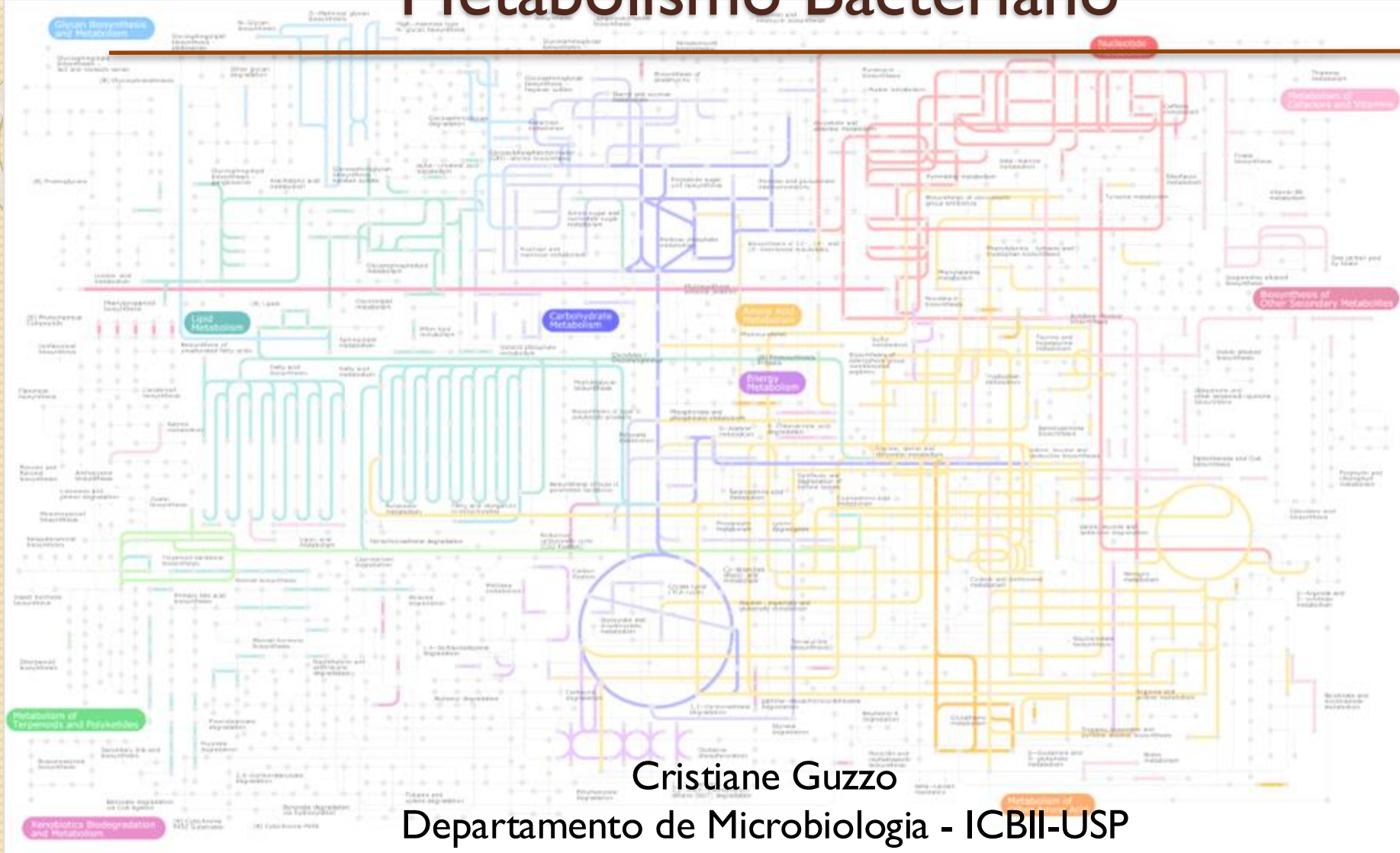


Metabolismo Bacteriano



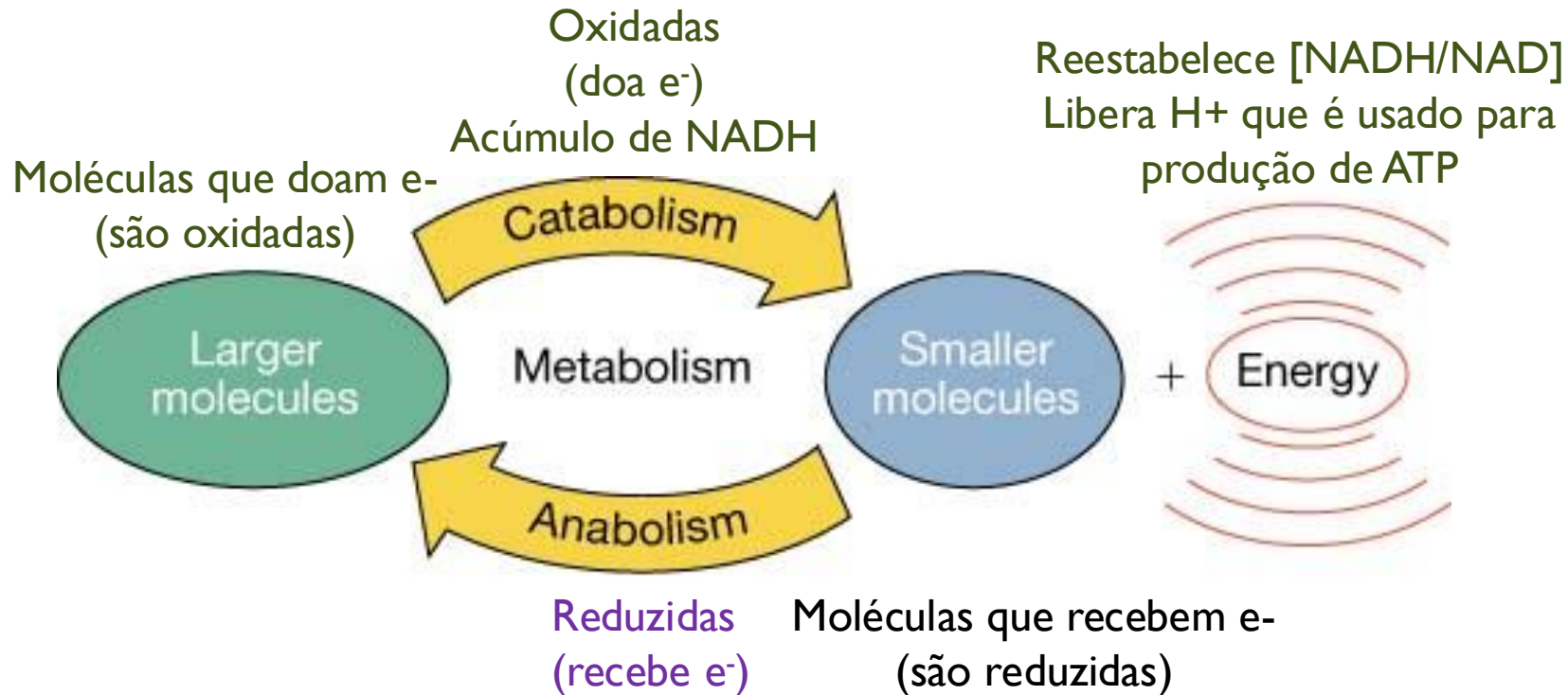
Cristiane Guzzo
Departamento de Microbiologia - ICBII-USP

São Paulo, 08 de Agosto de 2025

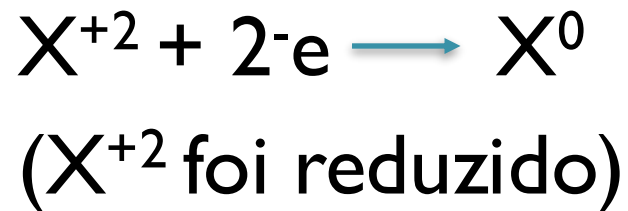
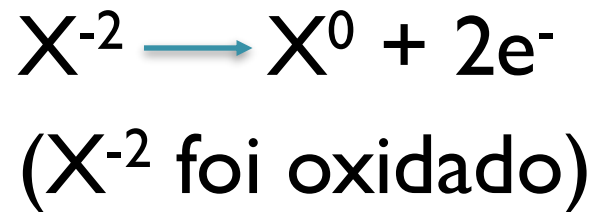
Princípios gerais de metabolismo

Metabolismo

Estão relacionadas a reações de químicas dentro de um organismo vivo



Metabolismo é governado por reação de oxido-redução!



Moléculas geradas durante o metabolismo – Seu papel funcional

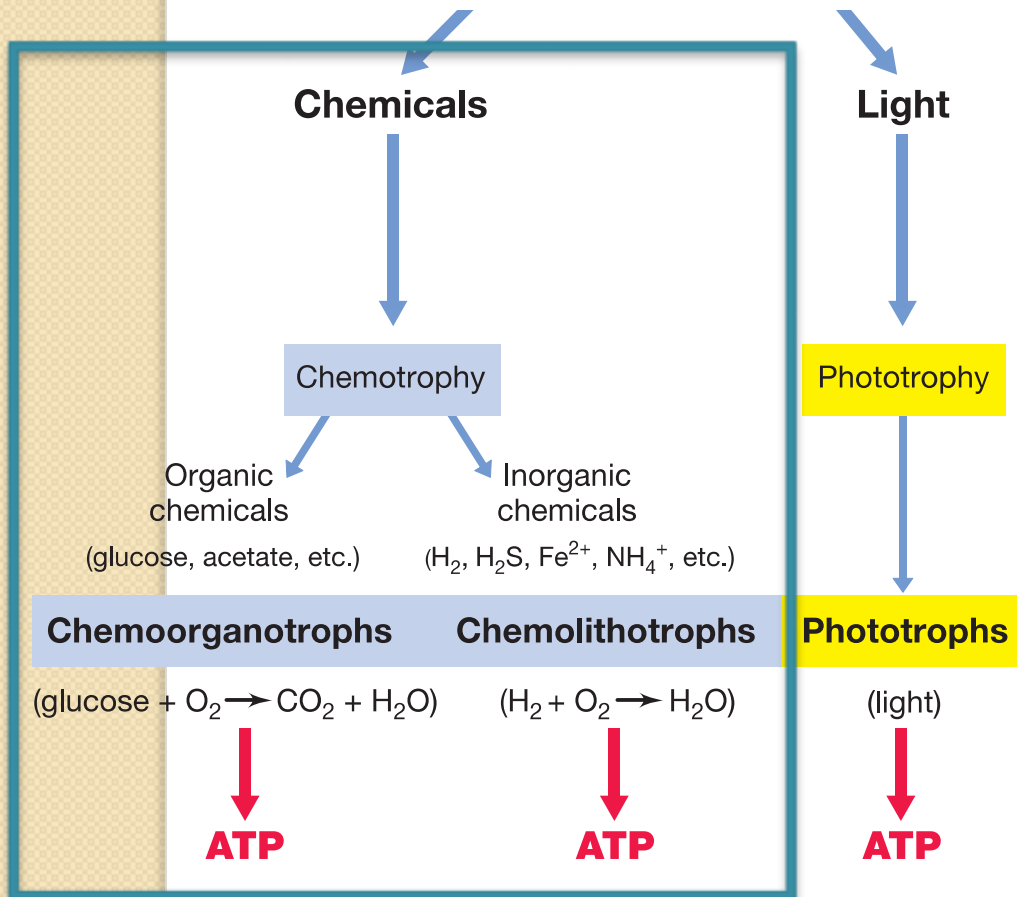
- Gerar **ATP** para ser usada na biossíntese;
- Gerar **NADPH** (poder redutor NADPH para NADP^+) para ser usada na biossíntese
- Gerar **percussores** para serem usados nas vias de biossíntese;
- NAD^+ é reduzido em NADH, no final ocorre o restabelecimento redox de NADH para NAD^+

