

GLICÓLISE

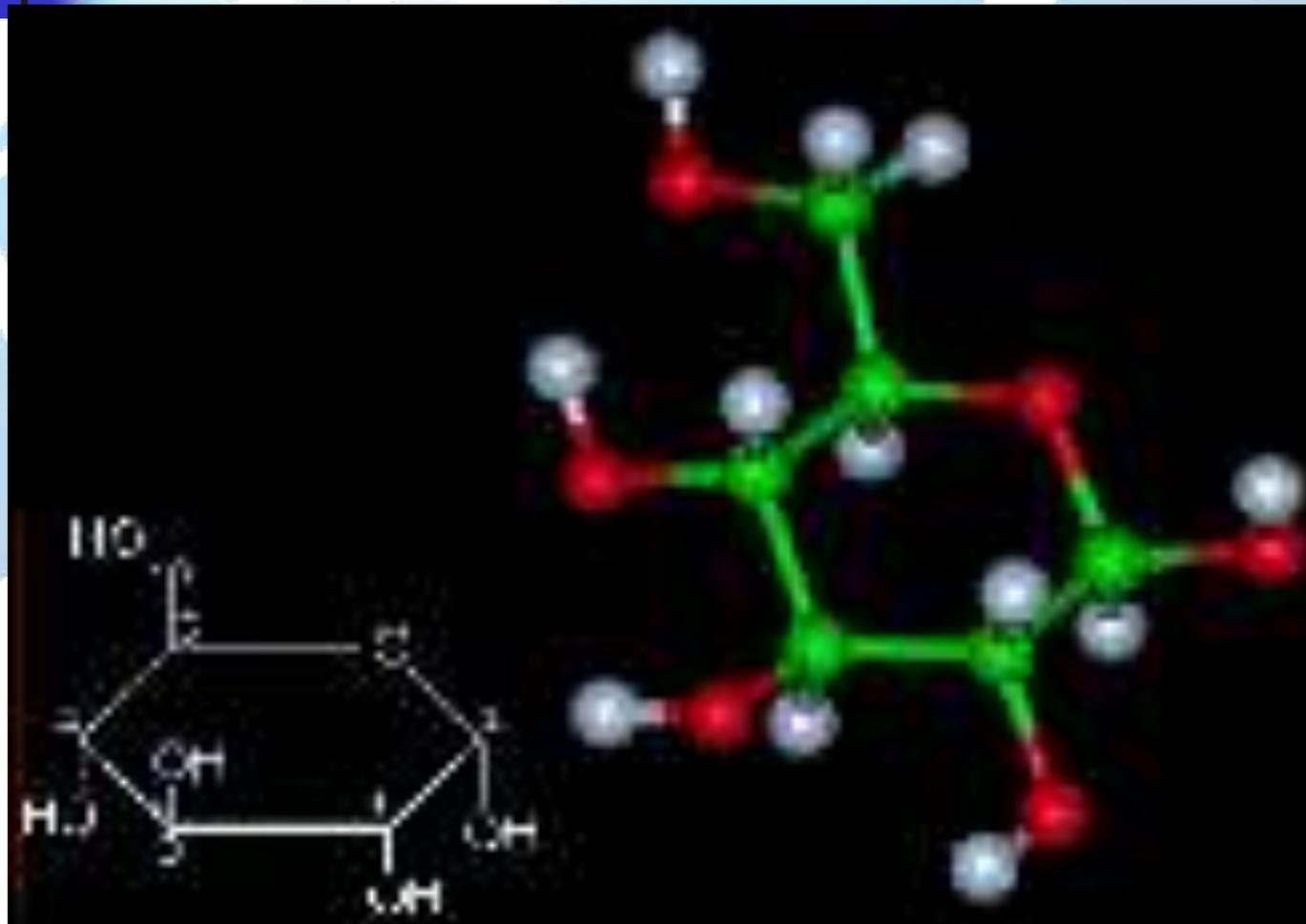
Dra. Flávia Cristina Goulart
CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Marília

flaviagoulart@marilia.unesp.br

Glicose e glicólise



Via Ebden-Meyerhof ou Glicólise

- A glicólise, também conhecida como via de Ebden-Meyerhof, é a primeira via metabólica da molécula de glicose e outras hexoses. Todos os seres vivos (a exceção dos vírus) realizam, invariavelmente, a glicólise seja em condições de aerobiose ou de anaerobiose, com as enzimas glicolíticas presentes no citoplasma.

Glicólise anaeróbica ou aeróbica?

- a glicólise é um processo anaeróbico onde se observa a formação de um produto final estável (lactato), no citoplasma celular. em condições de aerobiose, o metabolismo da glicose prossegue com as demais vias produtoras de energia (ciclo de Krebs e cadeia respiratória), mas somente se a célula possuir mitocôndrias funcionais, uma vez que esses processos são todos intramitocondriais

Glicólise Anaeróbica: rendimento energético

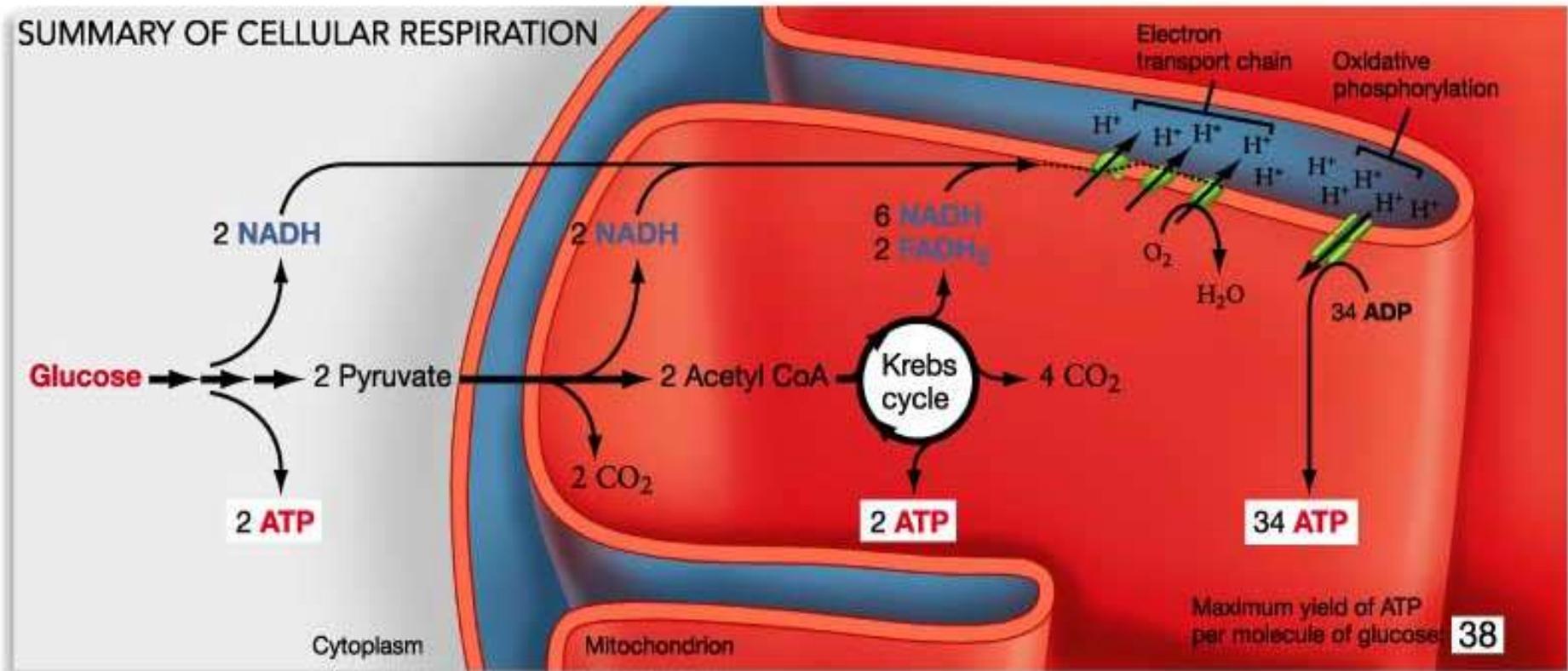
- A glicólise ocorre em uma seqüência enzimática de 11 reações, divididas **em duas fases**: a primeira fase vai até a formação de duas moléculas de gliceraldeído-3-fosfato caracteriza-se como uma fase de gasto energético de 2 ATPs nas duas fosforilações que ocorrem nesta fase; a segunda fase caracteriza-se pela produção energética de 4 ATPs em reações oxidativas enzimáticas independentes de oxigênio, utilizando o NADH como transportador de hidrogênios da reação de desidrogenação que ocorre. O rendimento energético líquido final do metabolismo anaeróbico da glicose, portanto é de somente 2ATPs livres.

