



Educação Física Militar

Desafios para o presente

José A. Parraça

Departamento de Desporto e Saúde;
Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano;
Comprehensive Health Research Centre (CHRC);
University of Évora



Preparação Física Militar

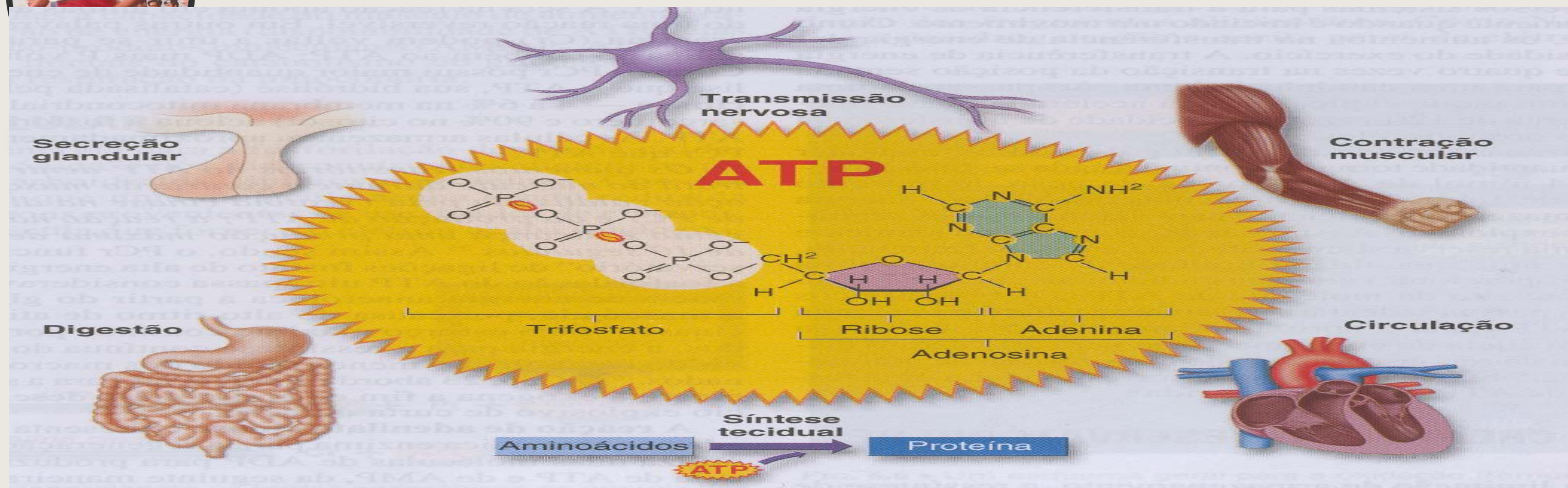
Desafios Fisiológicos e Psicológicos

Fisiologia do Esforço

José A. Parraça

Departamento de Desporto e Saúde;
Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano;
Comprehensive Health Research Centre (CHRC);
University of Évora

ATP (Adenosina Trifosfato)



O **ATP (Adenosina Trifosfato)** é a principal molécula de energia das células. Ele armazena e transporta energia química necessária para os processos biológicos, como contrações musculares, síntese de moléculas e transporte celular. Sua energia é liberada quando uma ligação de fosfato é quebrada, convertendo o **ATP** em **ADP (Adenosina Difosfato)** + fosfato inorgânico (Pi) + ENERGIA



ATP » ADP + Pi + ENERGIA

Quando o ATP é quebrado pela enzima **ATPase**, resulta em **ADP (Adenosina Difosfato) + Pi (fosfato inorgânico)**, libertando a energia que os músculos utilizam para se contraírem.