Diversidade Metabólica

Capacidade Biossintética:

quanto o organismo consegue sintetizar fatores importantes para o seu crescimento

Fonte de Energia



Fonte de Carbono

Autotróficos: CO₂

Heterotróficos:
compostos orgânicos

Diversidade metabólica de procariotos

Metabolismo heterotrófico

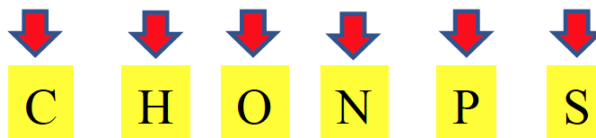
Matéria Orgânica

Açúcares – amido, celulose, etc.

Aminoácidos – proteínas, peptidoglicano, etc.

Ácidos graxos – (hidrocarbonetos, óleo Diesel, etc.)

Ácidos nucleicos – DNA, RNA



Metabolismo bacteriano

Ambiente (energia e nutrientes)

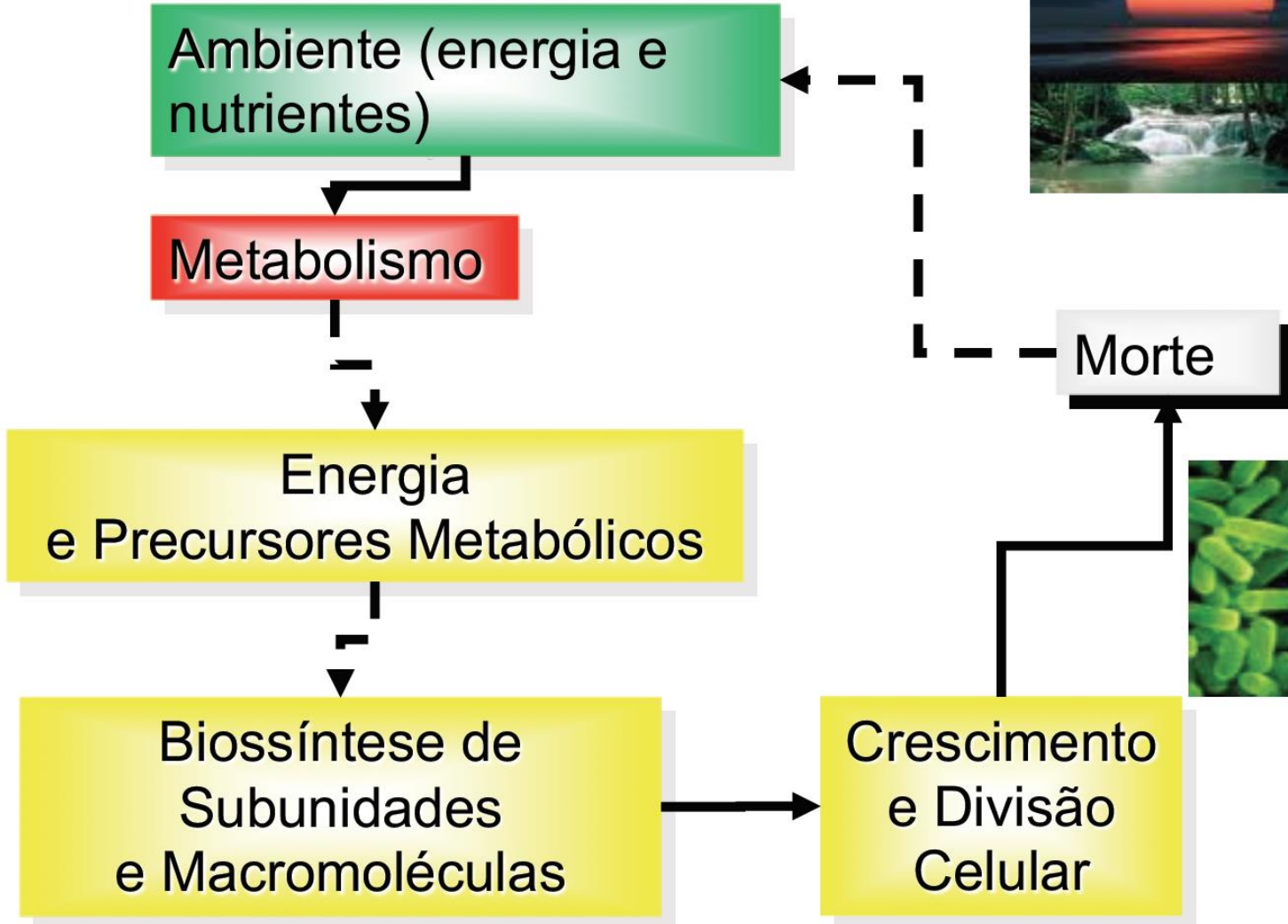
Metabolismo

Energia
e Precursores Metabólicos

Biossíntese de
Subunidades
e Macromoléculas

Crescimento
e Divisão
Celular

Morte



Quais são os macro e micronutrientes?

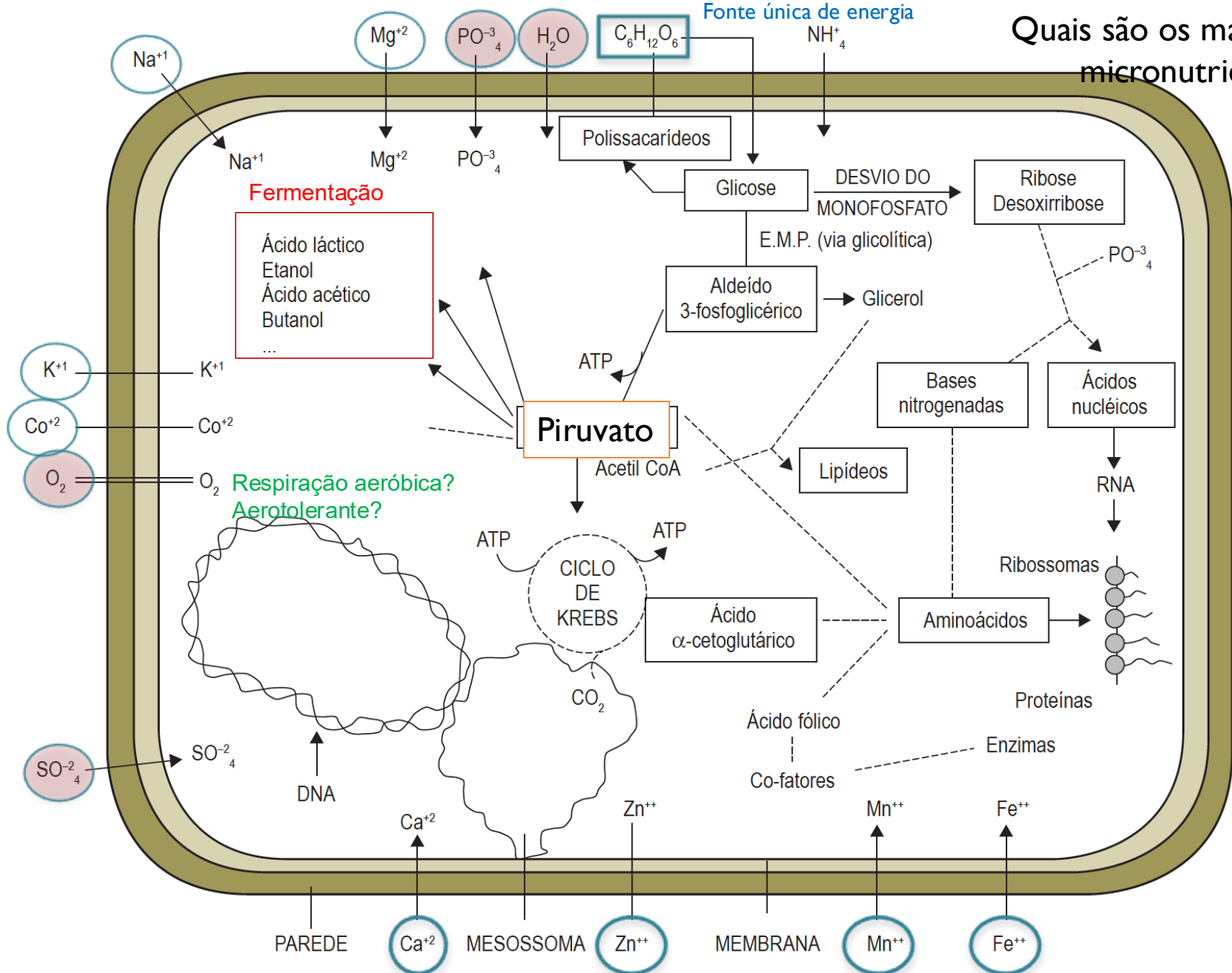
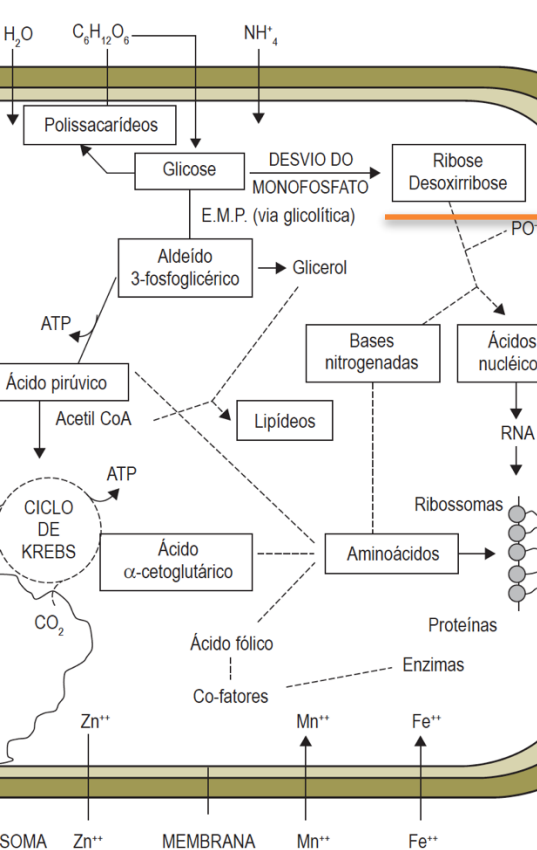
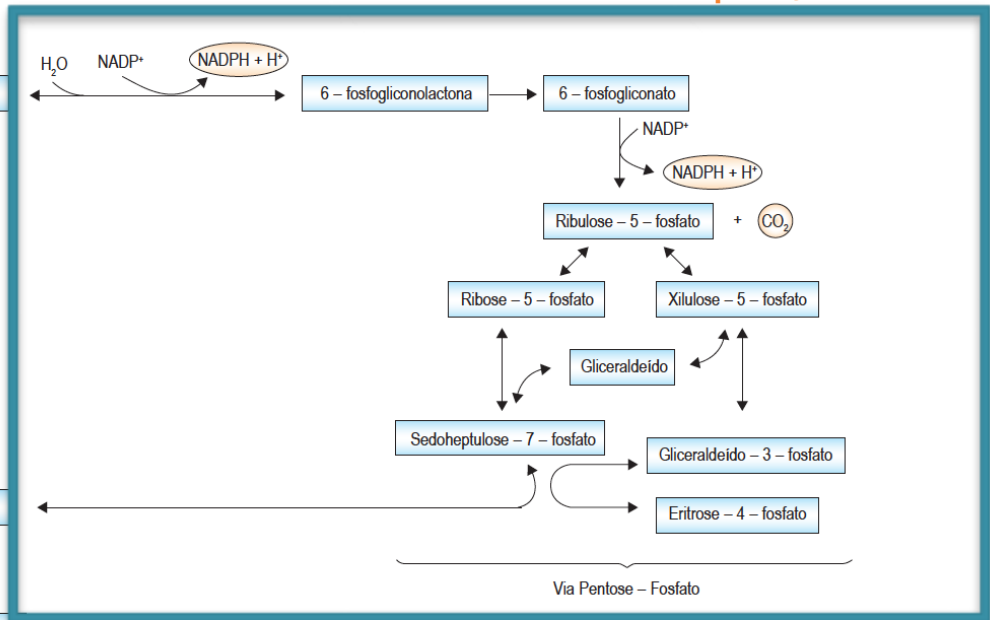
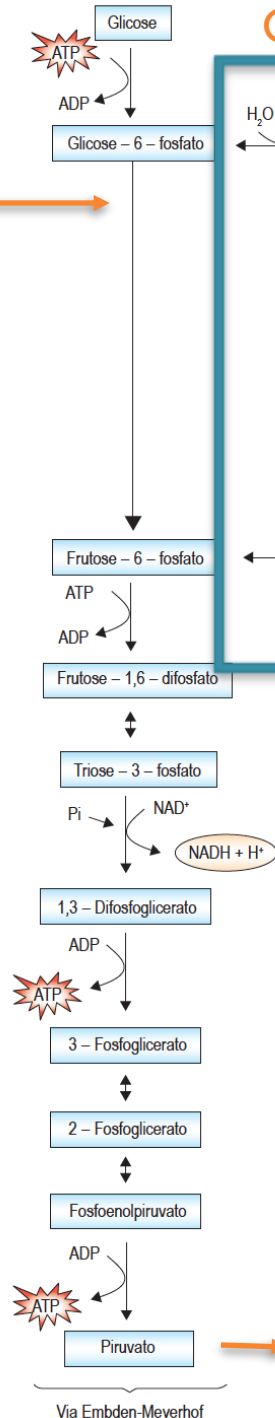