Reação em condições aeróbicas

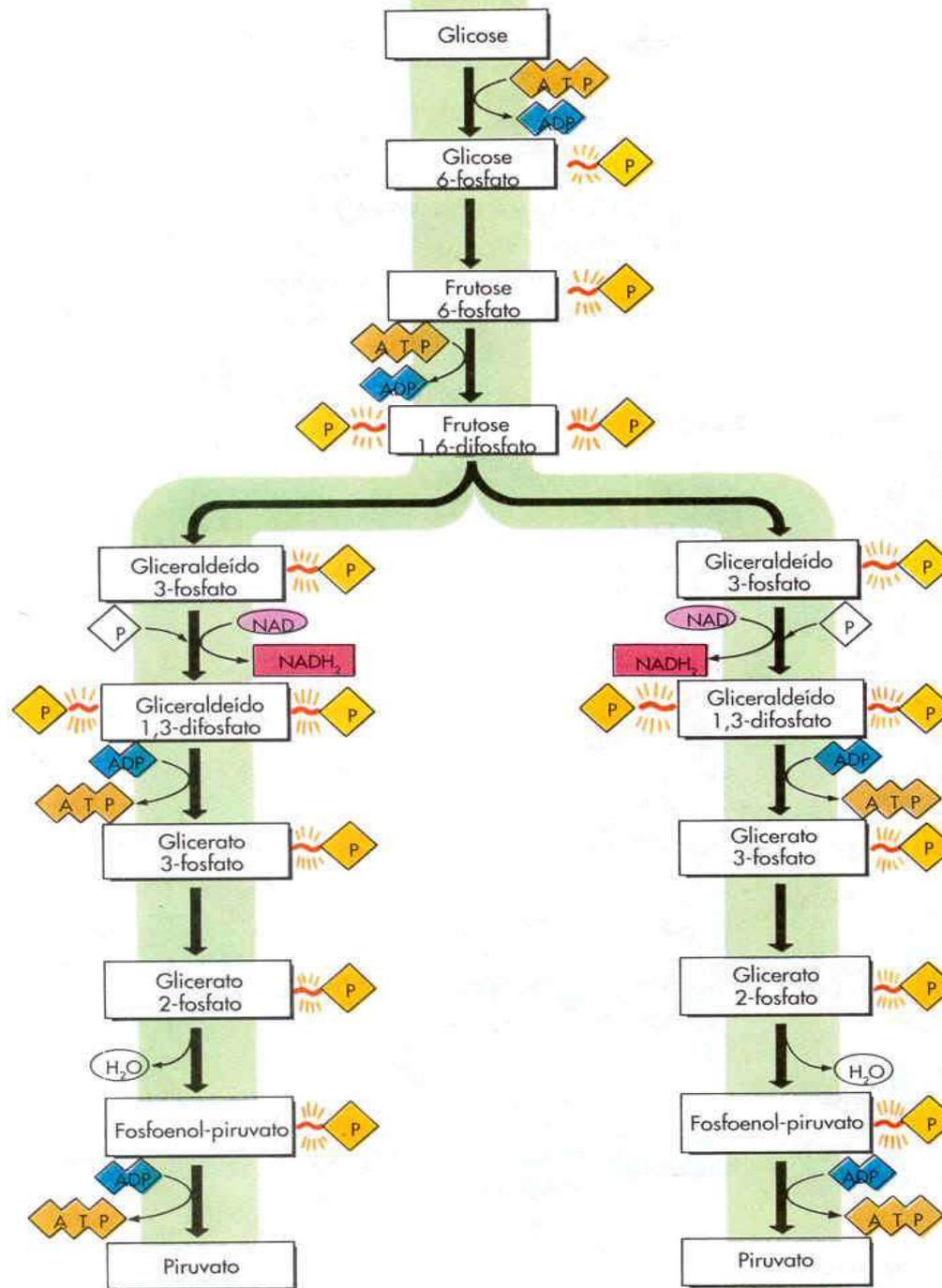
- Em condições aeróbicas, porém, o **piruvato não é reduzido e sim oxidado** nas mitocôndrias pelo complexo enzimático piruvato-desidrogenase (também chamado piruvato-descarboxilase) havendo a formação de acetil-CoA e a liberação de uma molécula de CO₂ por cada piruvato oxidado. É formado, também, um NADH+H⁺ na reação de desidrogenação, indo para a cadeia respiratória, uma vez que já está dentro das mitocôndrias.

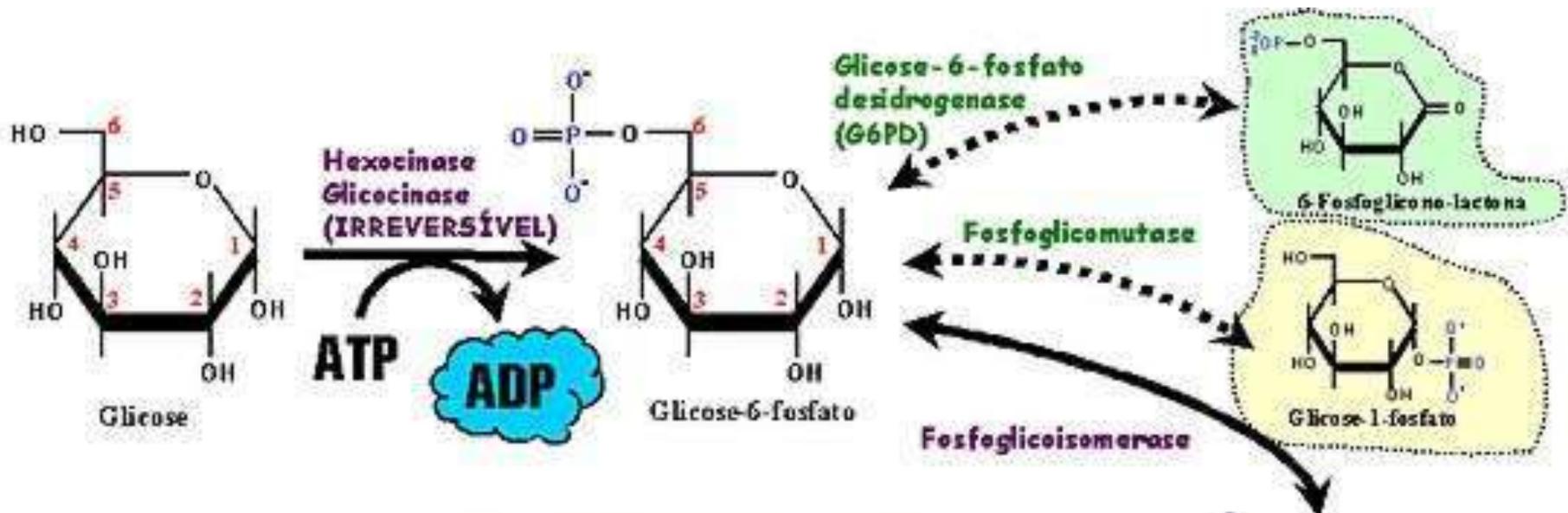
- É importante observar que, sendo oxidado o piruvato, o NADH (produzido na glicólise) que seria utilizado para sua redução, é poupado o que possibilita que os elétrons por ele transportado, possam penetrar na mitocôndrias e convertidos em ATP, em última análise, na cadeia respiratória.
- A primeira fase da glicólise é uma fase de gasto energético onde os produtos formados são mais energéticos que a glicose. A segunda fase, resgata a energia investida e libera parte da energia contida na molécula de glicose.

A glicólise aeróbica completa

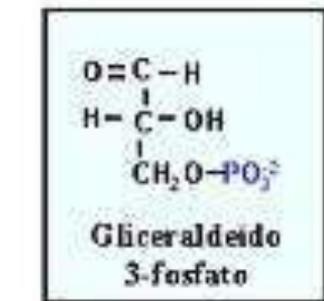


Glicólise :
Fase
anaeróbica
até formar o
Piruvato

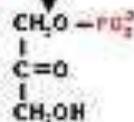




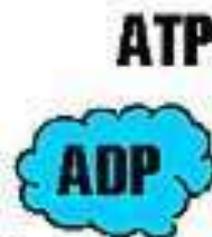
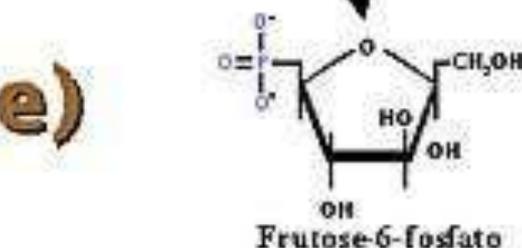
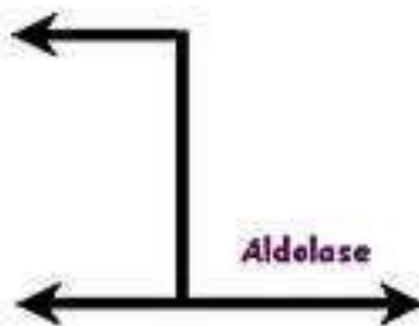
Glicólise (1ª fase)