- **Regeneração do ATP com a ajuda da Creatina Fosfato (PCr):**

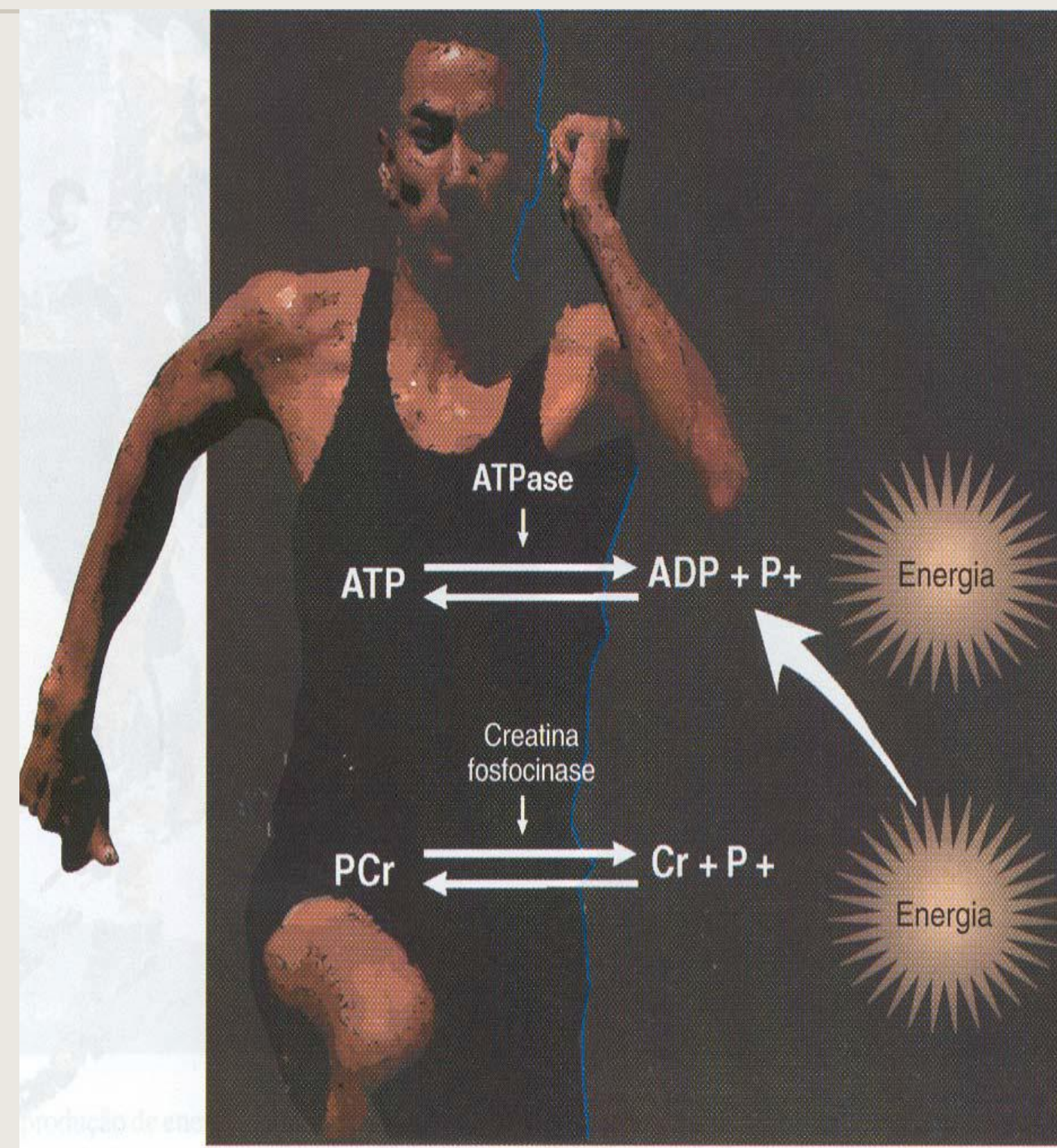
- Quando o ATP é depletado, a molécula de **PCr (Creatina Fosfato)** é usada para regenerar ATP.

- A enzima **creatina fosfoquinase** catalisa a reação, onde a PCr doa o seu grupo fosfato ao ADP, convertendo-o novamente em ATP.

- Esta regeneração ocorre de forma muito rápida, permitindo que o músculo continue a produzir energia durante esforços intensos.

- **Limitação temporal:** O sistema ATP-CP fornece energia apenas para **8 a 12 segundos** de esforço máximo, porque os estoques de creatina fosfato no músculo são limitados.

- **Energia liberada:** As estrelas representadas no gráfico indicam a energia que é liberada tanto pela quebra do ATP quanto pela decomposição da creatina fosfato.



Sistemas de Produção de ATP

Sistema ATP-PCr » Via Metabólica Anaeróbia Alática

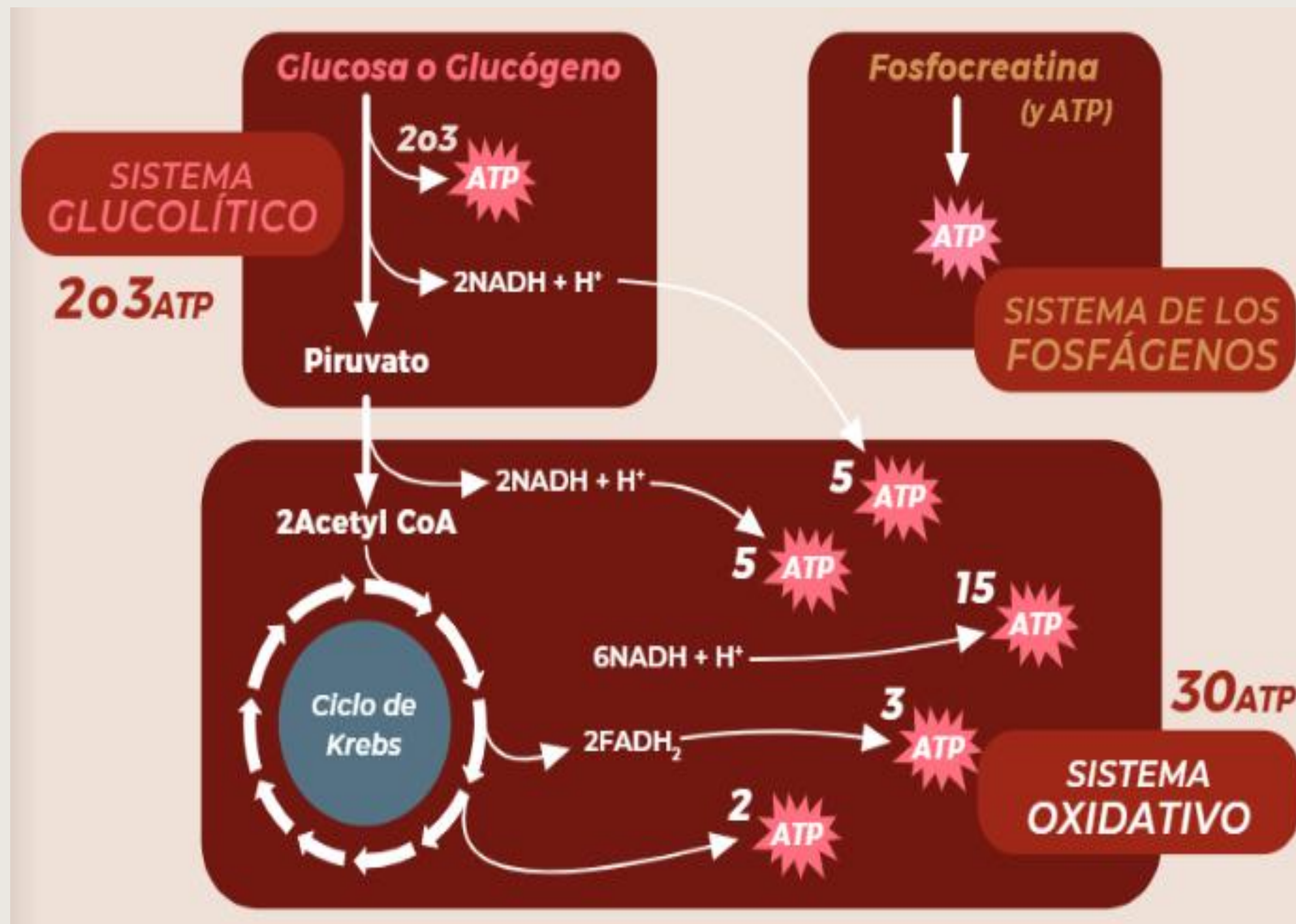
Baseia-se na fosfocreatina (PCr) e no ATP armazenado. É usado para esforços de curta duração e alta intensidade