Figura 3.1 — Esquema geral do metabolismo bacteriano.

Catabolismo da Glicose – Via Glicolítica em Bactérias



CATABOLISMO da Glicose e Respiração



Produção de precursores e NADPH
Síntese de riboses – precursor de DNA

Redução de NAD^+ para NADH, ou seja NAD^+ ganha 2 elétrons e um H^+

Piruvato $\rightarrow$ Acetil CoA $\rightarrow$ Ciclo de Krebs $\rightarrow$ Respiração $\uparrow$ ATP

Via Embden-Meyerhof

Glicólise: Entner-Doudoroff [ED] Ocorre apenas em Microorganismos

Entner-Doudoroff (ED)

Embden-Meyerhof-Parnas (EMP)

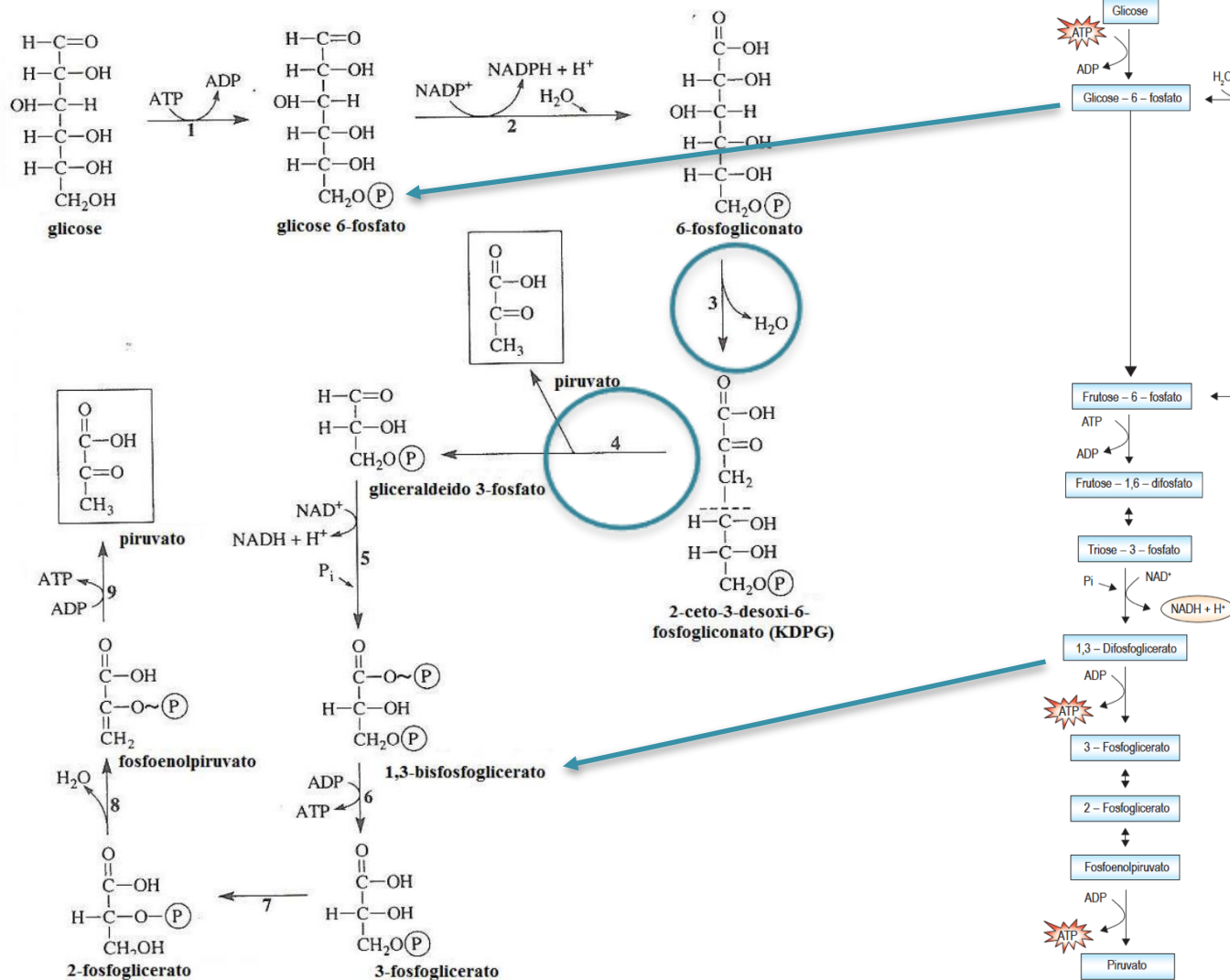
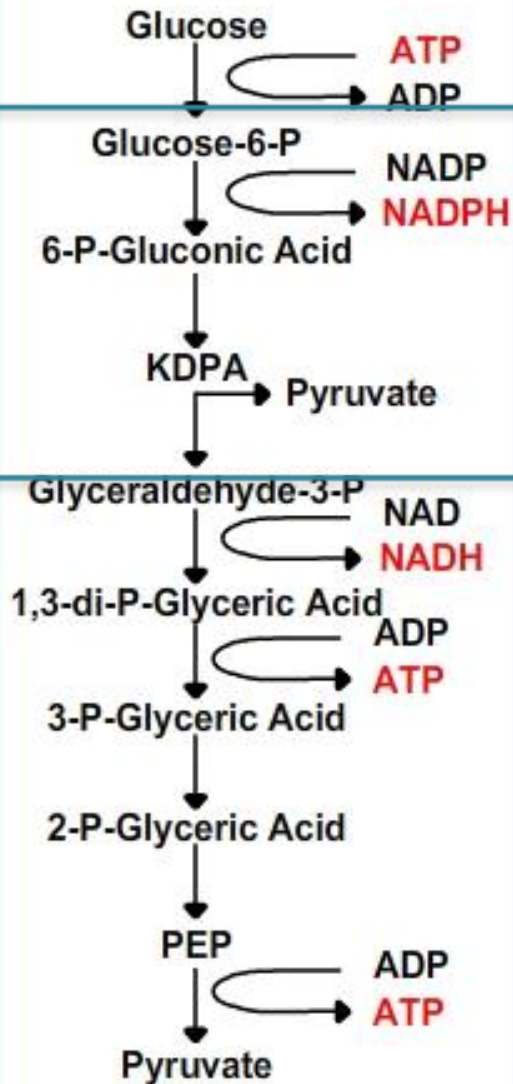
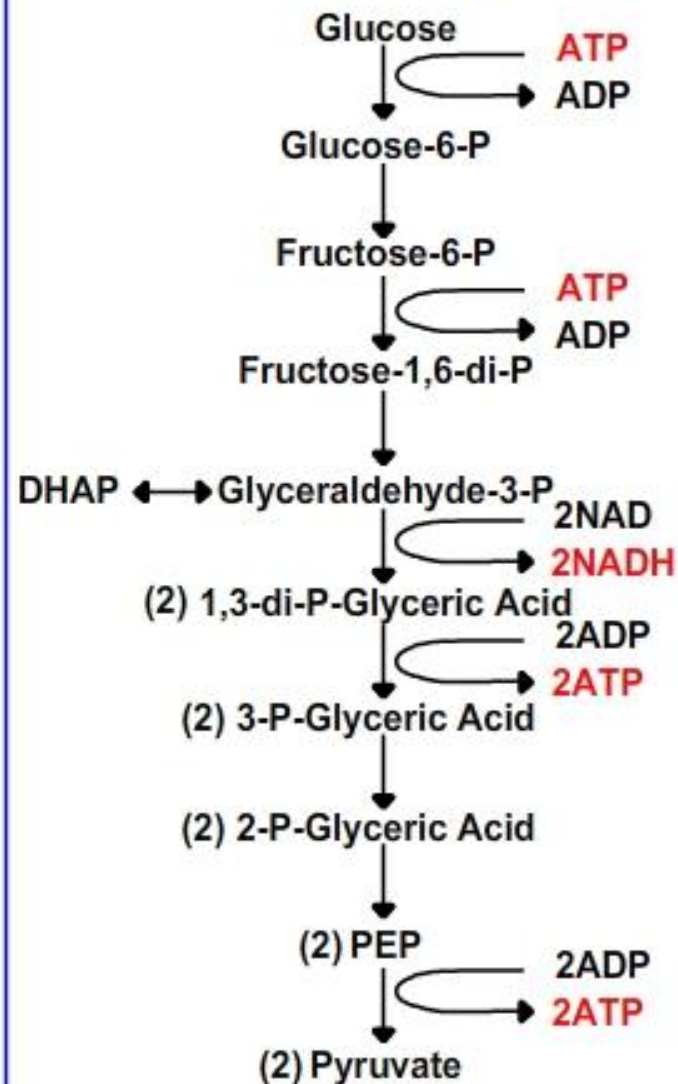