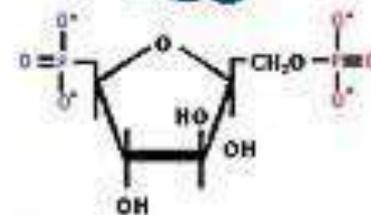
Triose-fosfato isomerase



Di-OH-fosfato

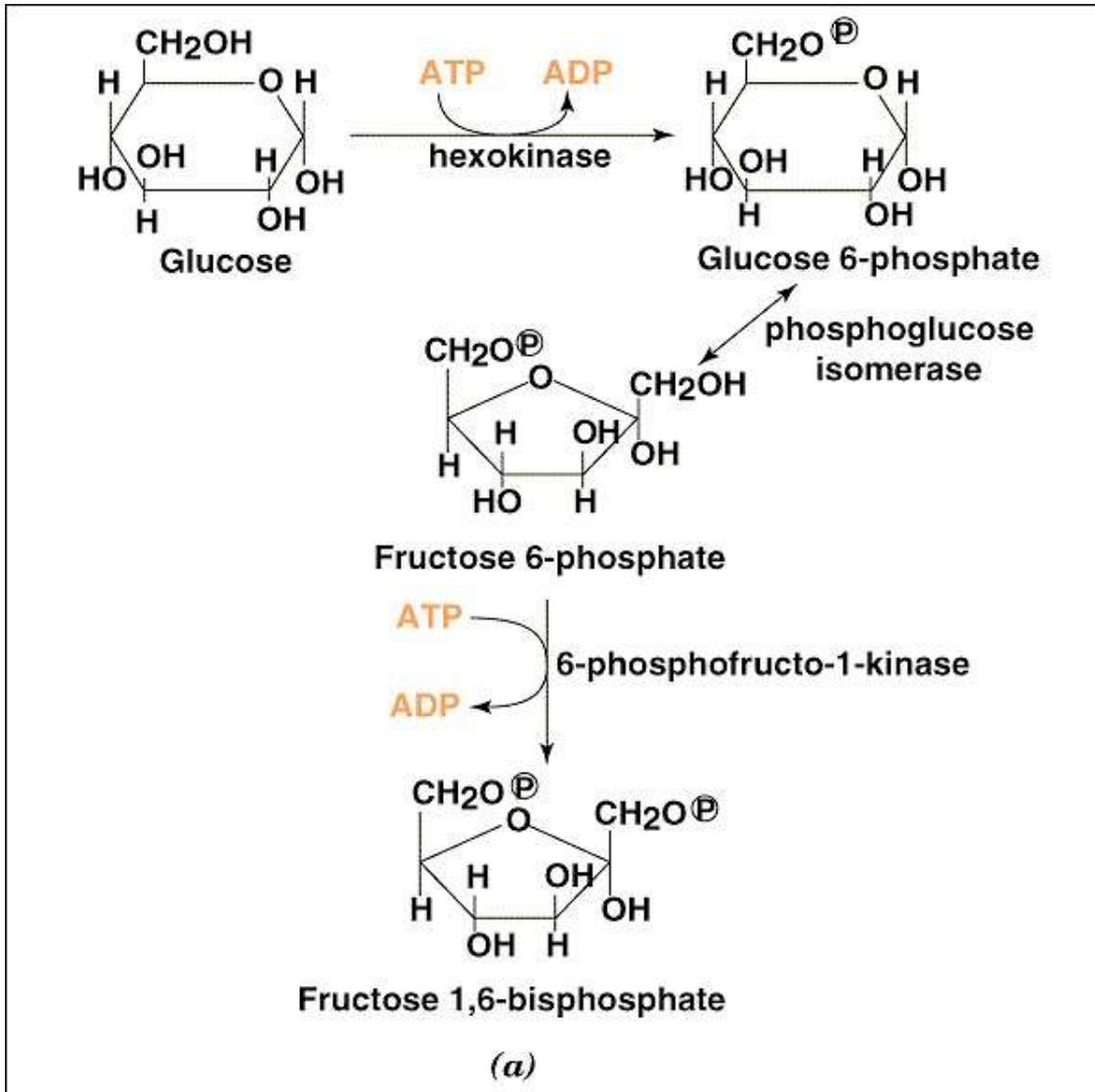


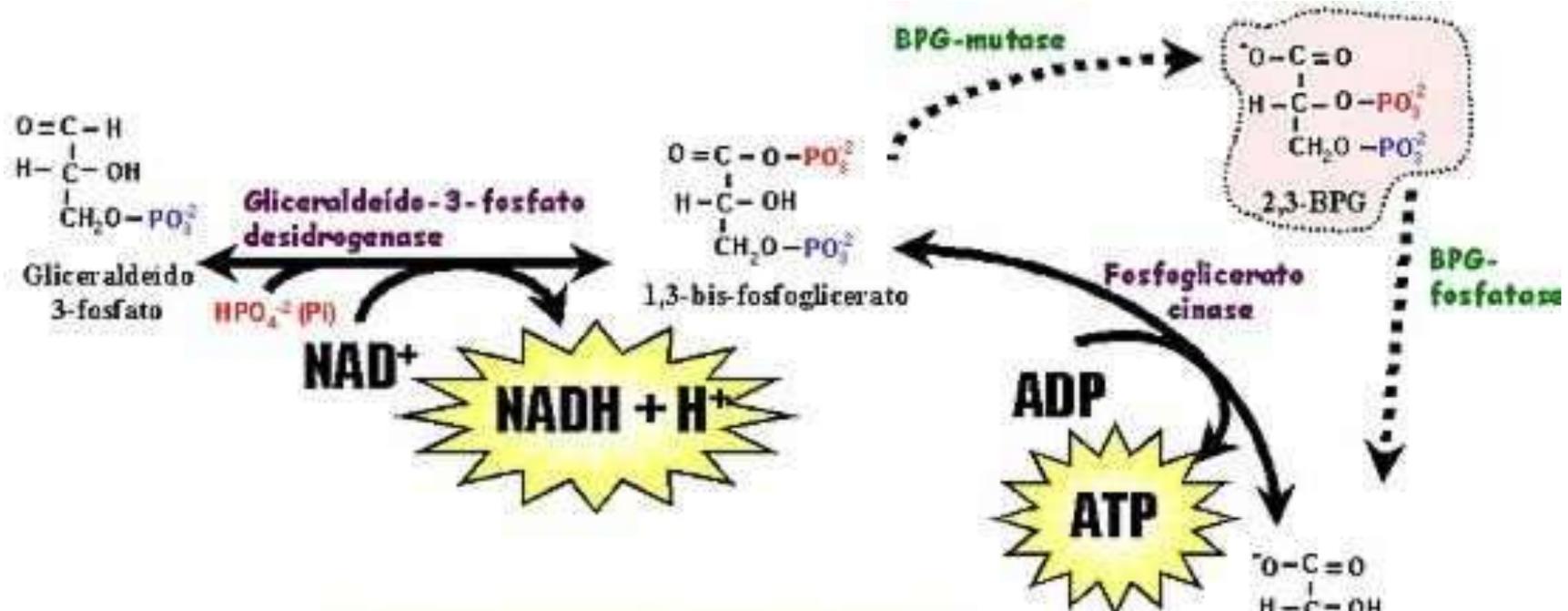
Fosfofrutocinase (IRREVERSÍVEL)