Sistema Glicolítico: Via Metabólica Anaeróbia Láctica

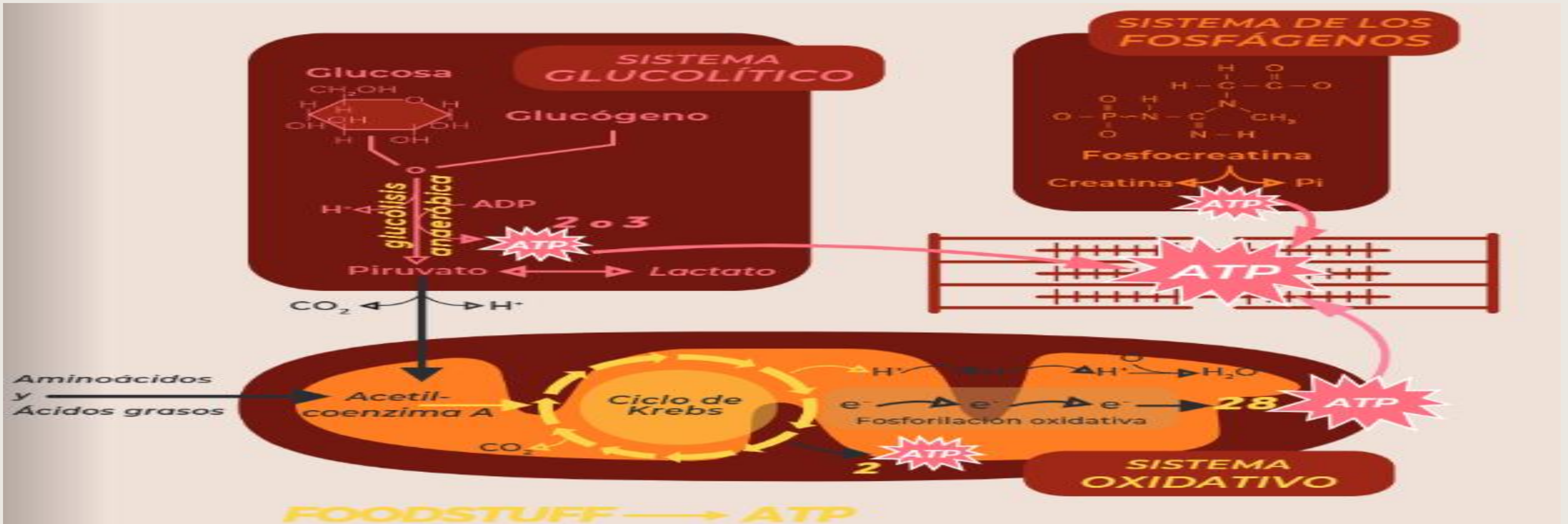
- Produz 2-3 ATP a partir da quebra de glicose ou glicogénio.
- O piruvato formado pode ser convertido em acetil-CoA para entrar no Ciclo de Krebs.

Sistema Oxidativo: Via Metabólica Aerobia

- Engloba o Ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétr.
- Gera até 30 ATP por molécula de glicose ou glicogénio



Sistemas de Produção de ATP



Contribuição relativa dos sistemas energéticos

Anaeróbico Aláctico (Sistema ATP - PCr):

Tempo: 0-3 segundos.

Fornecer energia de forma imediata para esforços explosivos, como halterofilismo, saltos e lançamentos.