Figura 3.5. Via de Entner-Doudoroff.

Entner-Doudoroff



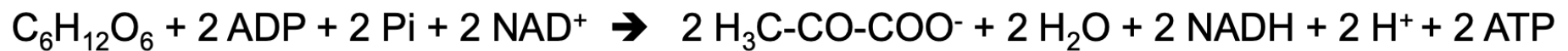
Embden-Meyerhof (Glycolysis)



Organismo	EMP	ED
<i>Ralstonia eutropha</i>	-	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	+
<i>Pseudomonas saccharophila</i>	-	+
<i>Escherichia coli</i>	+	-/+*
<i>Xanthomonas phaseoli</i>	-	+
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	-	+
<i>Azotobacter choococcum</i>	+	-
<i>Bacillus subtilis</i>	+	-
<i>Arthrobacter</i> sp	+	-

**E. coli* somente expressa as enzimas de Entner-Doudoroff quando cresce em gliconato

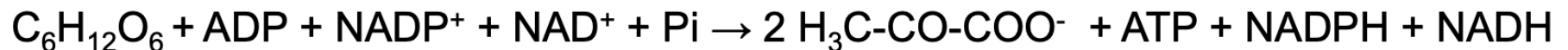
EMP - Glicolise



Glicose

Piruvato

ED



Glicose

Piruvato

Catabolismo da Glicose – Utilização do Piruvato para Respiração

CATABOLISMO da Glicose e Respiração Ciclo de Krebs e Fosforilação Oxidativa

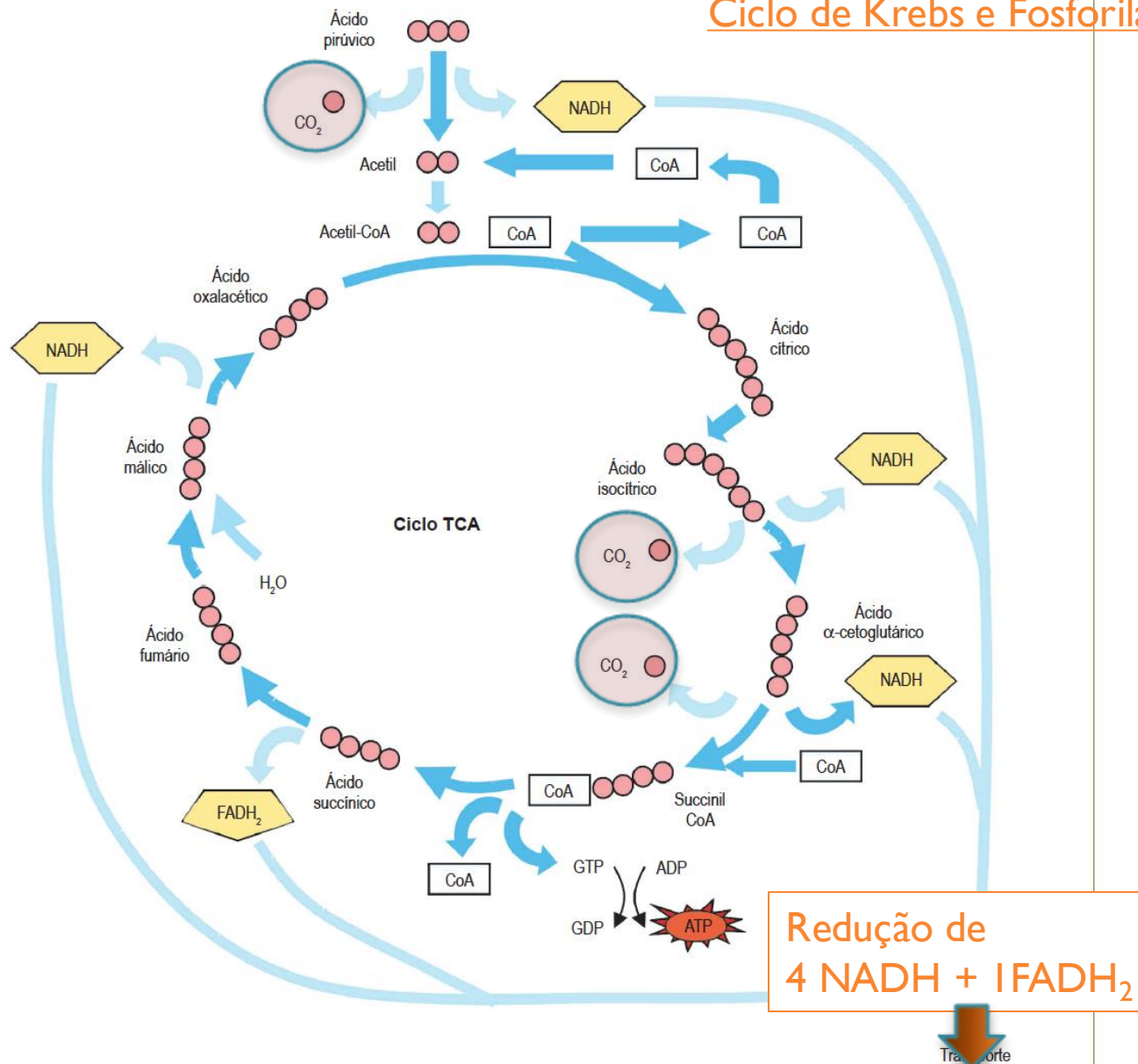
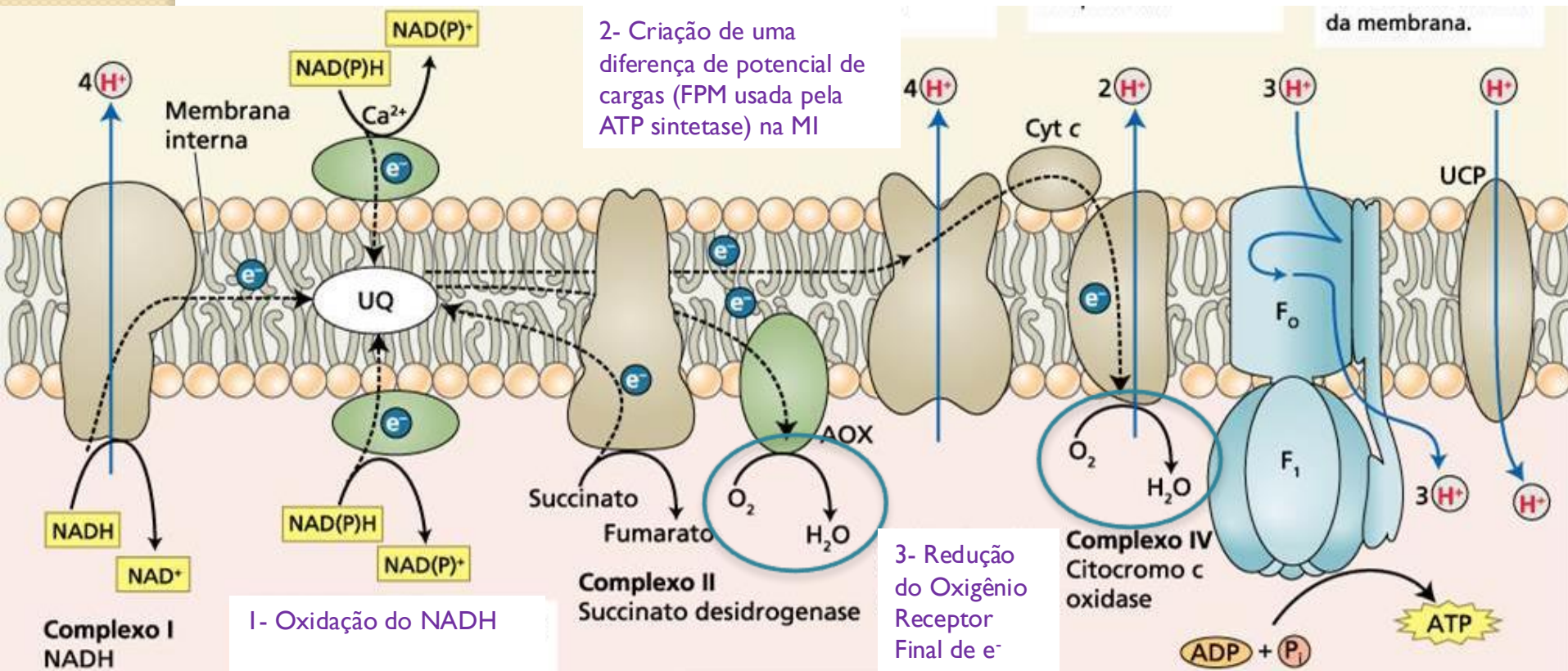


Figura 3.4 — Ciclo de Krebs.