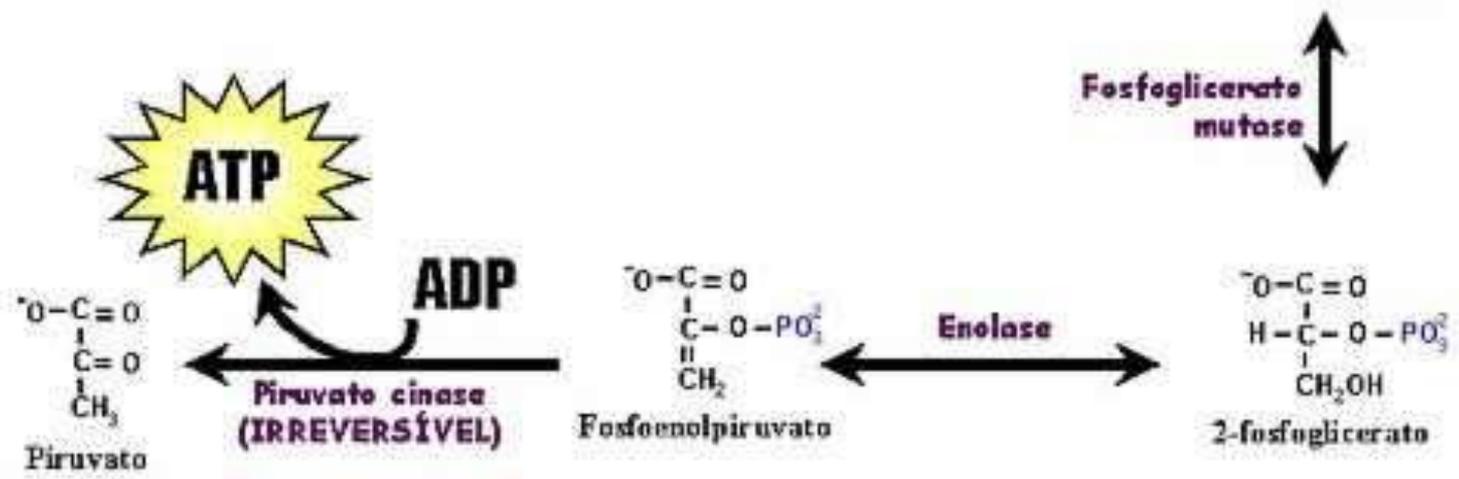
Frutose-1,6-bis-fosfato

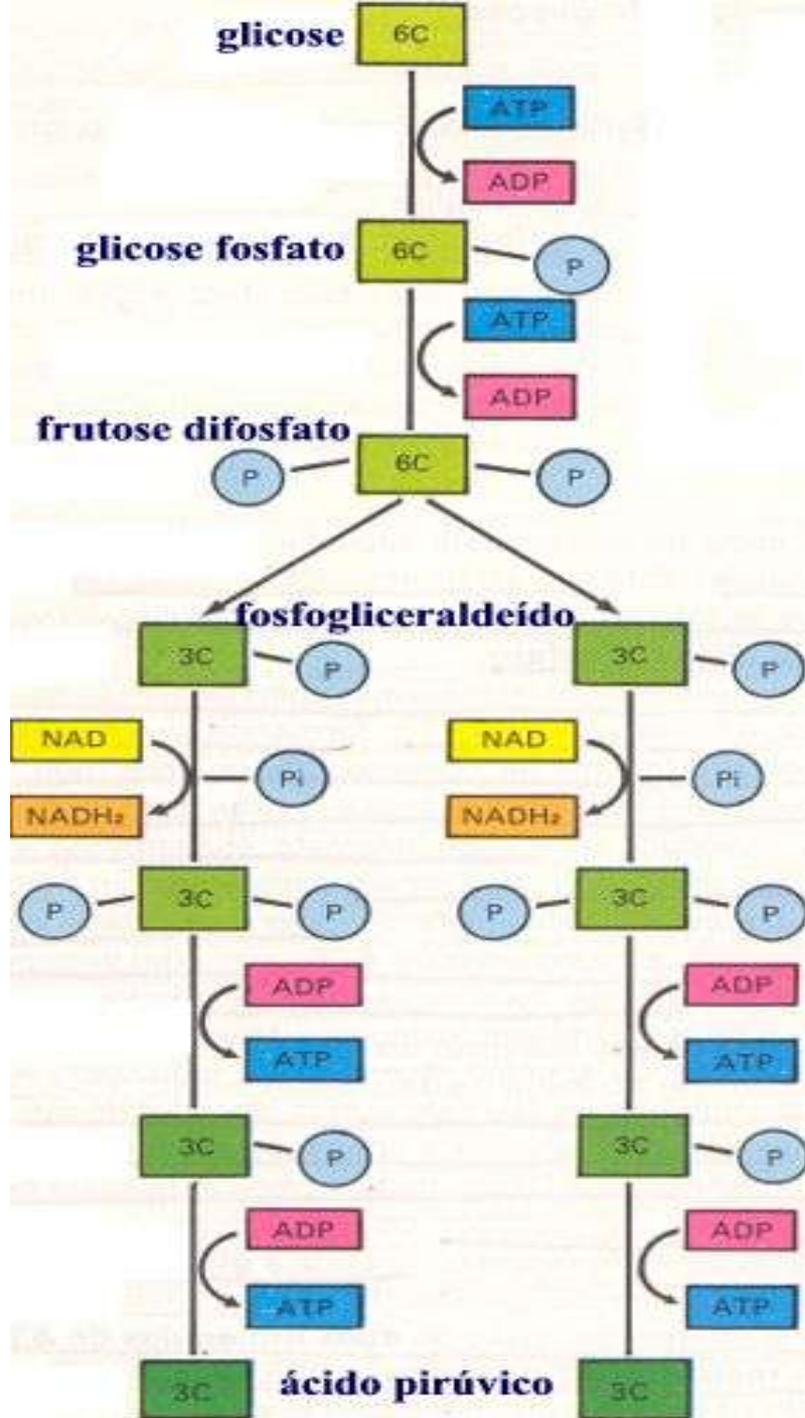
1ª etapa da reação





Glicólise (2ª fase)

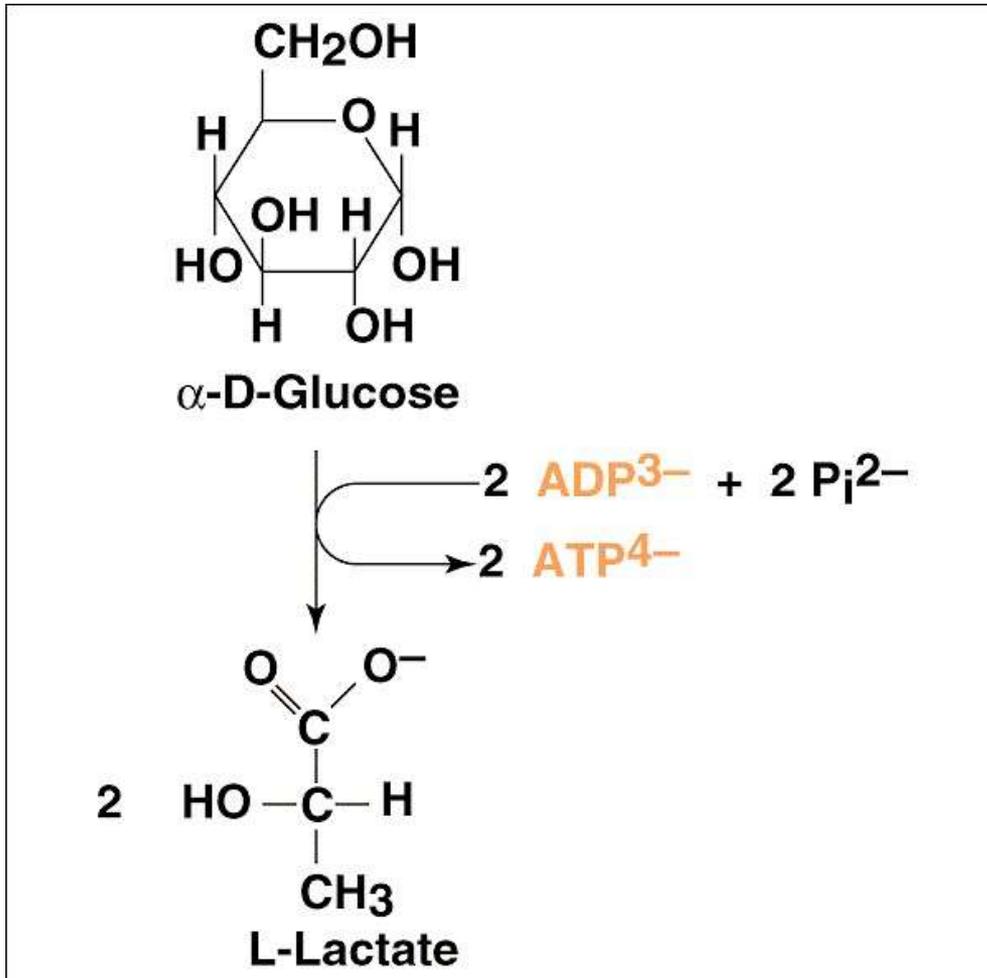


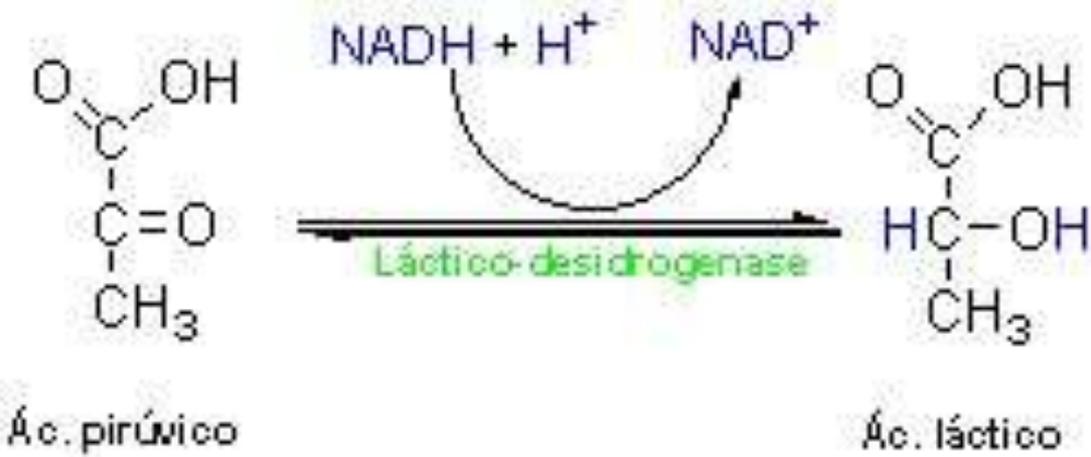


Glicólise anaeróbica

Efeito Algésico

A acidose estimula as fibras do tipo "C" (lentas) provocando dor do tipo "queimação".