Predomina em atividades de curta duração e muito alta intensidade.

Anaeróbico Láctico (Sistema Glicolítico):

Tempo: 4-50 segundos.

A energia é obtida pela glicólise anaeróbica, o que resulta na produção de lactato.

Exemplos: ginástica, corridas de 100-400 metros, natação (50-100 metros).

Aeróbico (Sistema Oxidativo):

Tempo: Superior a 3 minutos.

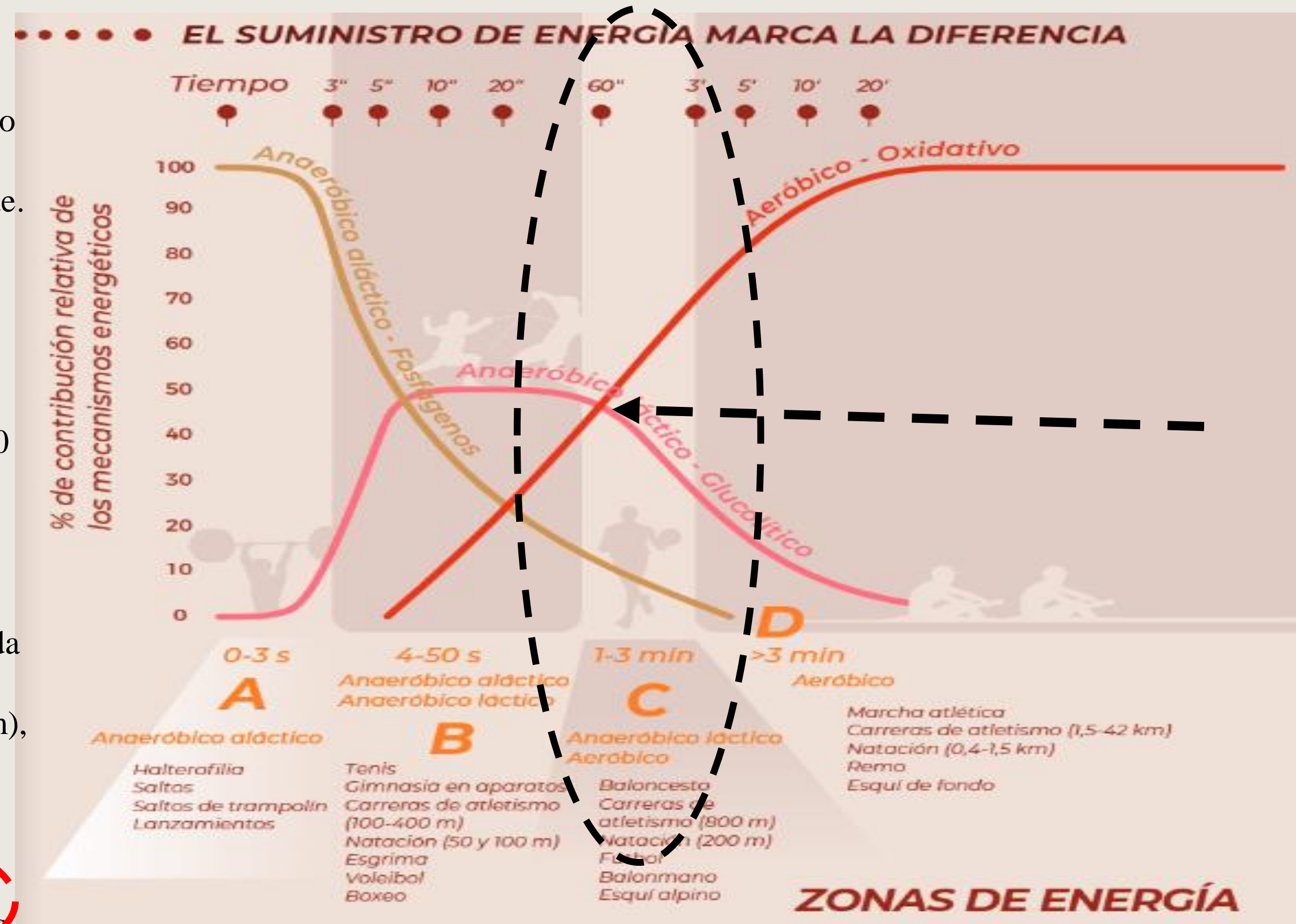
Predomina em atividades de longa duração e intensidade moderada ou baixa.

Exemplos: marcha atlética, corridas de longa distância (1,5-42 km), remo, esqui de fundo.

