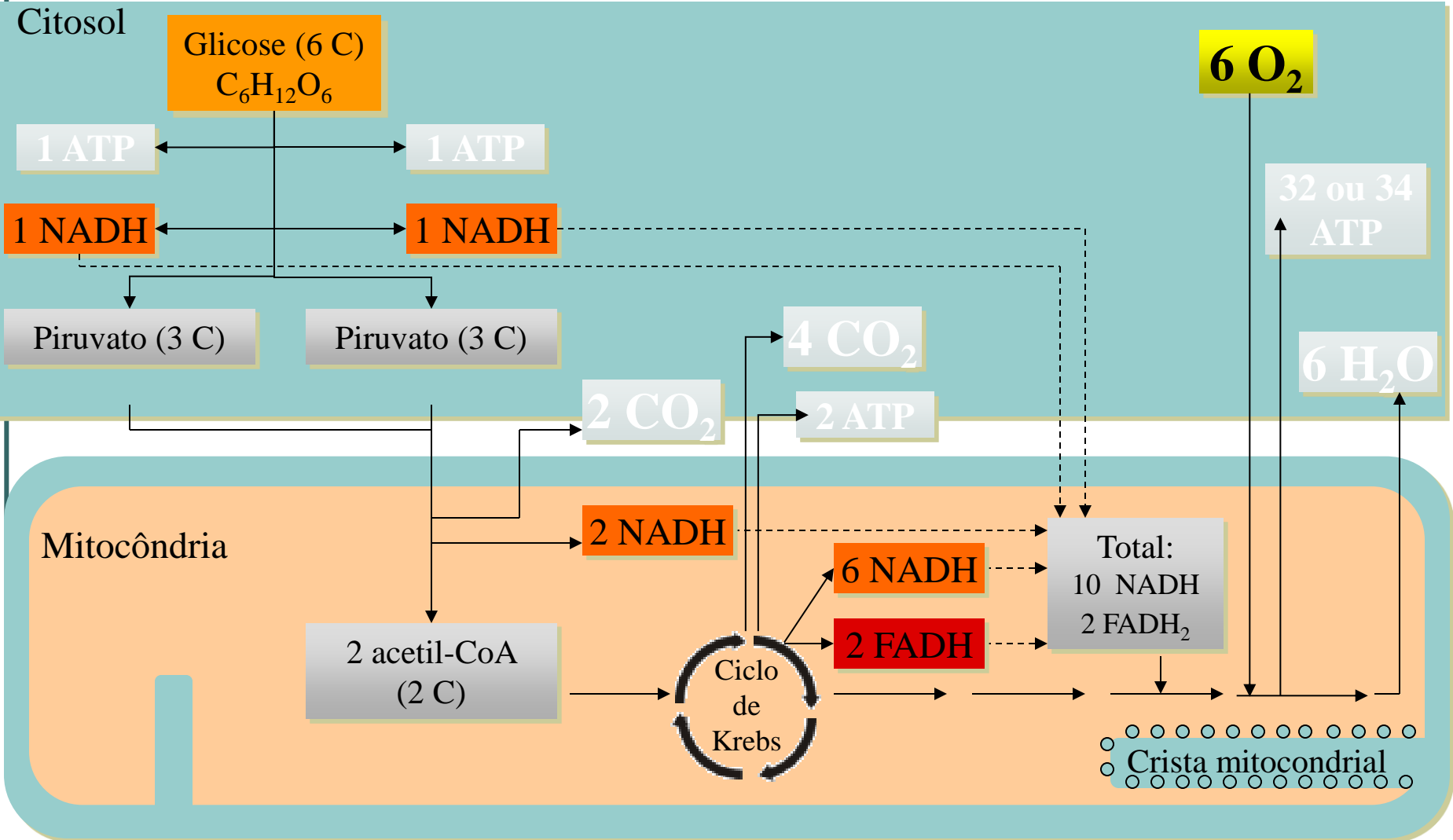
4.1.3 Ciclo de Krebs

- Nomes: ciclo do ácido cítrico ou ácido tricarboxílico.
- Mentor: **Hans Adolf Krebs**, 1953)
- **Local**: matriz mitocondrial
- **Procedimento**:
 - **Piruvato** → acetil : liberação de CO_2 e H.
 - Acetil → Acetil-coenzima A (**acetil-CoA**) : entra no ciclo de Krebs.
 - Ciclo de Krebs: liberação de CO_2 , ATP, **NADH**, **FADH₂**
- Obs.: todo o **gás carbônico** liberado na respiração provém da formação do acetil e do ciclo de Krebs.