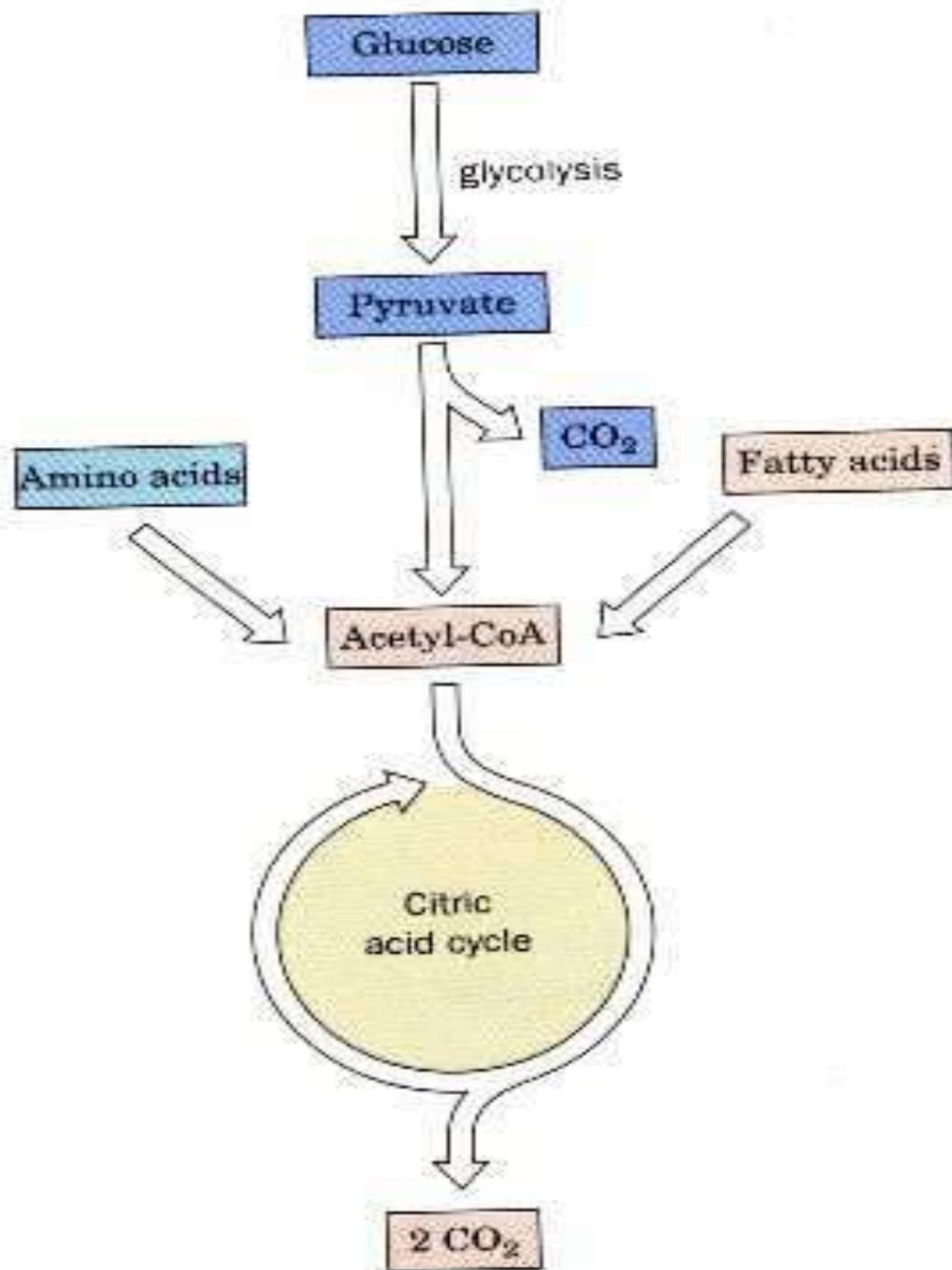




$\Delta G^{\circ} = -12,0 \text{ Kcal.mol}^{-1}$

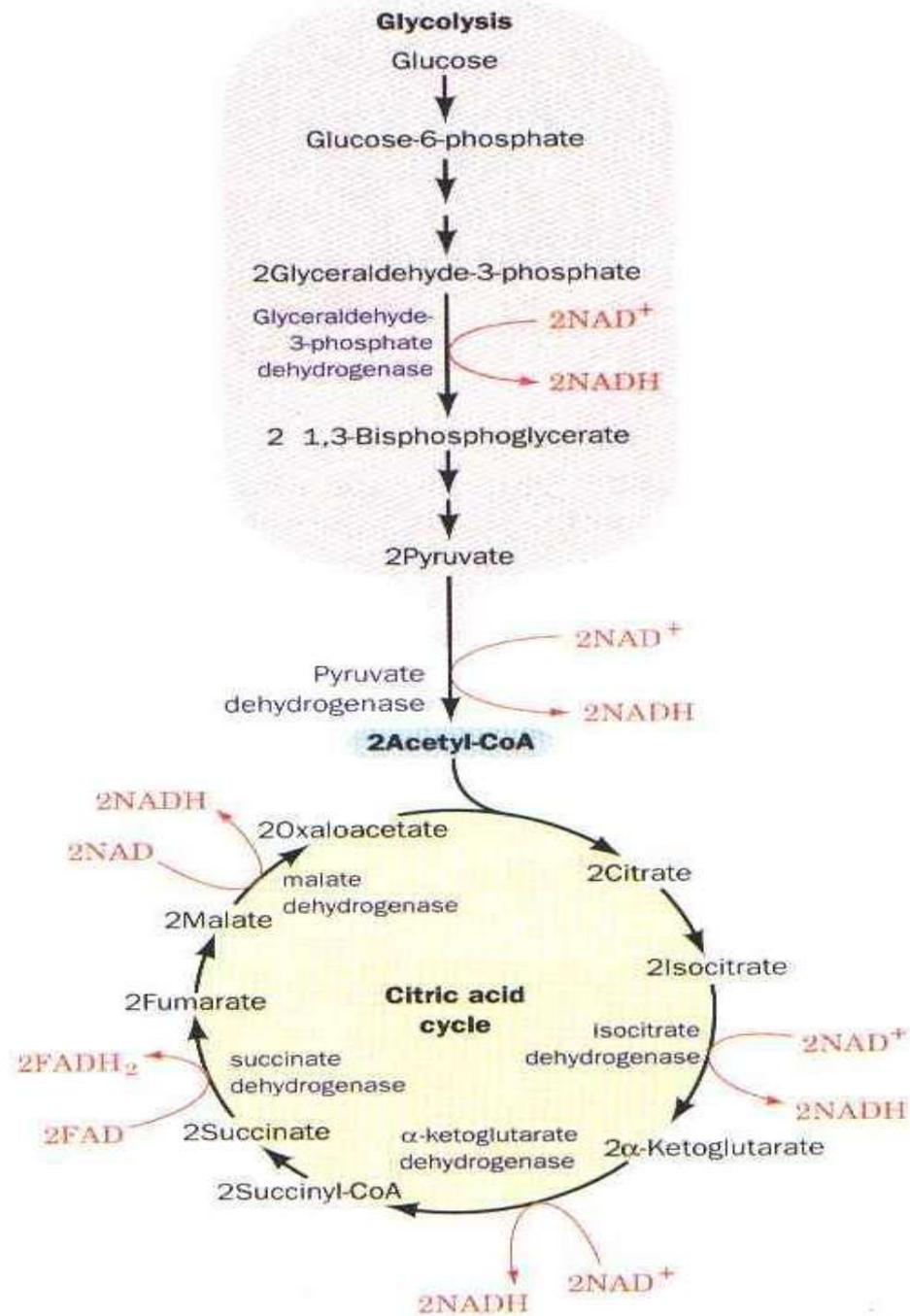
Fermentação láctica

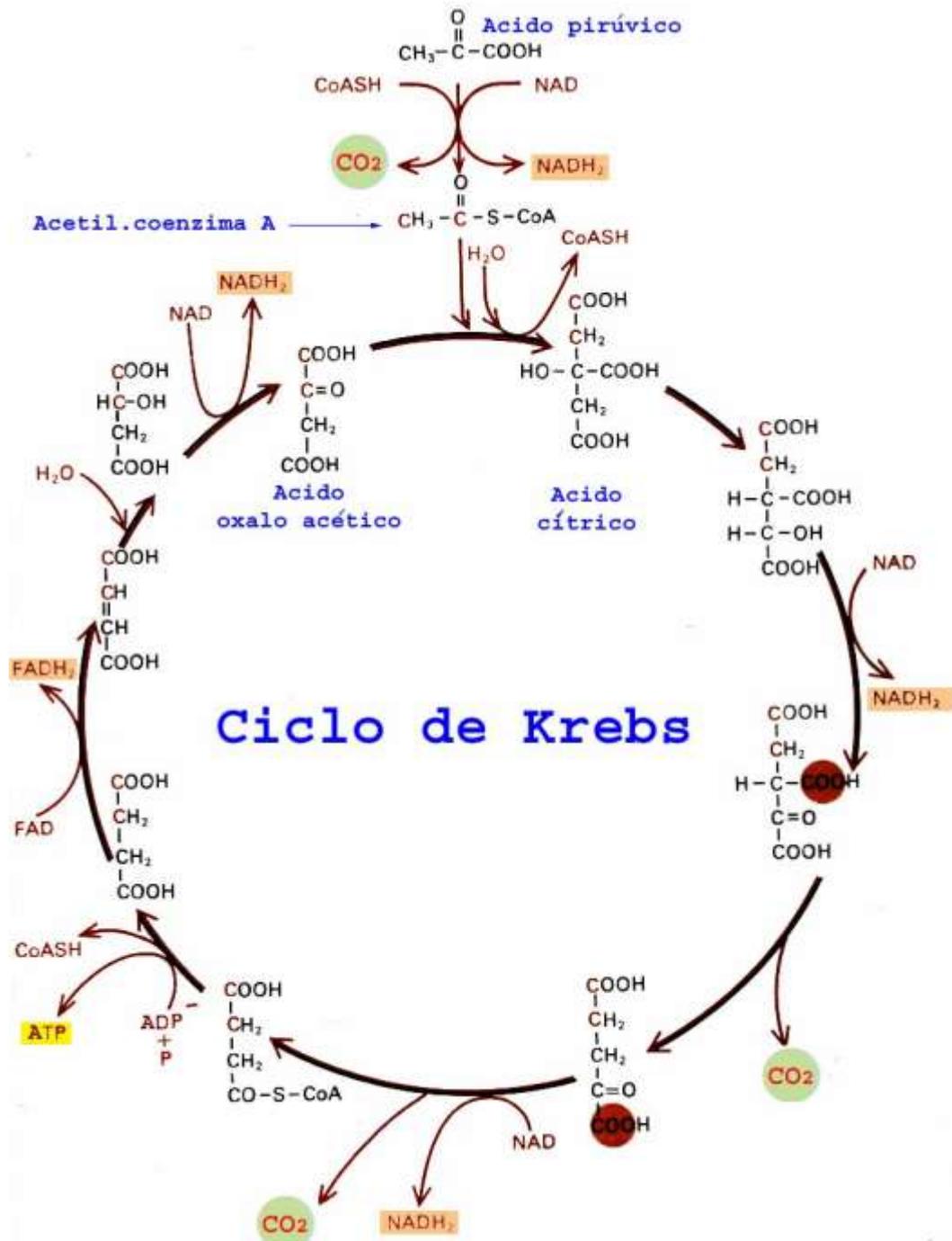
A fermentação láctica consiste na redução do ácido pirúvico em ácido láctico concomitante à oxidação do NADH em NAD⁺, conforme se representa .