Zona Mista (Anaeróbico e Aeróbico):

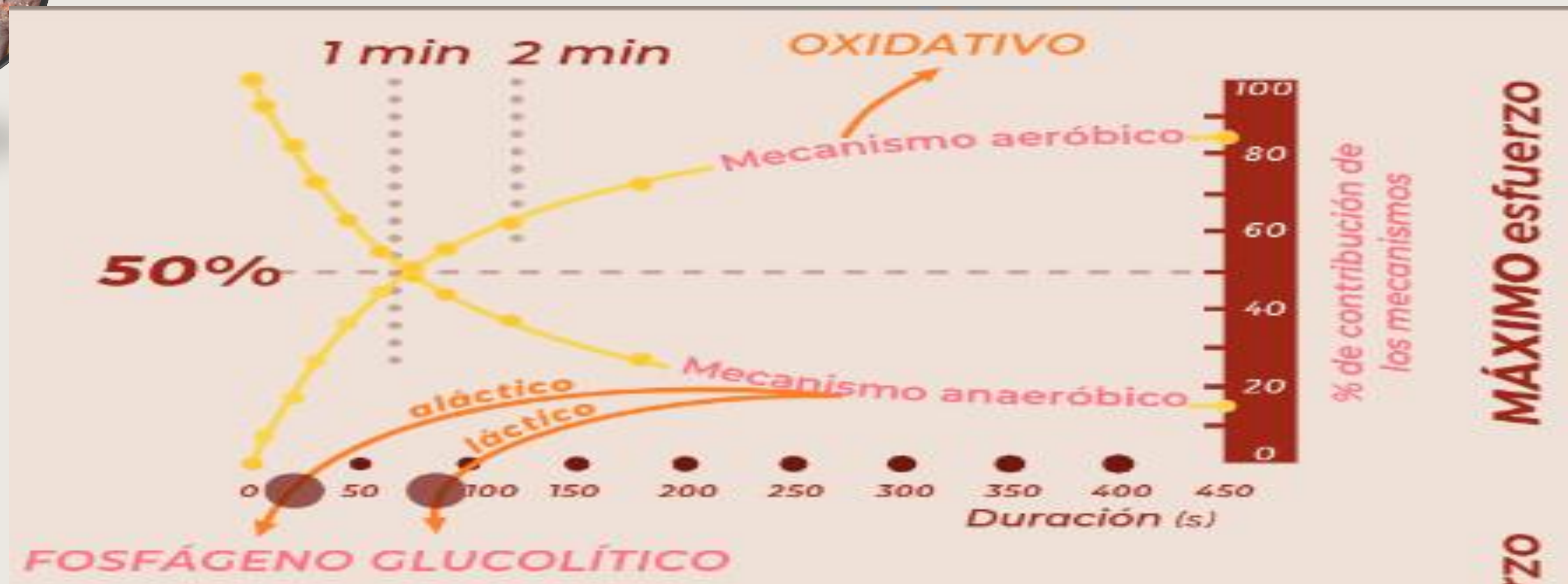
Tempo: 1-3 minutos.

Atividades como basquetebol, corridas de 800 metros e desportos combinam ambos os sistemas





Zona mista



A linha **50%** marca o ponto em que a contribuição dos sistemas anaeróbicos e aeróbicos se iguala, ocorrendo em torno de 1-2 minutos.
Esta representação é muito útil para planejar treinos específicos, de acordo com a duração e a intensidade do exercício



POTÊNCIA vs RESISTÊNCIA

• **CON QUÉ RAPIDEZ Y CUÁNTA ENERGÍA ESTÁ DISPONIBLE**

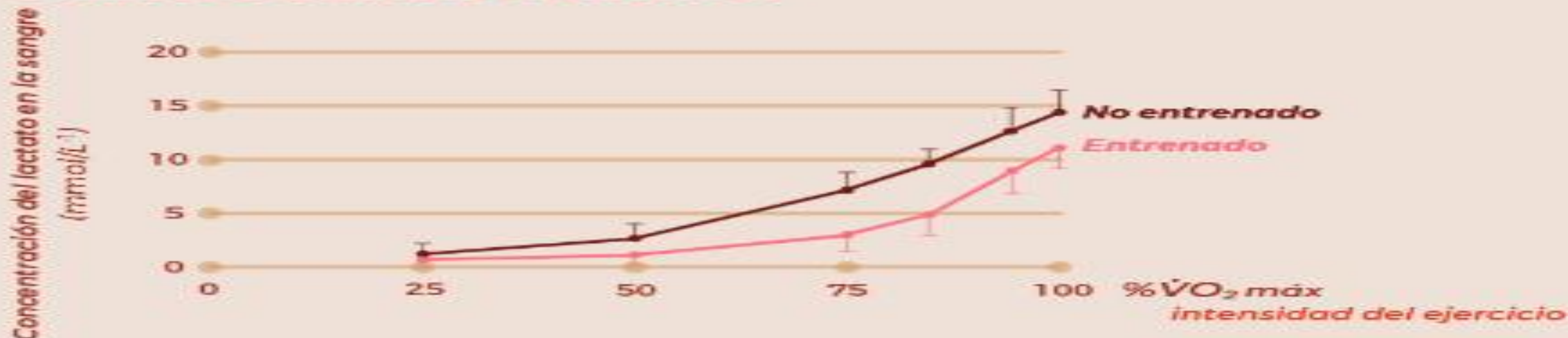


Esta representación evidencia la relación entre la rapidez e la duración dos sistemas energéticos, siendo útil para ajustar o treino de acordo com os objetivos específicos.



Intensidade e lactato (Treinado /não treinado)

• LA INTENSIDAD DEL ESFUERZO ES LA LLAVE PARA LA PRODUCCIÓN DE LACTATO



Produção de Lactato em Indivíduos Não Treinados:

- A curva mais acentuada demonstra que a produção de lactato é maior e ocorre mais rapidamente à medida que a intensidade do exercício aumenta.
- Indivíduos não treinados atingem valores elevados de lactato com intensidades moderadas (50-75% $\dot{V}O_2$ máximo).