Cadeia de Transporte de elétrons na membrana citoplasmática para doar os elétrons para o Oxigênio

Respiração – Cadeia de transporte de elétrons (Fosforilação Oxidativa) e translocação de H^+

Oxidação dos 10 NADH e 2 $FADH_2$ e transferência de e^- para o Oxigênio que é reduzido à H_2O



4- Reestabelece o equilíbrio de Cargas pela ATP sintetase e síntese de ATP
“ Reestabelece o par redox de $NADH/NAD^+$ e $FADH_2$ pela redução do Oxigênio “

Respiração Anaeróbica

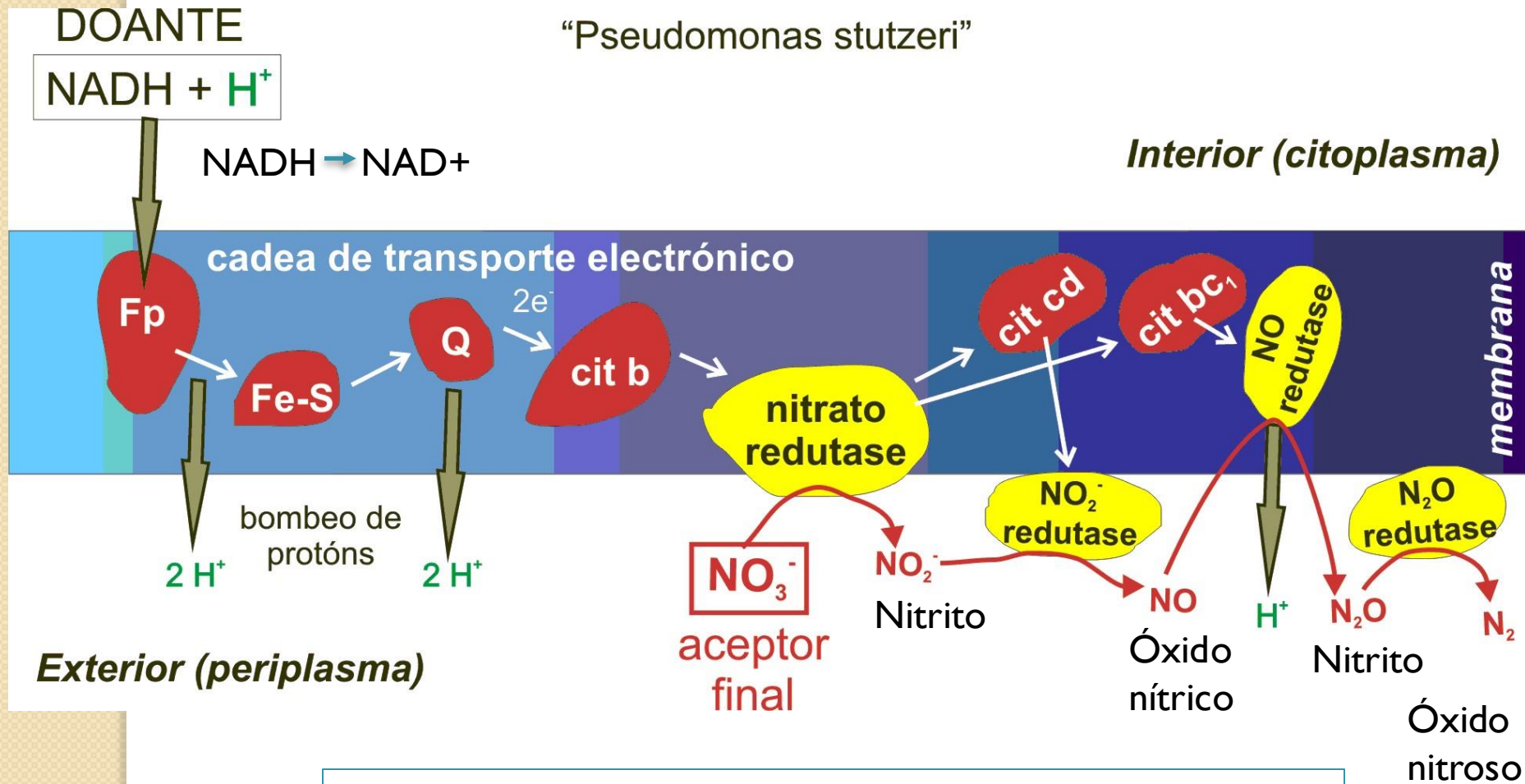
O aceptor final de elétrons é uma substância inorgânica diferente de oxigênio (O_2)

Pode ser:

- *Pseudomonas* e *Bacillus*: íon nitrato (NO_3^-) reduzido à Íon nitrito (NO_2^-), N_2O ou N_2
- *Desulfovibrio* : íon sulfato (SO_4^{2-}) reduzido à sulfeto de hidrogênio (H_2S)
- Outras bactérias: CO_3^{2-} reduzido à metano (CH_4)

Respiração anaeróbica: redução de nitrato para N_2

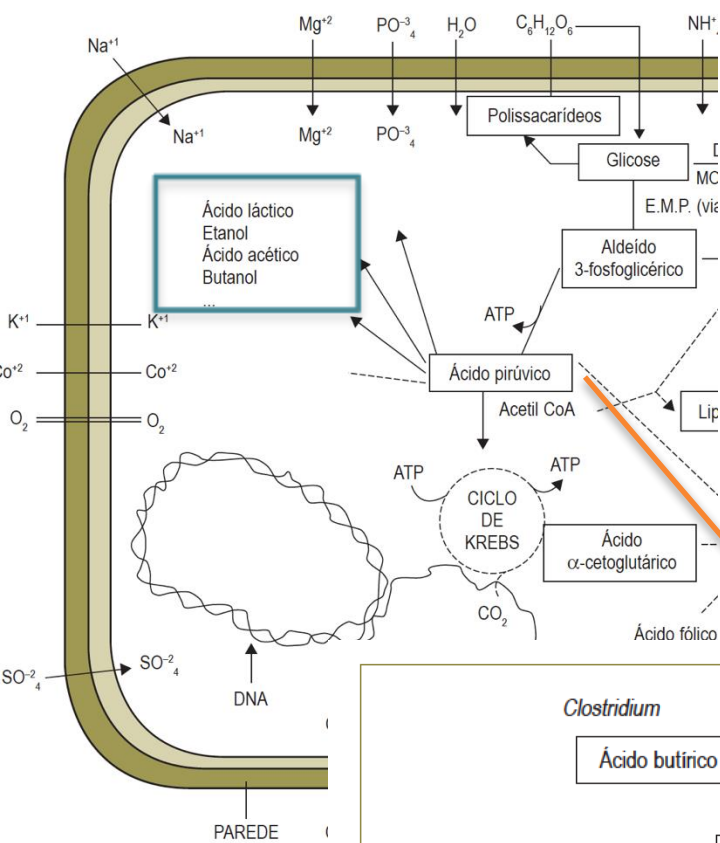
"Pseudomonas stutzeri"



Isso é uma respiração ou fermentação, como vc sabe?

O que Acontece na Fermentação?

Destino do Piruvato: Respiração ou Fermentação?



Glicose



NAD^+
 NADH

Redução do NAD^+

piruvato

RESPIRAÇÃO
Fosforilação
oxidativa

FERMENTAÇÃO
Homoláctica ou alcoólica

Oxidação do NADH

NADH
 NAD^+

NADH
 NAD^+

NADH
 NAD^+

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

Lactato

$\text{CO}_2 + \text{Etanol}$

Fermentação
Reestabele o par redox

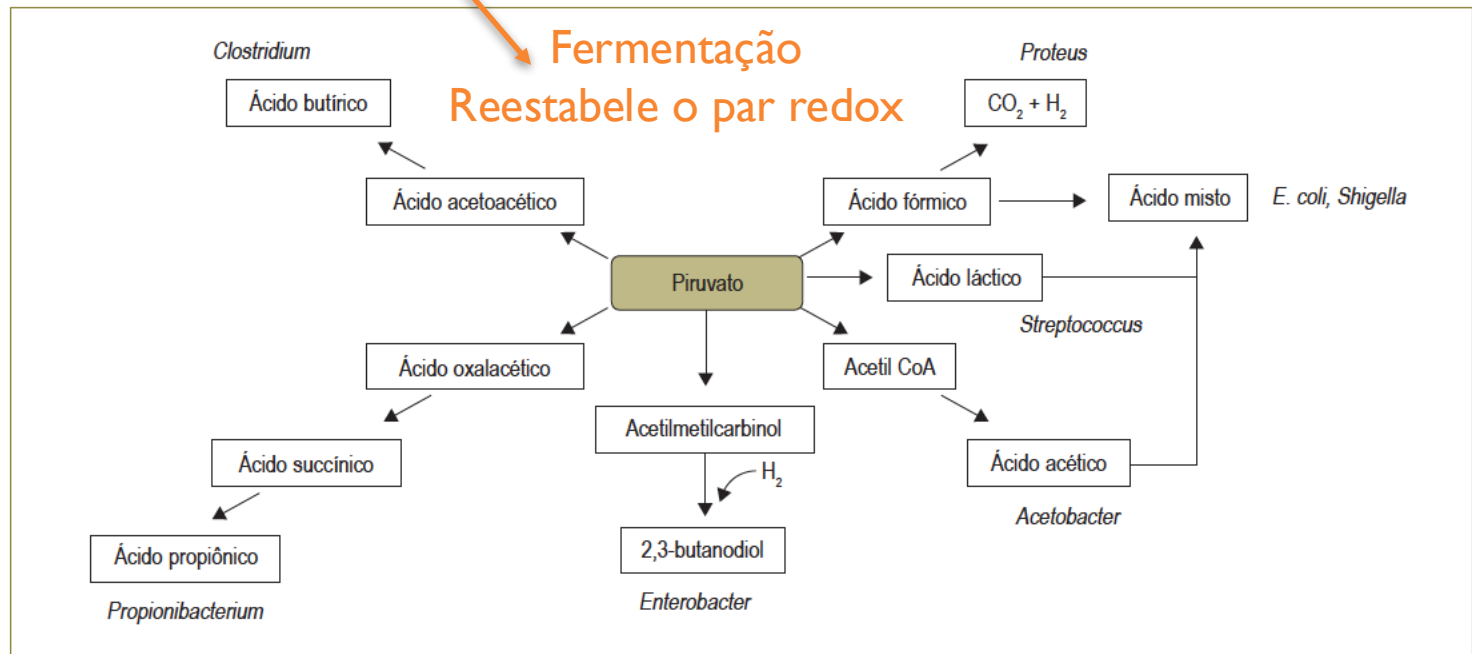
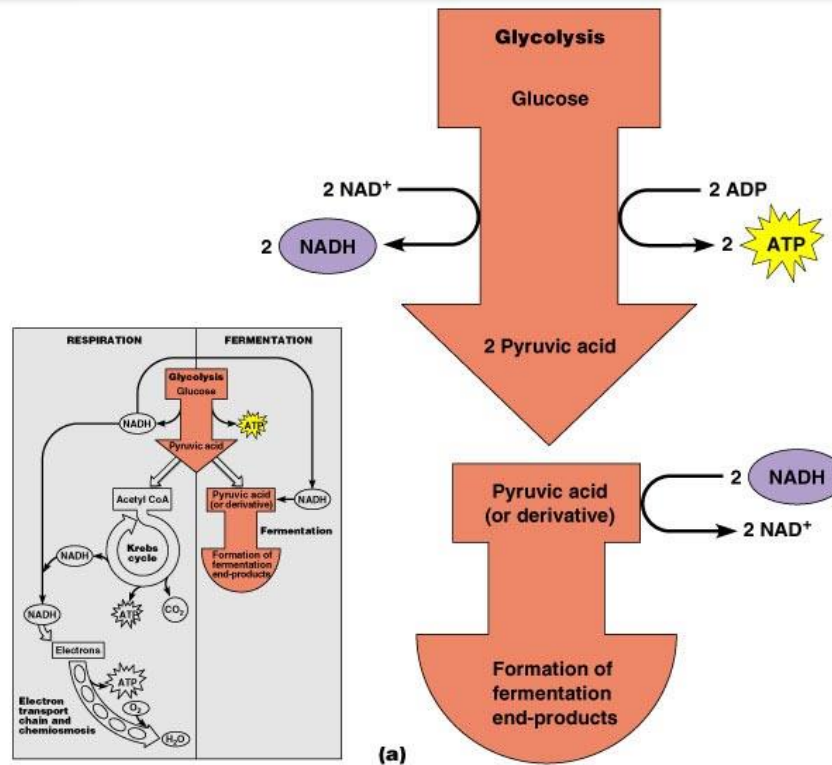