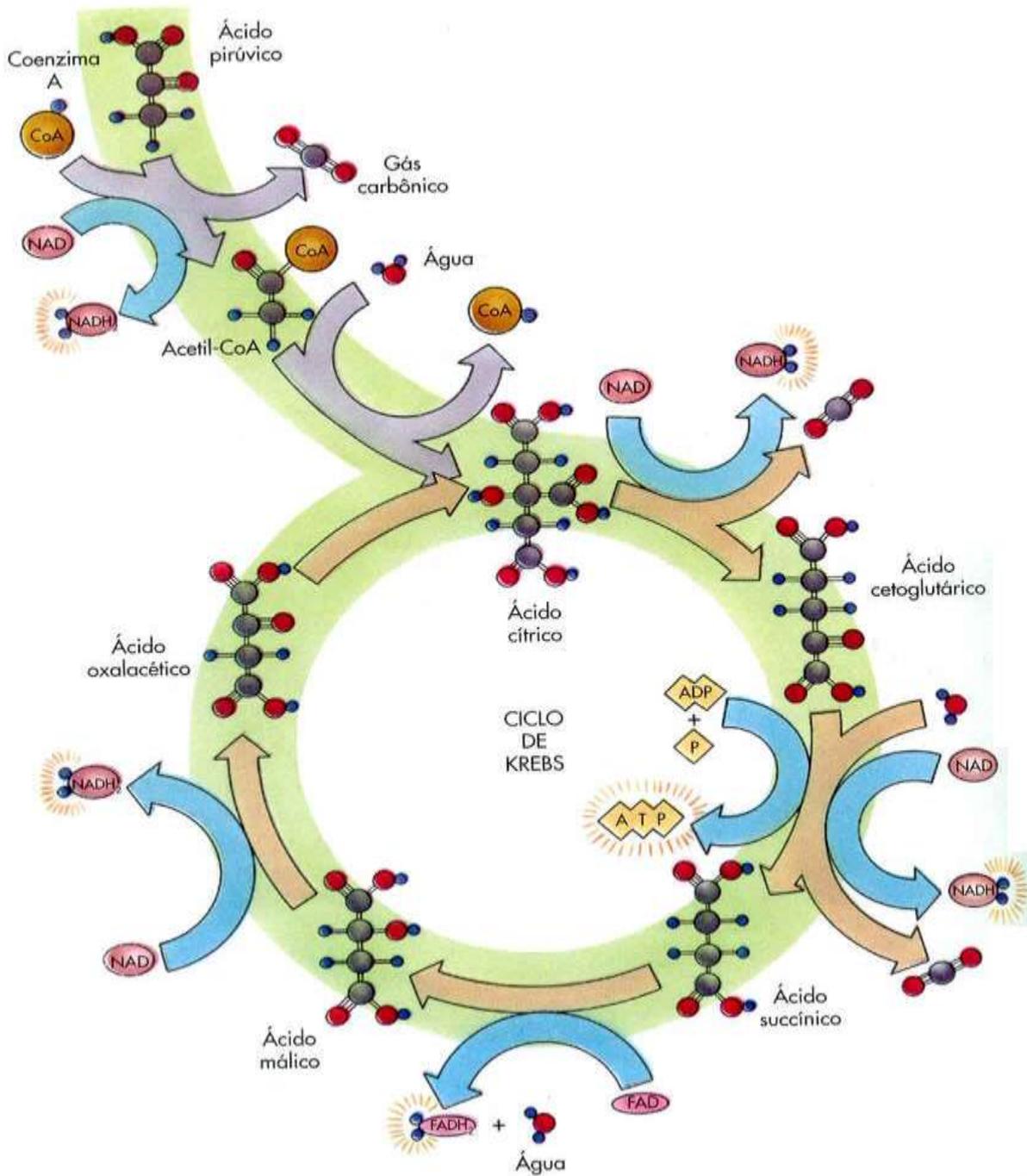


Síntese da glicólise aeróbica completa

Transferências de elétrons que formam $\text{NADH} + \text{H}^+$ e FADH_2 na glicólise e no ciclo do ácido cítrico.

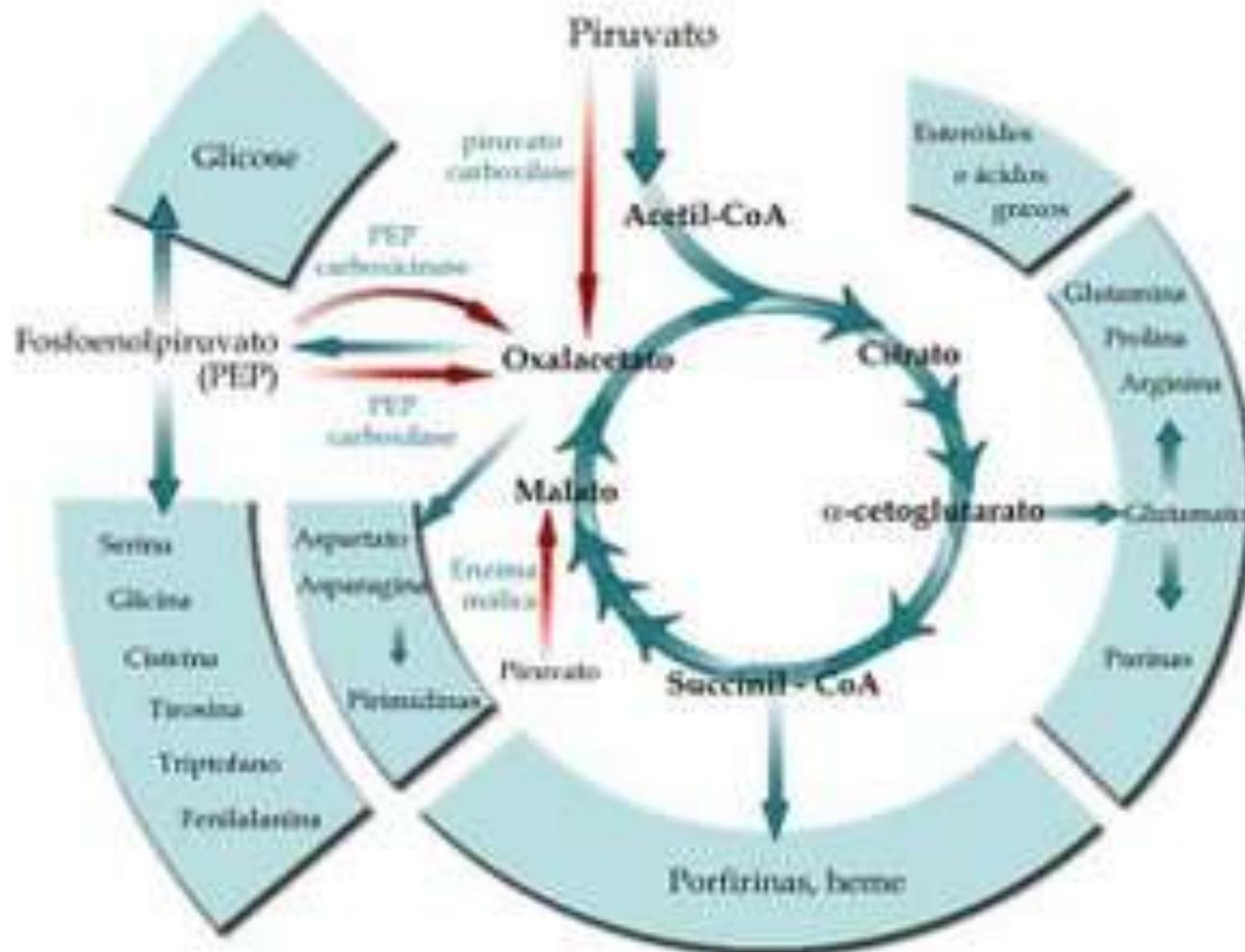






Ciclo do Ácido Cítrico

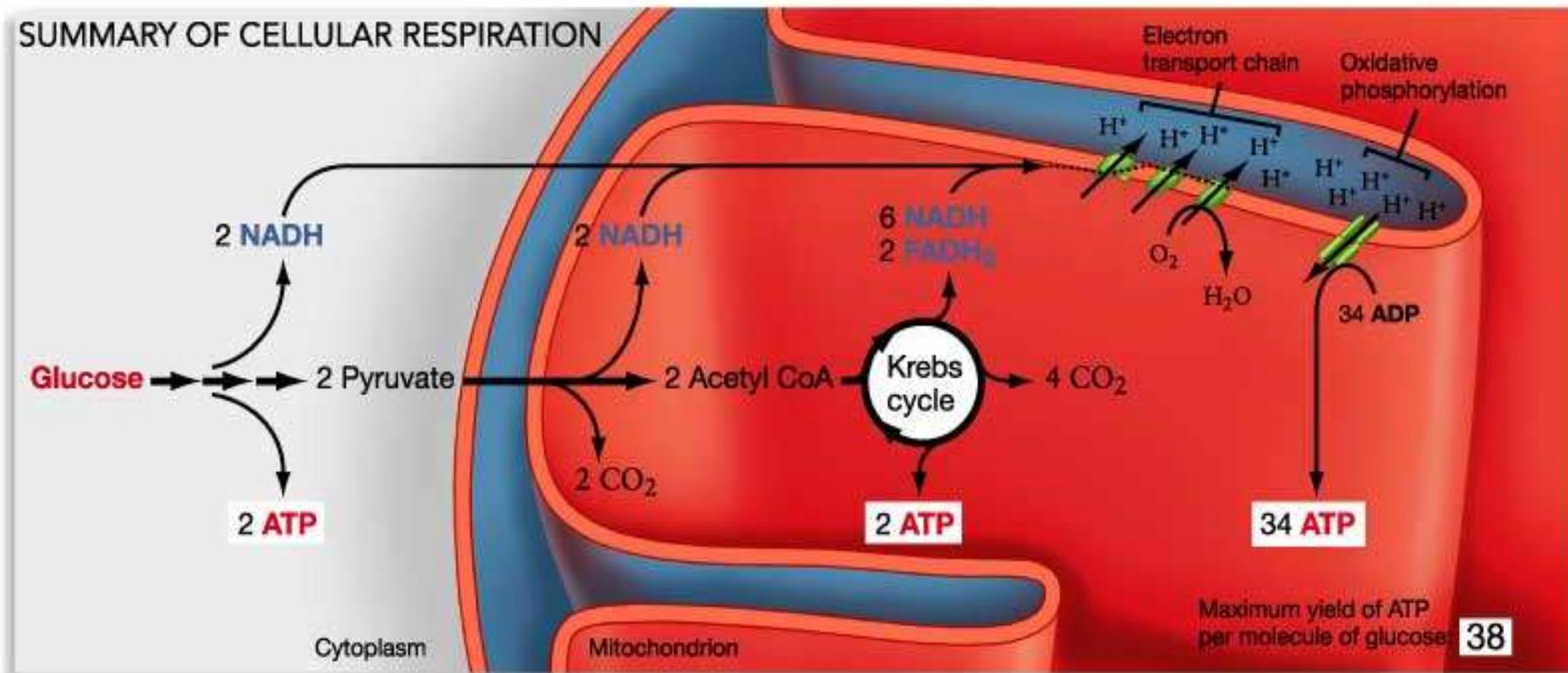
Inter-relações com o Ciclo do ác. cítrico