Produção de Lactato em Indivíduos Treinados:

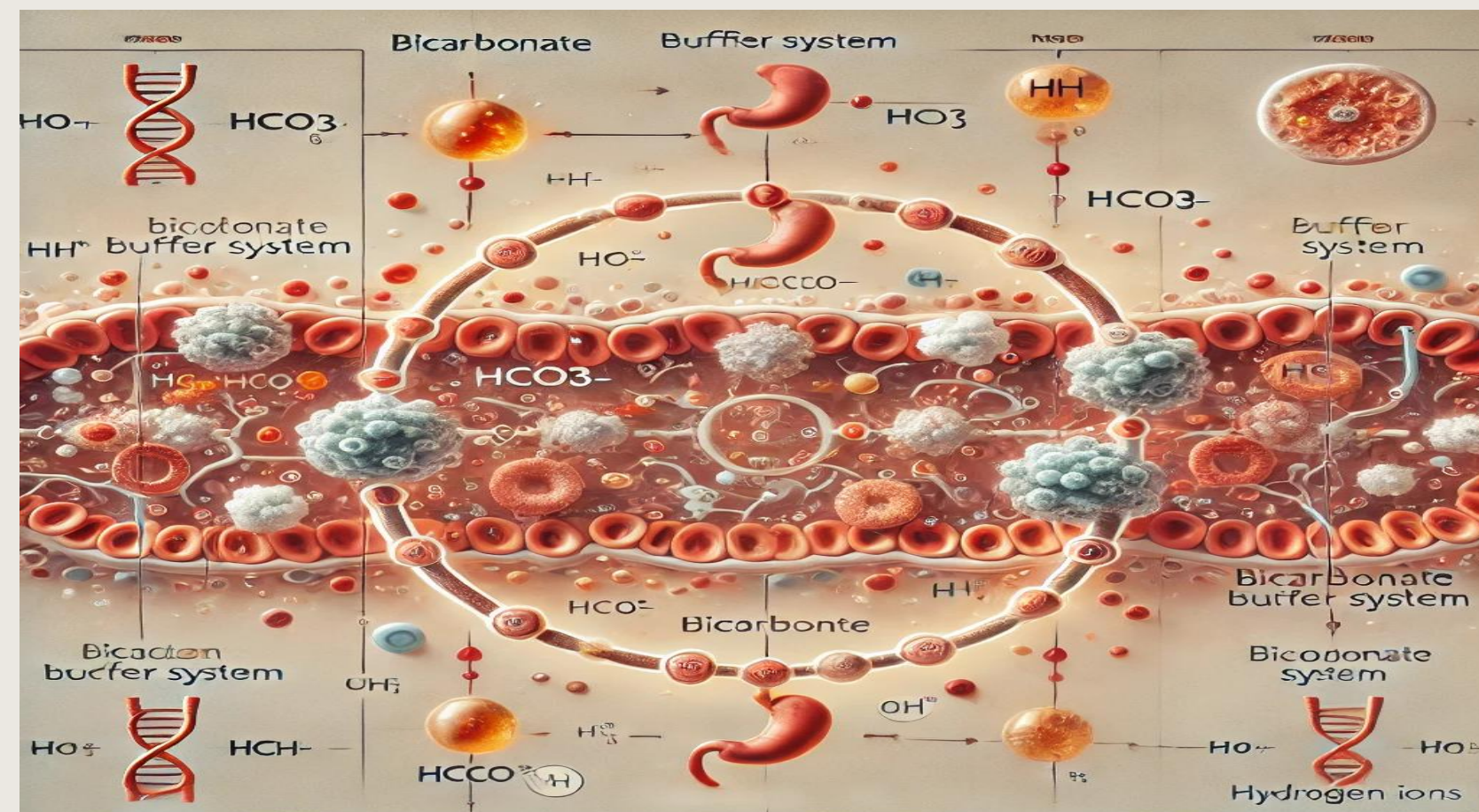
- A curva mais gradual indica que indivíduos treinados conseguem tolerar intensidades mais altas antes de acumular lactato de forma significativa.
- A capacidade de "buffer" do lactato é melhor, permitindo-lhes sustentar esforços intensos por mais tempo.

BUFFER / TAMPÃO do lactato

Na Fisiologia do exercício, "**buffer ou tampão**" refere-se à capacidade do corpo de neutralizar ou minimizar os efeitos de substâncias ácidas ou básicas, mantendo o equilíbrio do pH nos tecidos, especialmente no sangue e nos músculos.

No caso do exercício físico:

- O metabolismo anaeróbico produz **ácido láctico**, que se dissocia em **lactato** e **íons de hidrogénio (H^+)**. O aumento de H^+ no músculo e no sangue pode baixar o **pH**, causando **acidose metabólica**, que está associada à **fadiga muscular**.
- O "buffer" atua para **neutralizar esses H^+** , ajudando a manter o pH do sangue e dos músculos estável, retardando a fadiga.



Principais sistemas de buffer no corpo

Bicarbonato (HCO_3^-):

1. O principal sistema de buffer no sangue.
2. Neutraliza os H^+ formando **ácido carbónico** (H_2CO_3), que é convertido em dióxido de carbono (CO_2) e água e eliminado pela respiração.