4.1.4 Cadeia respiratória

- Função: formação de ATP
- **Local:** crista mitocondrial
- **Procedimento:**
 - **Fosforilação oxidativa:** transferência de hidrogênios pelos citocromos, formando ATP e tendo comoceptor final o oxigênio e a formação de água
- Obs.: O rendimento energético para cada molécula de glicose é de 38 moléculas de ATP.

Visão geral do processo respiratório em célula eucariótica



4.2 Respiração Anaeróbia

- Utilizada por bactérias desnitrificantes do solo como a *Pseudimonas disnitrificans*, elas participam do ciclo de nitrogênio devolvendo o N₂ para a atmosfera.
- Molécula principal: glicose e nitrato.
- Fórmula:



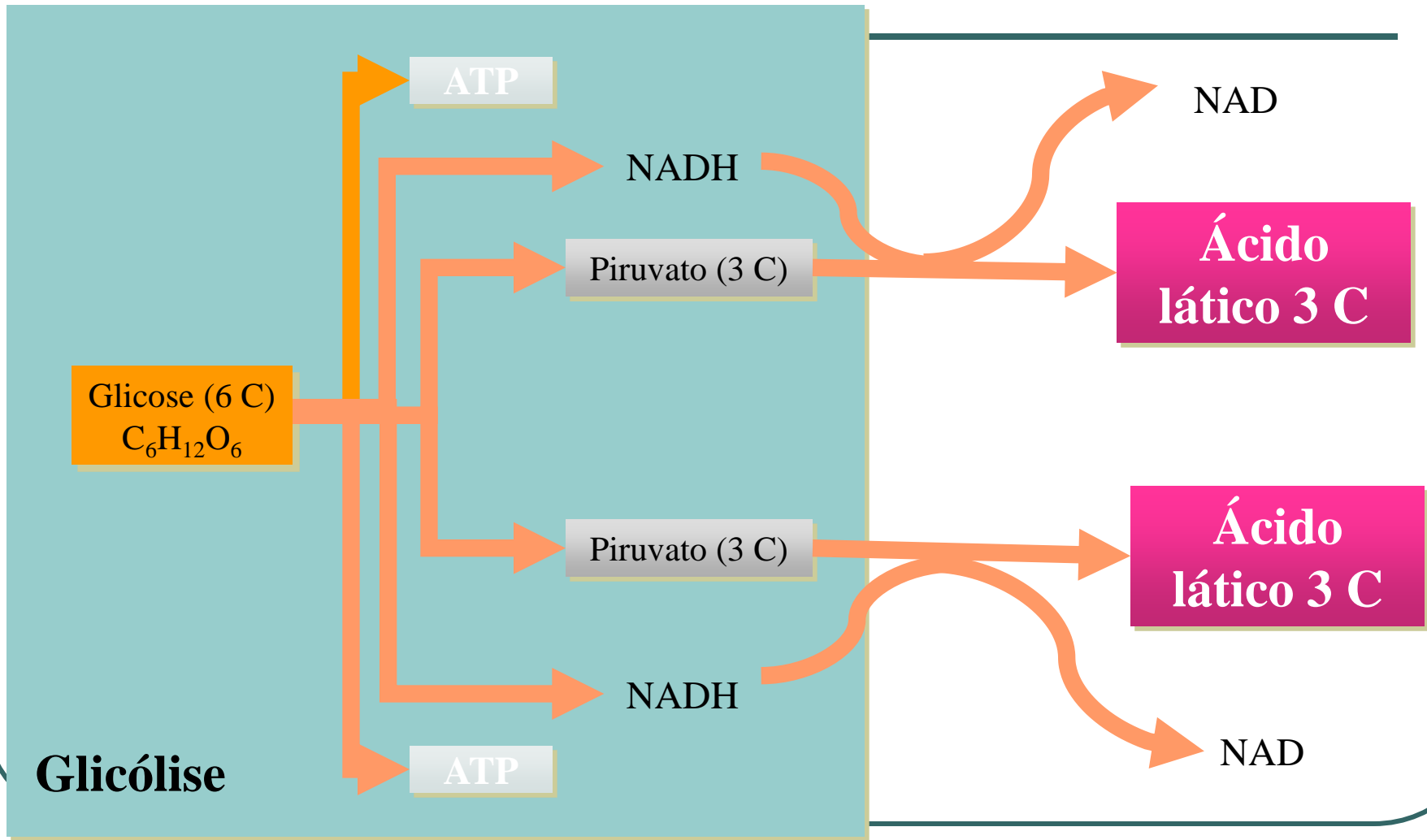
5. Fermentação

- Processo anaeróbio de síntese de ATP que ocorre na **ausência de O_2** (solos profundos e regiões com teor de O_2 quase zero) e que **não envolve a cadeia respiratória**.
- Aceptor final: composto orgânico.
- Seres Anaeróbios:
 - ESTRITOS: só realiza um dos processos anaeróbios (fermentação ou respiração anaeróbia)
Ex.: *Clostridium tetani*
 - FACULTATIVAS: realizam fermentação ou respiração aeróbia.
Ex.: *Sacharomyces cerevisiae*
- Procedimento:
 - Glicose degradada em substâncias orgânicas mais simples como : ácido láctico (fermentação láctica) e álcool etílico (fermentação alcoólica)