Figura 3.3 — Alguns exemplos de fermentação com diferentes produtos finais e respectivos micro-organismos produtores.

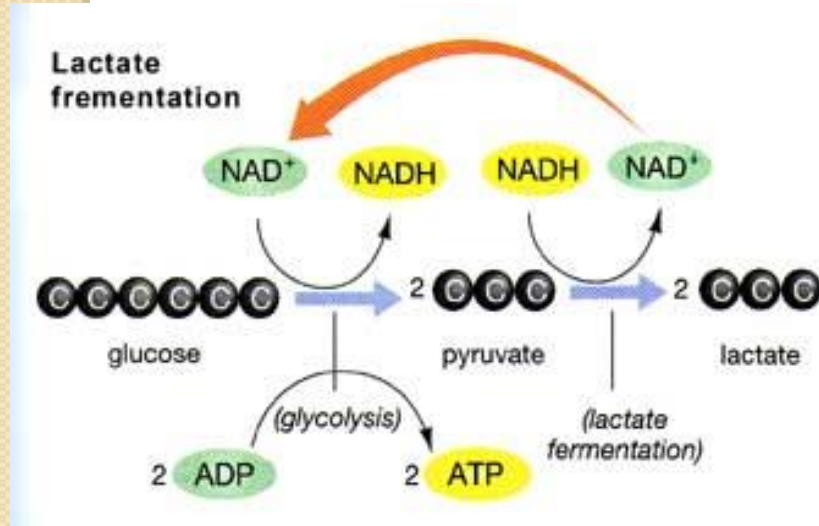
Diferentes Produtos provindos da Fermentação



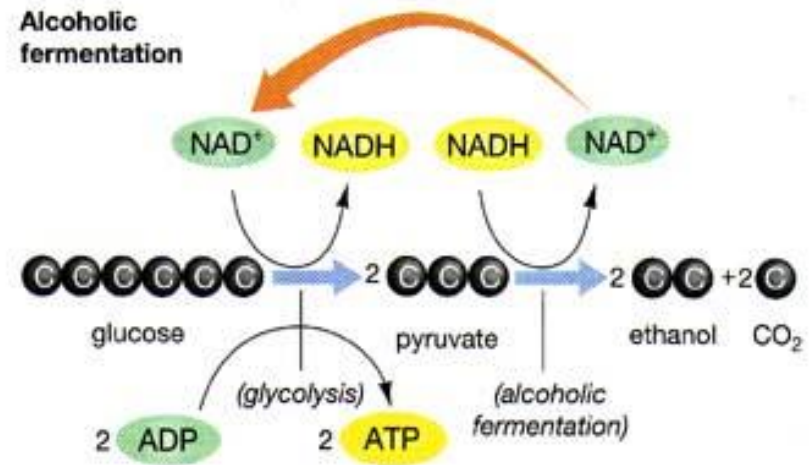
A glicose não é completamente oxidada CO₂

Pyruvic Acid	
Organism	<i>Streptococcus, Lactobacillus, Bacillus</i> <i>Saccharomyces</i> (yeast) <i>Propionibacterium</i> <i>Clostridium</i> <i>Escherichia, Salmonella</i> <i>Enterobacter</i>
Fermentation end-product(s)	Lactic acid Ethanol and CO ₂ Propionic acid, acetic acid, CO ₂ , and H ₂ Butyric acid, butanol, acetone, isopropyl alcohol, and CO ₂ Ethanol, lactic acid, succinic acid, acetic acid, CO ₂ , and H ₂ Ethanol, lactic acid, formic acid, butanediol, acetoin, CO ₂ , and H ₂

Diferença entre a fermentação láctica e alcoólica

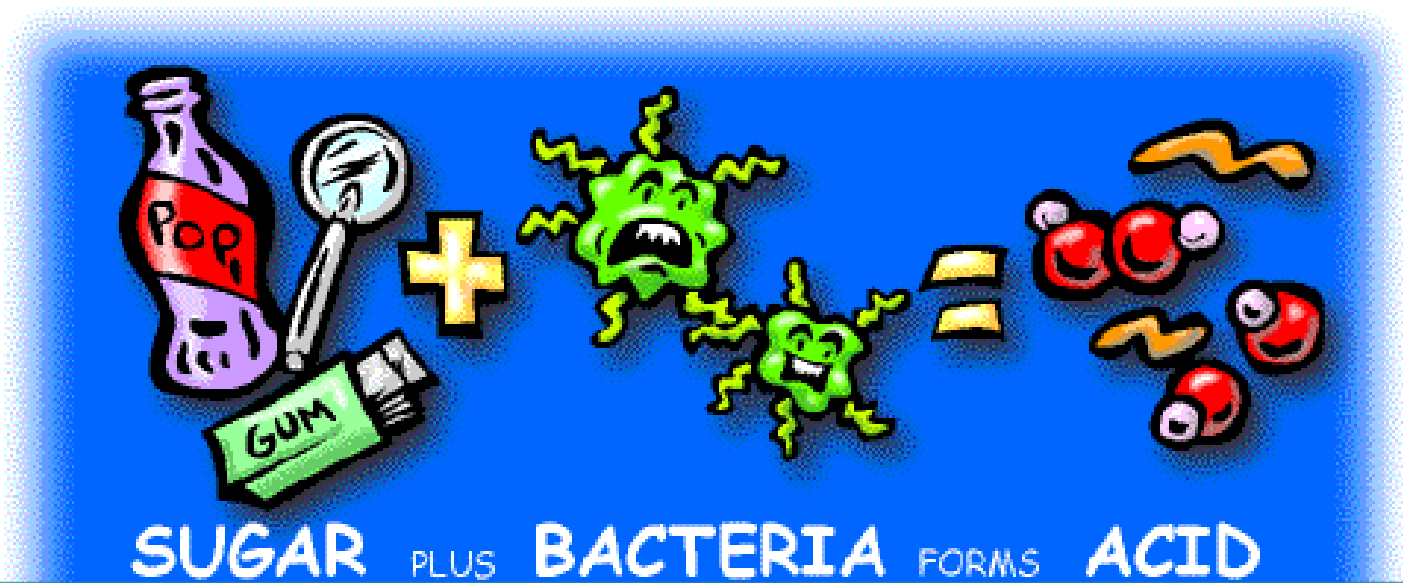


Yogurt



Cerveja!!!!

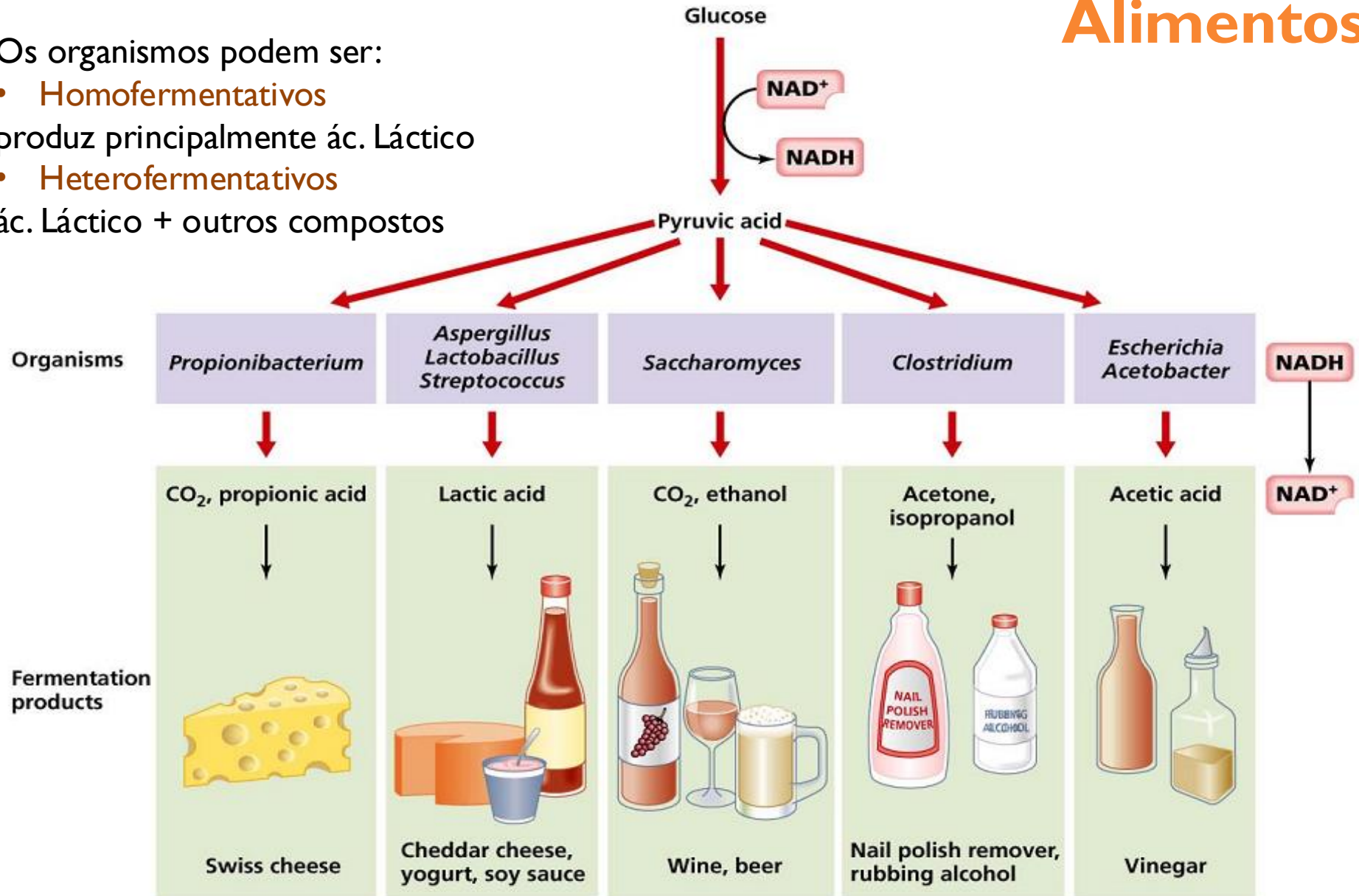
Importância da fermentação na saúde bucal