Proteínas:

1. Algumas proteínas, como a hemoglobina, ajudam a tamponar o H^+ nos tecidos e no sangue.

Fosfatos:

1. Presentes nas células musculares, ajudam no tamponamento local durante a contração muscular. **Pi** ($\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi} + \text{Energia}$) e a **PCr** ($\text{PCr} + \text{ADP} \rightarrow \text{ATP} + \text{Creatina}$)

Lactato:

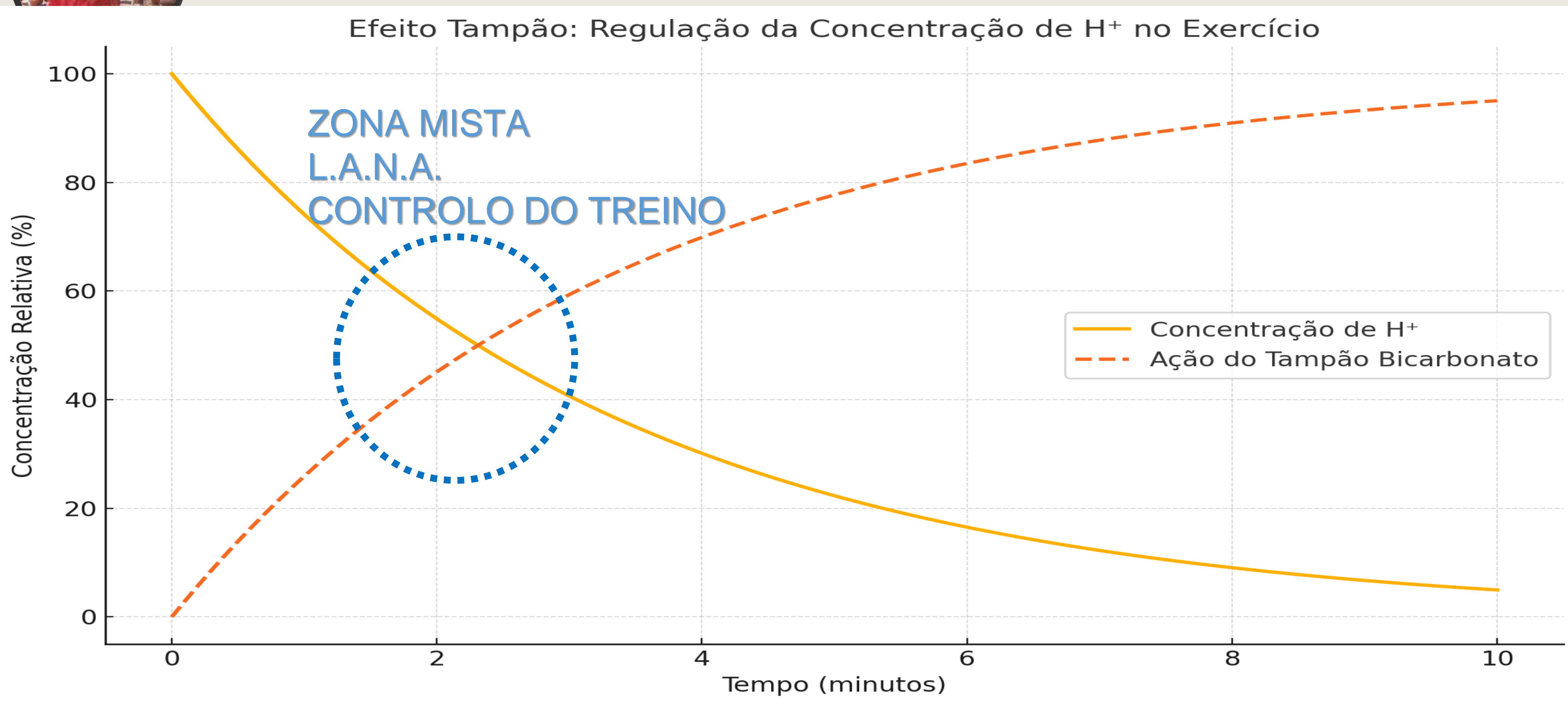
1. Embora frequentemente associado à fadiga, o lactato pode ser transportado para outras áreas do corpo, onde é utilizado como **fonte de energia**, ajudando indiretamente no controlo do pH.

Indivíduos **treinados** têm sistemas de buffer mais eficientes, o que permite que suportem maiores acumulações de H^+ sem que o pH caia drasticamente, resultando em maior resistência à fadiga em exercícios de alta intensidade.



BUFFER / TAMPÃO

Bicarbonato (Sangue) e Lactato (Musculo)



Recuperação Ativa

Recuperação Passiva

- Consiste em repouso total após o esforço.
- A taxa de remoção de lactato é mais lenta.
- O lactato persiste no **sangue** por mais tempo