5.1 Fermentação Lática

- O piruvato é transformado em ácido láctico.
- Realizada por bactérias, fungos protozoários e por algumas células do tecido muscular humano.
- Exemplos:
 - Cãibra: fermentação devido à insuficiência de O_2
 - Azedamento do leite.
 - Produção de conservas.

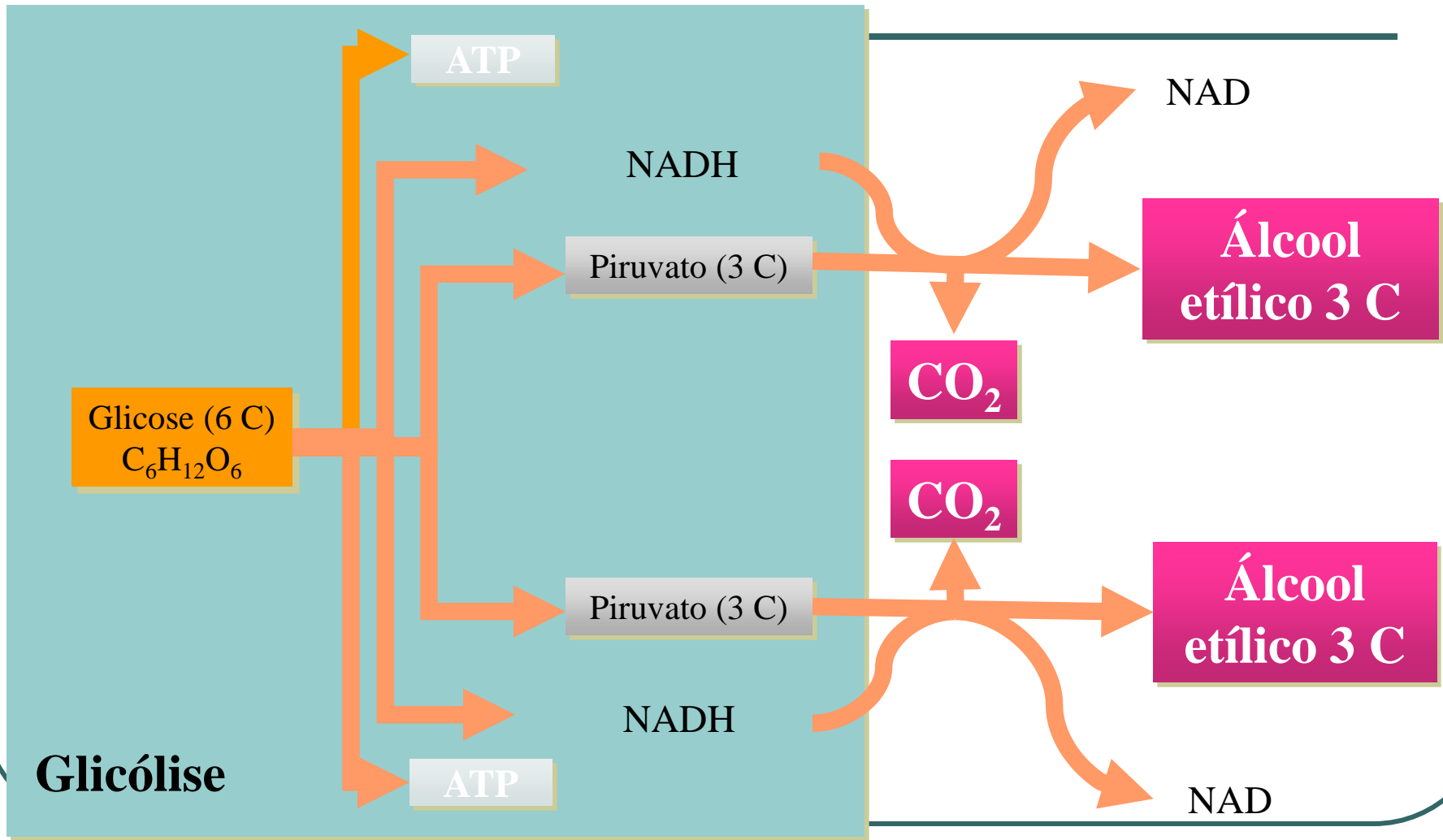
Fermentação Lática



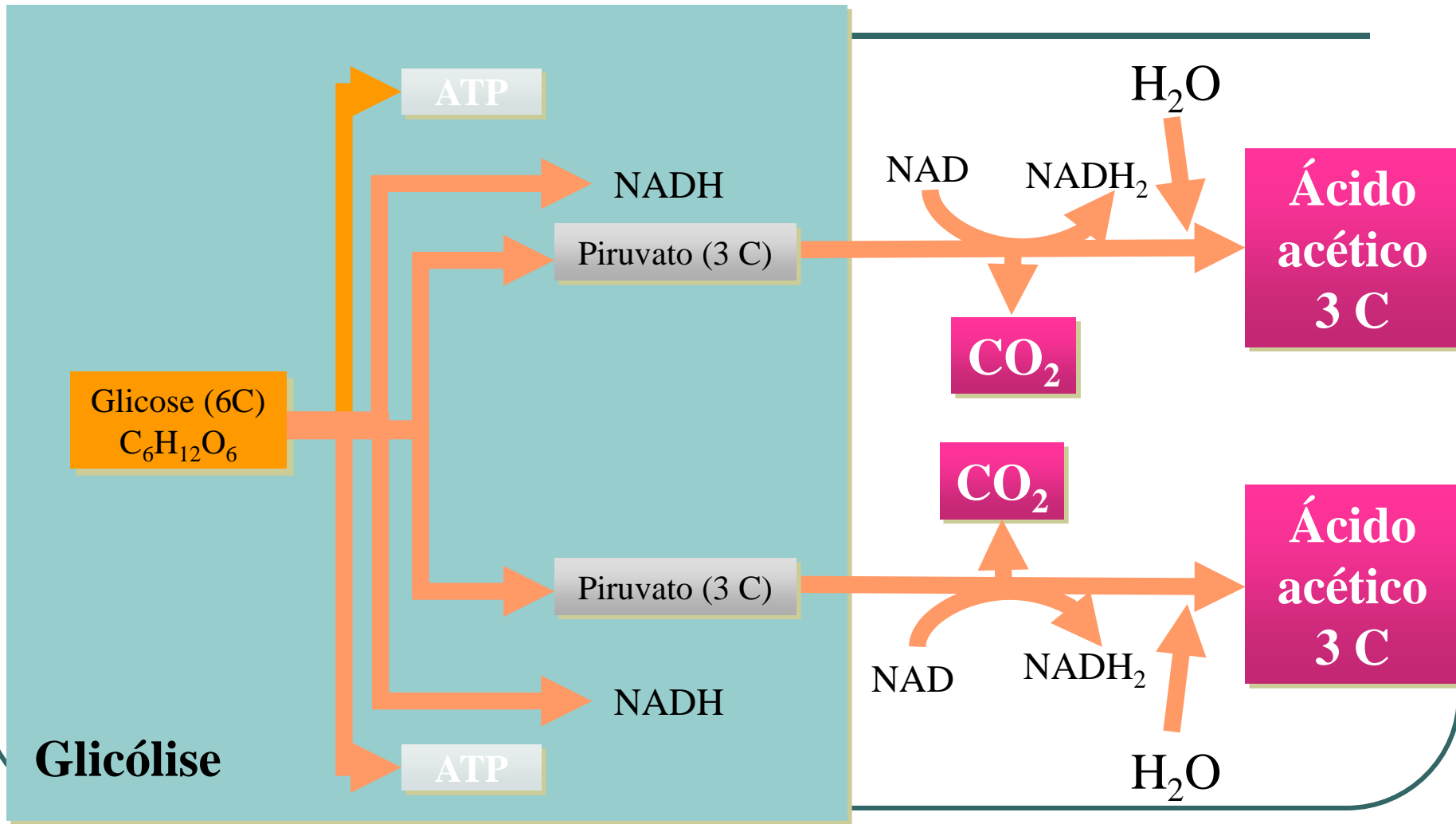
5.2 Fermentação Alcoólica

- O piruvato é transformado em álcool etílico.
- Realizada por bactérias e leveduras.
- Exemplos:
 - *Sacharomyces cerevisiae* → produção de bebidas alcoólicas (vinho e cerveja)
 - Levedo → fabricação de pão.

Fermentação Alcoólica



Fermentação Acética



Resumo dos Tipos de fermentação e a respiração

Fermentação Láctica



Fermentação Alcoólica



Fermentação Acética



Respiração