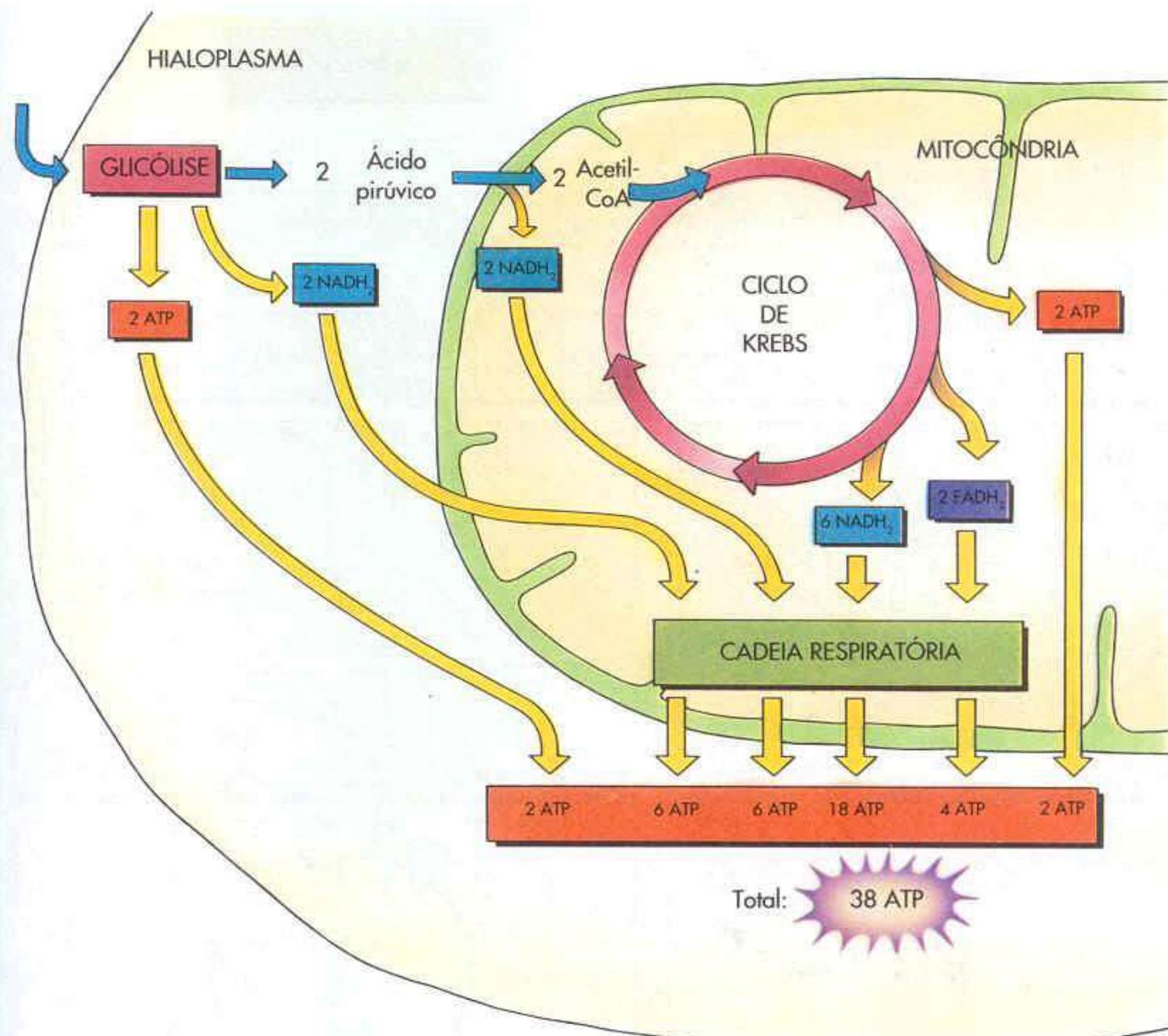


GLICÓLISE

| | |
|--|---|
| Sem O ₂ | Com O ₂ |
| | |
| Glicose | Glicose |
| | |
| Forma 2 ATP | Forma 2 ATP |
| | |
| Forma 2 Ac. Pirúvico | Forma 2 Ac. Pirúvico |
| | |
| Sem O₂ | Com O₂ |
| | |
| Ac. Láctico | Ciclo de Krebs - na Matriz Mitocondrial |
| Metabolismo Glicolítico 2 ATP | |
| | Forma 36 ATP + H ₂ O + CO ₂ |
| VIA ANAERÓBICA LÁCTICA | Metabolismo Oxidativo 38 ATP |
| | VIA AERÓBICA |