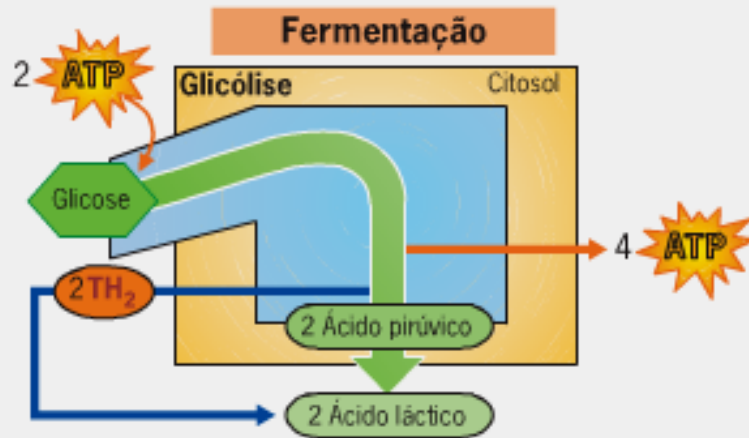
Importância da fermentação na Indústria de Alimentos

Os organismos podem ser:

- **Homofermentativos**
produz principalmente ác. Láctico
- **Heterofermentativos**
ác. Láctico + outros compostos

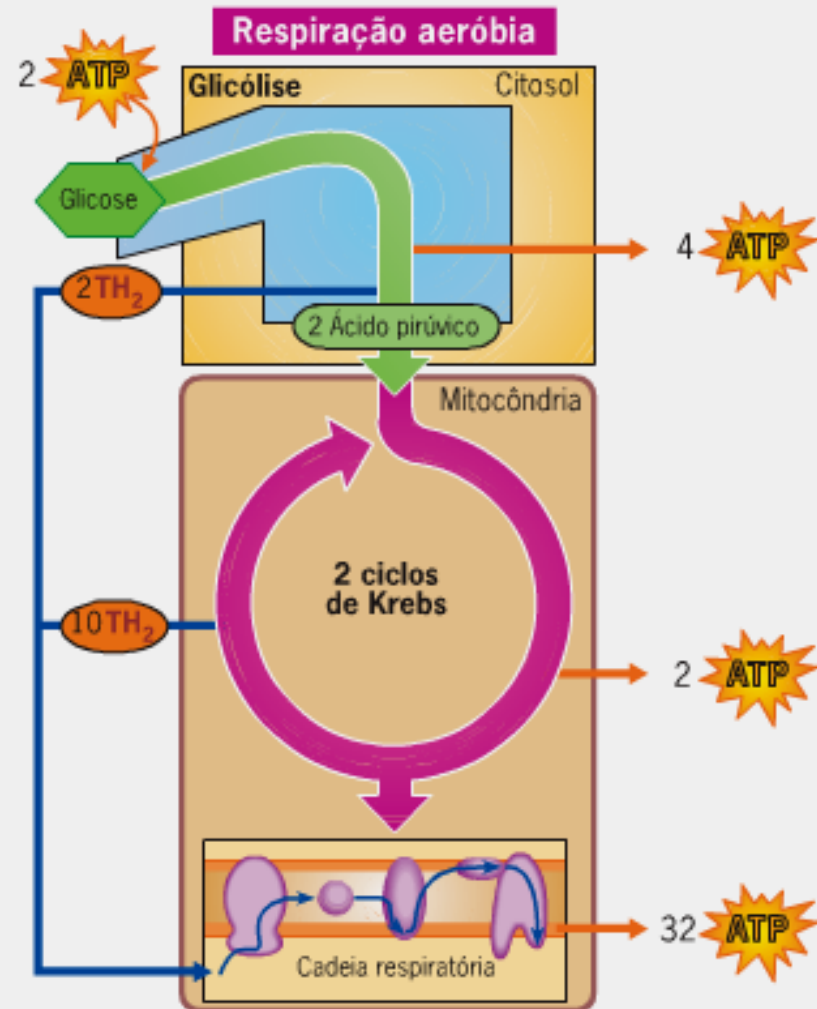


Respiração ou a Fermentação é mais energética?



Rendimento energético em termos de moléculas de ATP

Fermentação			Respiração aeróbia		
Estrutura	ATP		Estrutura	ATP	
	Formado	Mobilizado		Formado	Mobilizado
Citosol	4	2	Citosol	4	2
Saldo	2 ATP		Mitocôndria		
			Matriz	2	—
			Membrana interna	32	—
			Saldo	36 ATP (2 + 2 + 32)	



Diversidade no metabolismo bacteriano

Tabela 3.4. Bactérias quimiolitotróficas, respectivos substratos e valor do ΔG° da reação de oxidação

Bactéria	Reação	ΔG° (mV/mol)
<i>Nitrosomonas europaea</i>	$2 \text{ NH}_4^+ + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_2^- + 2 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ H}^+$	-551,2
<i>Nitrobacter winogradskyi</i>	$2 \text{ NO}_2^- + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_3^-$	-74,3
<i>Cupriavidus necator</i>	$2 \text{ H}_2 + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$	-472,5
<i>Pseudomonas carboxydovorans</i>	$2 \text{ CO} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2$	-504,9
<i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>	$2 \text{ S}^0 + 3 \text{ O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ SO}_4^{2-} + 4 \text{ H}^+$	-588,2
<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>	$4 \text{ Fe}^{2+} + \text{ O}_2 + 4 \text{ H}^+ \rightarrow 4 \text{ Fe}^{3+} + 2 \text{ H}_2\text{O}$	-17,7
<i>Leptothrix</i> spp.	$2 \text{ Mn}^{2+} + \text{ O}_2 + \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ MnO}_2 + 4 \text{ H}^+$	-77,6
<i>Paracoccus denitrificans</i>	$5 \text{ H}_2 + 2 \text{ NO}_3^- + 2 \text{ H}^+ \rightarrow 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{ N}_2$	-958,8
<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>	$4 \text{ H}_2 + \text{ SO}_4^{2-} + 2 \text{ H}^+ \rightarrow \text{ H}_2\text{S} + 4 \text{ H}_2\text{O}$	-154,4
<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>	$4 \text{ H}_2 + \text{ HCO}_3^- + \text{ H}^+ \rightarrow \text{ CH}_4 + 3 \text{ H}_2\text{O}$	-138,6

Oxidação da NH_4^+ (doador de e^-) para NO_2^- (nitrito). Os eletrons são transferidos para o receptor final de elétrons, que neste caso é o O_2

Resumo da produção de energia

	Doadores de e-	Aceptores e-
Respiração aeróbica	• Glicose • Compostos de enxofre • Amônia • hidrogênio	Oxigênio
Respiração anaeróbica	• Glicose • Compostos de enxofre • Amônia • Hidrogênio • outros	Íons inorgânicos
Fermentação	Glicose	Compostos orgânicos

Anabolismo.

Uso de Energia para síntese de compostos essenciais para a célula crescer

Rota do Piruvato para Síntese

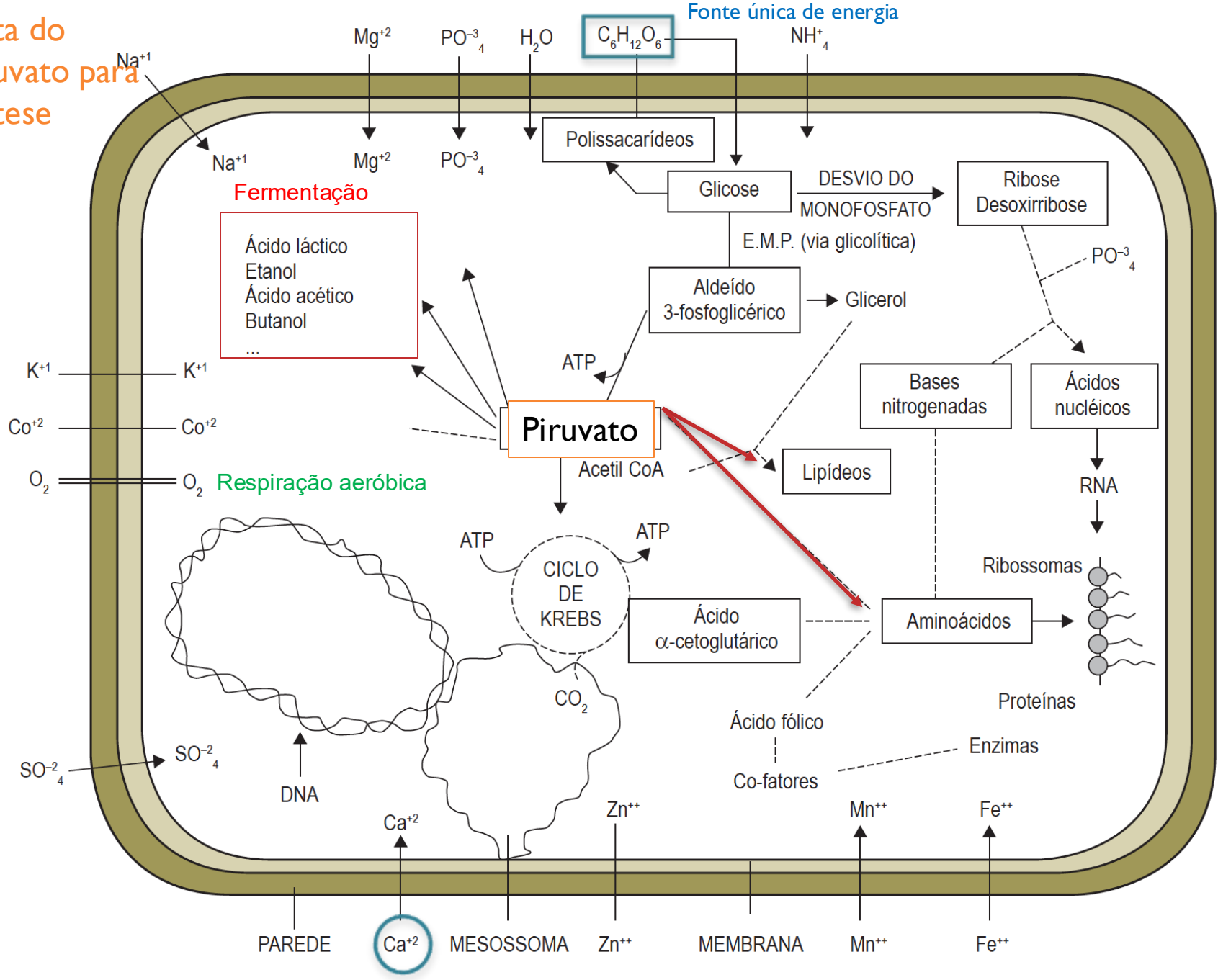


Figura 3.1 — Esquema geral do metabolismo bacteriano.

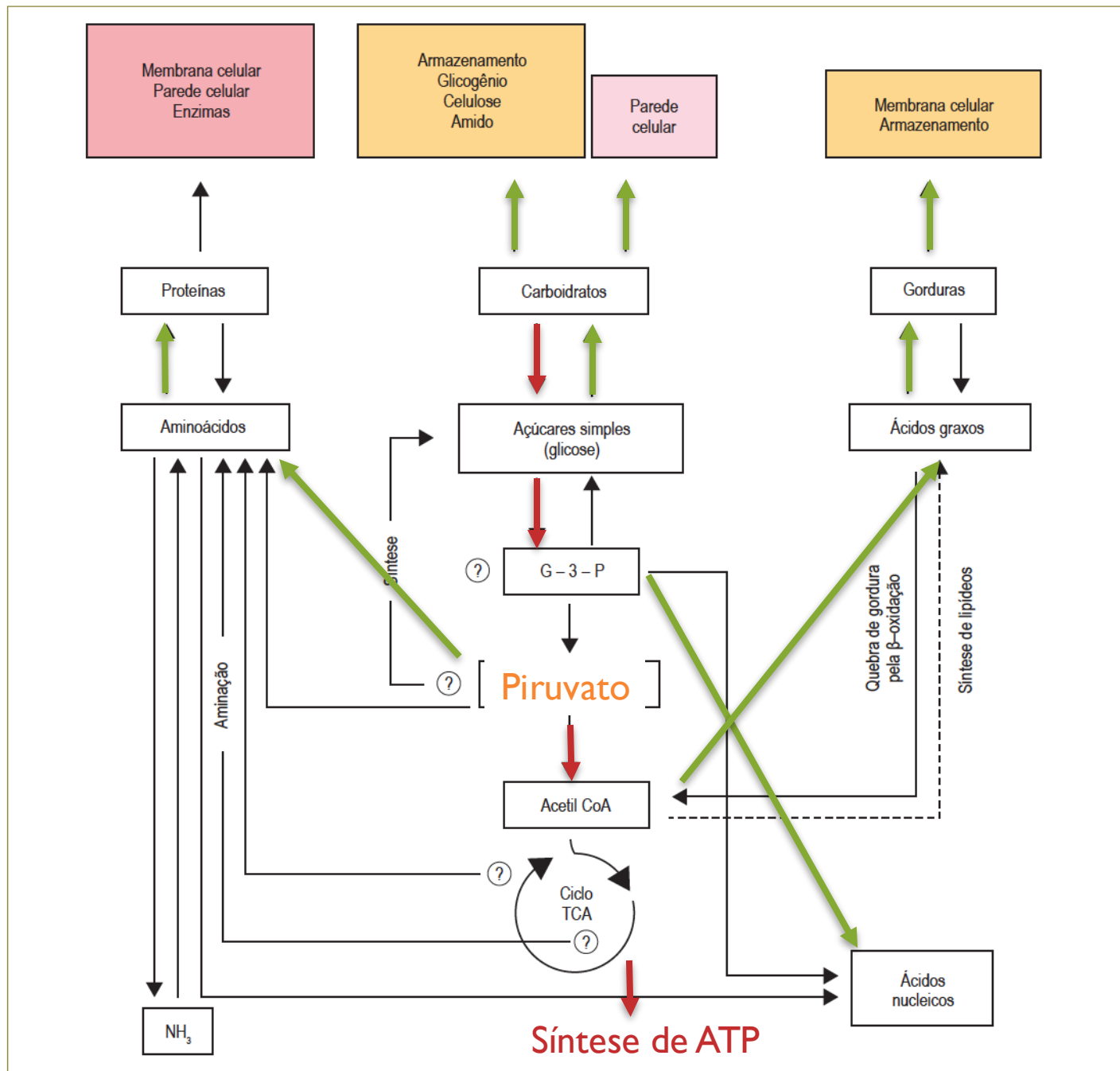


Figura 3.5 — Esquema genérico de integração do metabolismo.

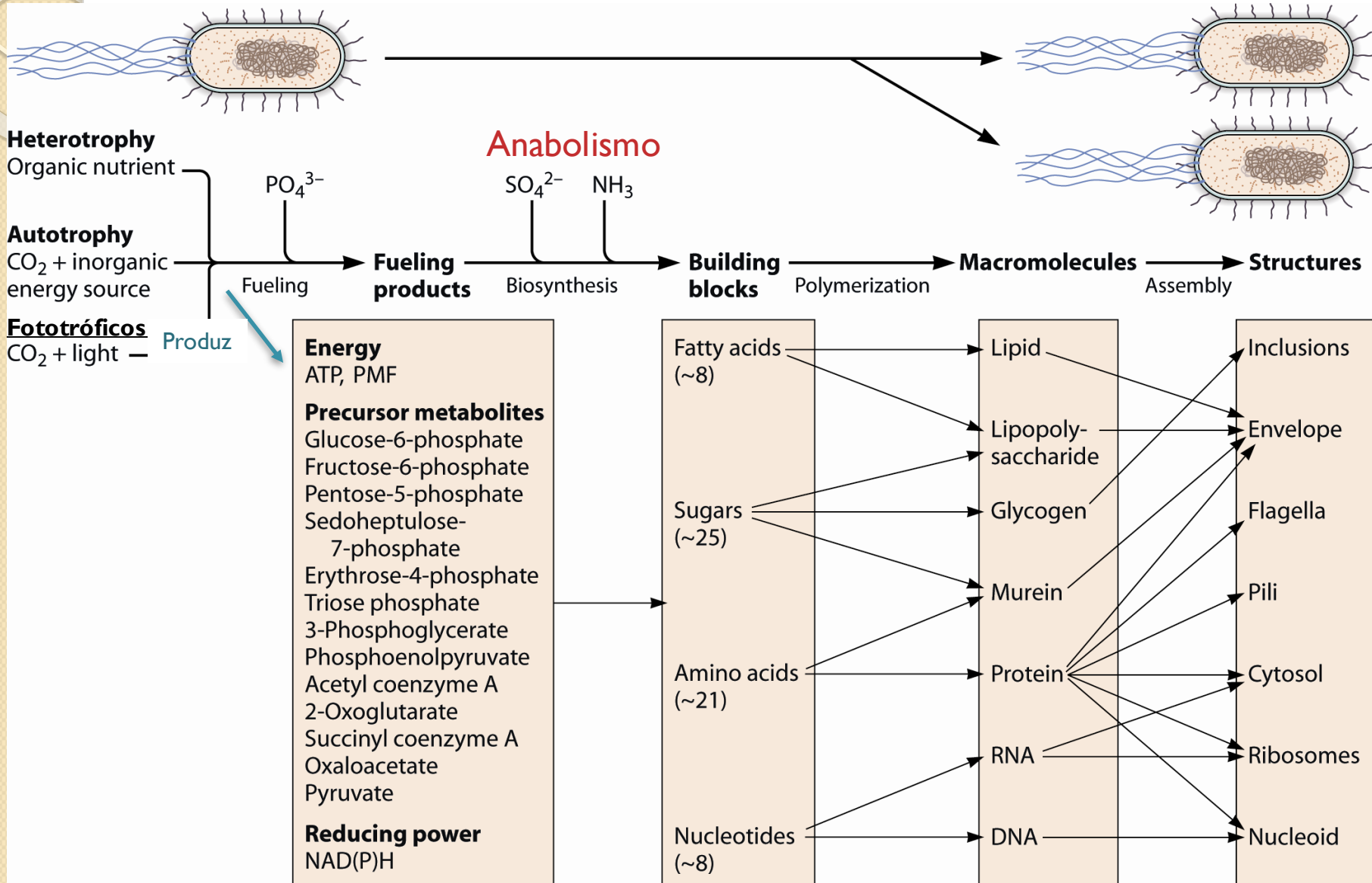
Table 5.2 Gene products of *Escherichia coli* associated with various metabolic processes

Functional category	No. of genes
Metabolism of small molecules	
Degradation and energy metabolism	316
Central intermediary metabolism	78
Broad regulatory function	51
Biosynthesis	
Amino acids and polyamines	60
Purines, pyrimidines, nucleosides, and nucleotides	98
Fatty acids	26
Metabolism of macromolecules	
Synthesis and modification	406
Degradation	69
Cell envelopes	168
Cell processes	
Transport	253
Other, e.g., cell division, chemotaxis, mobility, osmotic adaptation, detoxification, and cell killing	118
Miscellaneous	107
Total	1,894

Em torno de 40 %
das proteínas
produzidas por um
microorganismo

Metabolismo & Anabolismo Microbiano

Fonte de Energia



Diversidade Catabólica em Microrganismos