GLICÓLISE AERÓBICA é mitocondrial

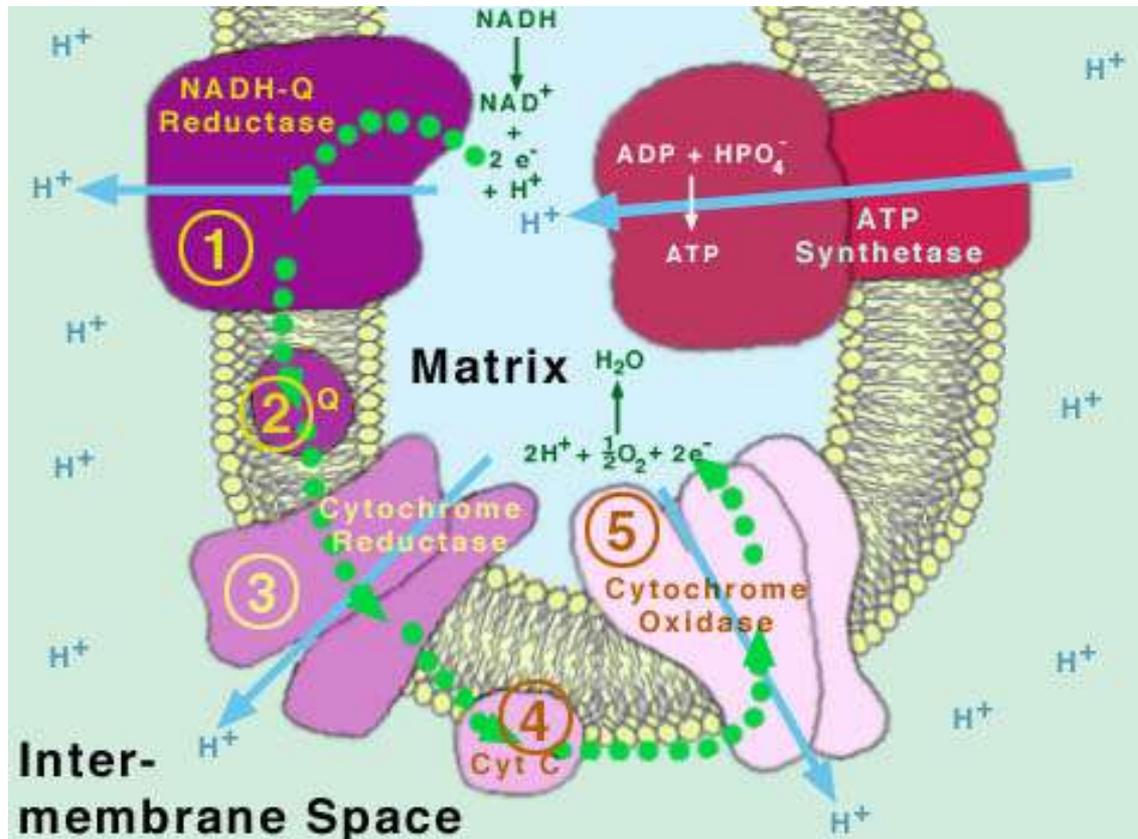




RESPIRAÇÃO CELULAR

PRODUÇÃO DE ENERGIA

Bomba de prótons e produção de ATP

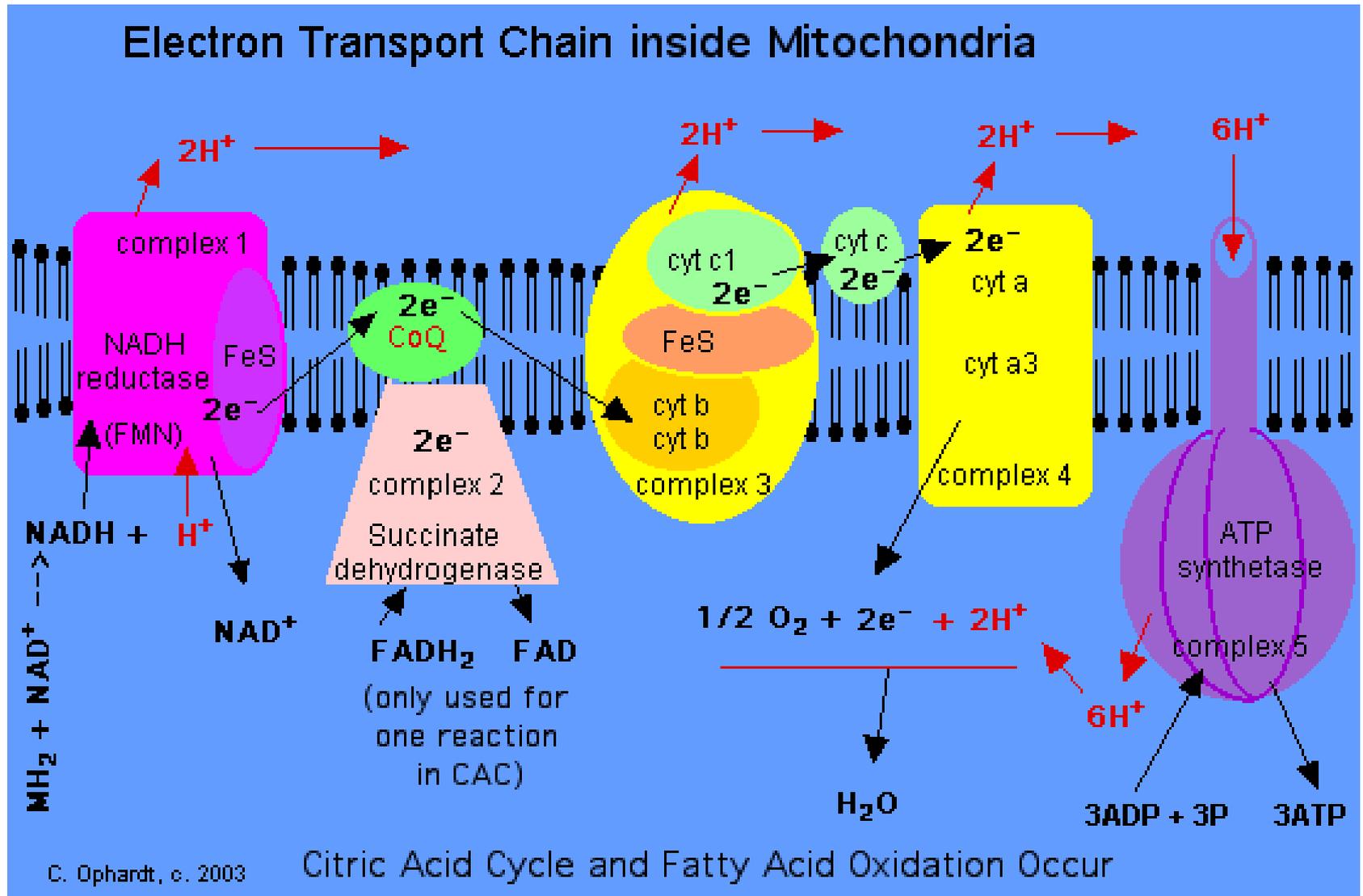


Este processo é descrito também como Oxidação fosforilativa ou Metabolismo oxidativo ou simplesmente como Respiração Celular.

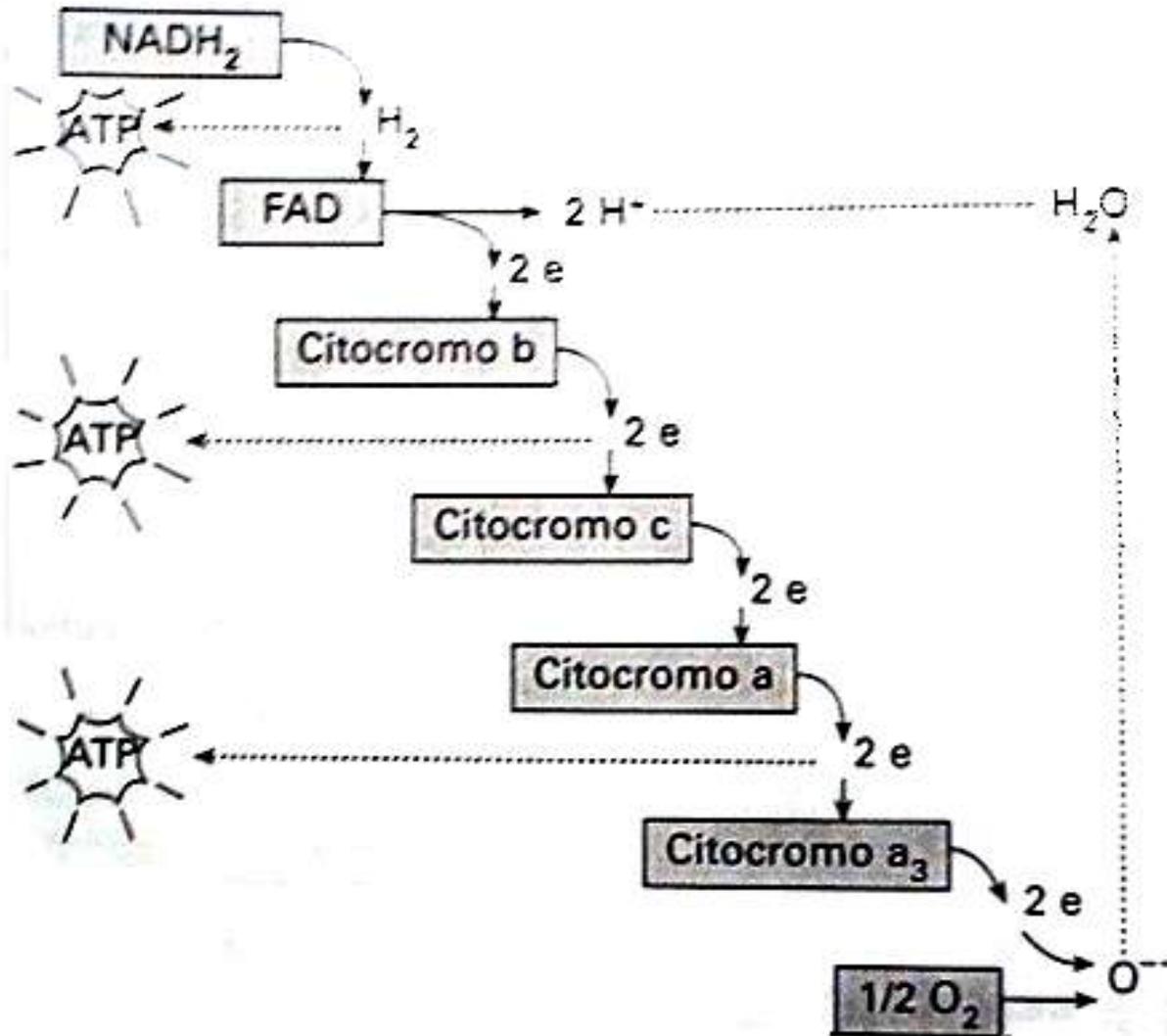
Fosforilação Oxidativa

- A fosforilação oxidativa supre 85% de nosso ATP.
- Pode utilizar carboidratos, gorduras e aminoácidos, enquanto a glicólise é restrita ao carboidrato, como combustível.
- Os AA. Oxidados são obtidos da decomposição normal das proteínas ou do excesso de proteínas na dieta, que não são convertidas imediatamente em gordura ou glicose.

Transporte de elétrons e produção de ATP



Cadeia Energética da respiração celular



Rendimento Energético da Glicólise Aeróbica

| | |
|--|---------|
| Fase Anaeróbia (glicose até piruvato) | 2 ATPs |
| Substrato (Ciclo de Krebs) | 2 ATPs |
| Cadeia Respiratória (8 NADH) | 24 ATPs |
| Cadeia Respiratória (2 FADH ₂) | 4 ATPs |
| Lançadeira de elétrons(2 NADH) | 6 ATPs |
| Total | 38 ATPs |

QUAIS FONTES ENERGÉTICAS UTILIZAR??

| Fontes | Intensidade | Duração |
|-------------------|-------------|-------------------|
| ATP | Máxima | 1 a 3" |
| CP | Máxima | 10 a 15" |
| Glicogénio | Sub-Máxima | 45 a 180" |
| O2 | Moderada | 3' a várias horas |

EM QUAIS FIBRAS MUSCULARES??

Fibras Rápidas

Menos Mitocôndrias
Forma-se menos ATP
Forma-se mais Ac. Láctico

Fibras Lentas

Mais Mitocôndrias
Forma-se mais ATP
Forma-se menos Ac. Láctico

O acúmulo de ácido láctico

- No organismo, todos os carboidratos são transformados no açúcar simples glicose, que tanto pode ser utilizado imediatamente nessa forma ou armazenada no fígado e nos músculos como glicogênio para uso subsequente. À medida que aumenta a intensidade do esforço, aumenta a liberação de insulina que se liga ao seu receptor na membrana das células fazendo com que aumente a translocação do GLUT4 (glucose transporter). Através do GLUT4, a glicose é transportada para o interior da célula iniciando uma série de reações que dependem, principalmente, da atividade da enzima PFK (fosfofrutoquinase). O produto destas reações é o ácido pirúvico, que é absorvido pelas mitocôndrias. Quando a capacidade mitocondrial de absorção é saturada o excedente é transformado em ácido láctico. O ácido láctico é um co-produto da glicólise anaeróbica, e quando se acumula em altos níveis nos músculos e no sangue, produz fadiga muscular.

Efeitos do ácido láctico sobre a atividade muscular

Atividade da PFK (fosfofrutocinase)

Quanto maior a concentração de ácido láctico, menor o pH e conseqüentemente, menor a atividade da PFK.

Interferência Neuromuscular

O lactato acumulado invade a fenda sináptica. Esse tipo de fadiga parece ser mais comum nas unidades motoras de contração rápida. A incapacidade da junção neuromuscular em retransmitir os impulsos nervosos para as fibras musculares é devida, provavelmente, a uma menor liberação do transmissor químico ACETILCOLINA por parte das terminações nervosas, devido à acidificação do líquido intersticial e alteração das estruturas protéicas (receptores de acetilcolina) pela ação dos H^+ .

Acidose Láctica

- **Interferência Muscular**
- A acidose altera a permeabilidade do retículo, diminuindo a condutância de Ca^{++} . Há uma menor liberação de Ca^{++} pelo retículo sarcoplasmático e redução na capacidade de ligação Ca^{++} -troponina, em virtude do aumento na concentração de H^+ causada pelo acúmulo de ácido láctico.