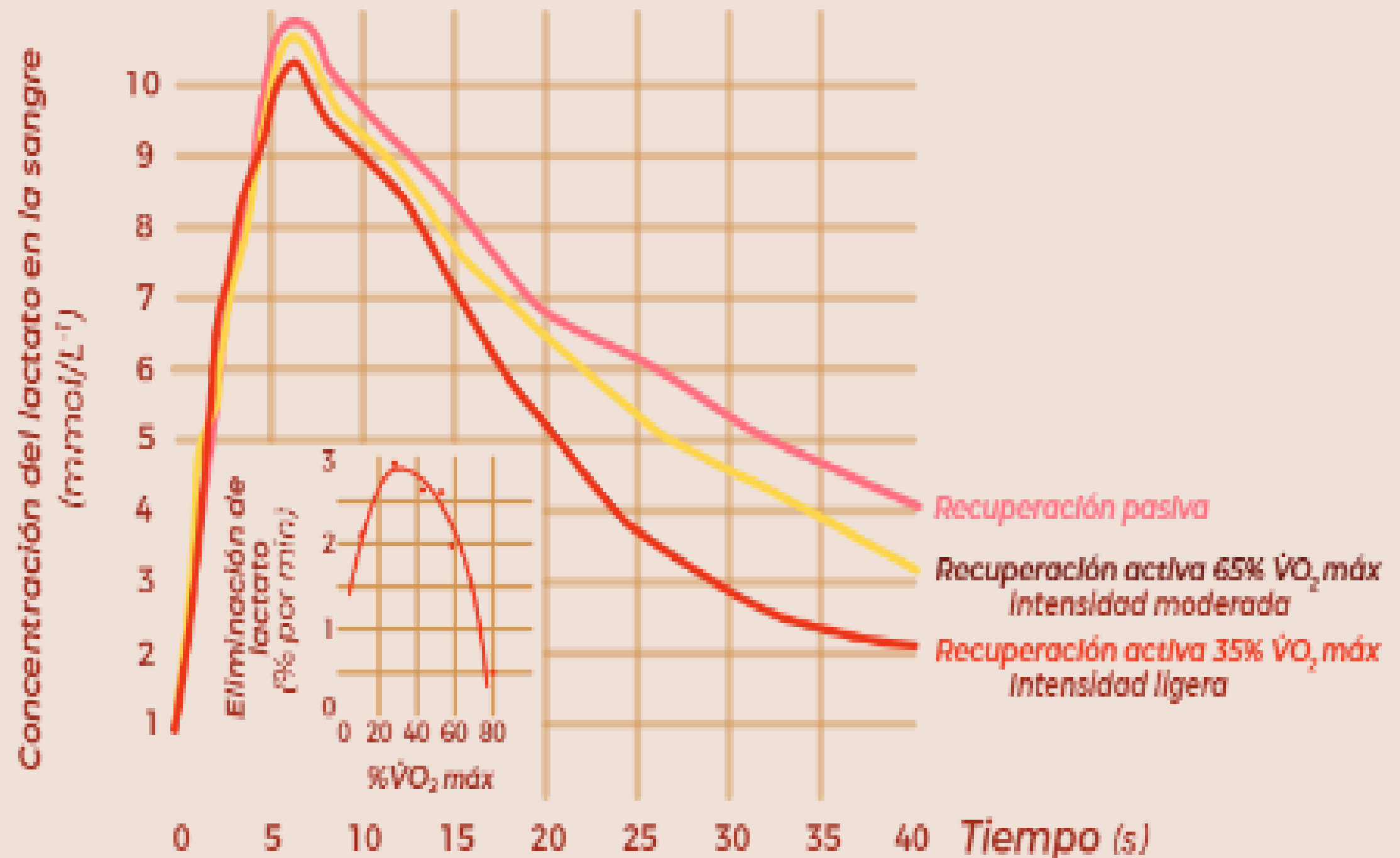
Recuperação Ativa de Intensidade Leve (35% $\dot{V}O_2$ máximo)

- É a forma mais eficiente para remover lactato rapidamente.
- Contração muscular leve aumenta o fluxo sanguíneo
- facilita o transporte e uso do lactato como fonte de energia pelos músculos..

Recuperação Ativa de Intensidade Moderada (65% $\dot{V}O_2$ máximo)

- Ainda promove uma remoção eficaz do lactato, mas é um pouco menos eficiente do que a intensidade leve.
- Intensidades moderadas podem induzir uma leve acumulação de lactato adicional devido ao esforço.

● LA RECUPERACIÓN ACTIVA ELIMINA EL LACTATO MÁS RÁPIDO



Ácido Láctico e Lactato

Ácido Láctico ($C_3H_6O_3$)

- É a forma molecular que contém um próton de hidrogénio (H^+).
- Quando está no pH fisiológico (por volta de 7,4), o ácido láctico dissocia-se rapidamente, perdendo um próton e transforma-se em **LACTATO**.

Lactato

- É a forma ionizada do ácido láctico, ou seja, **sem o próton H^+** ($C_3H_5O_3^-$).
- É produzido pelas células musculares durante o exercício intenso, quando a **demanda por energia excede a capacidade do sistema aeróbico** de produzir ATP.
- Ao contrário do mito de que "*causa fadiga*", o lactato é uma fonte de energia importante, pois pode ser transportado para outros tecidos (como o coração e fígado) e convertido novamente em glicose pelo **Ciclo de Cori**.

Ciclo de Cori

Processo metabólico essencial para o equilíbrio energético entre os músculos e o fígado **durante atividades físicas intensas.**

É um ciclo metabólico que ocorre entre o **músculo** e o **fígado**, permitindo a conversão de **lactato** em **glicose**.

Ajuda a eliminar o excesso de lactato acumulado durante exercícios anaeróbicos, prevenindo acidose metabólica.

No Músculo

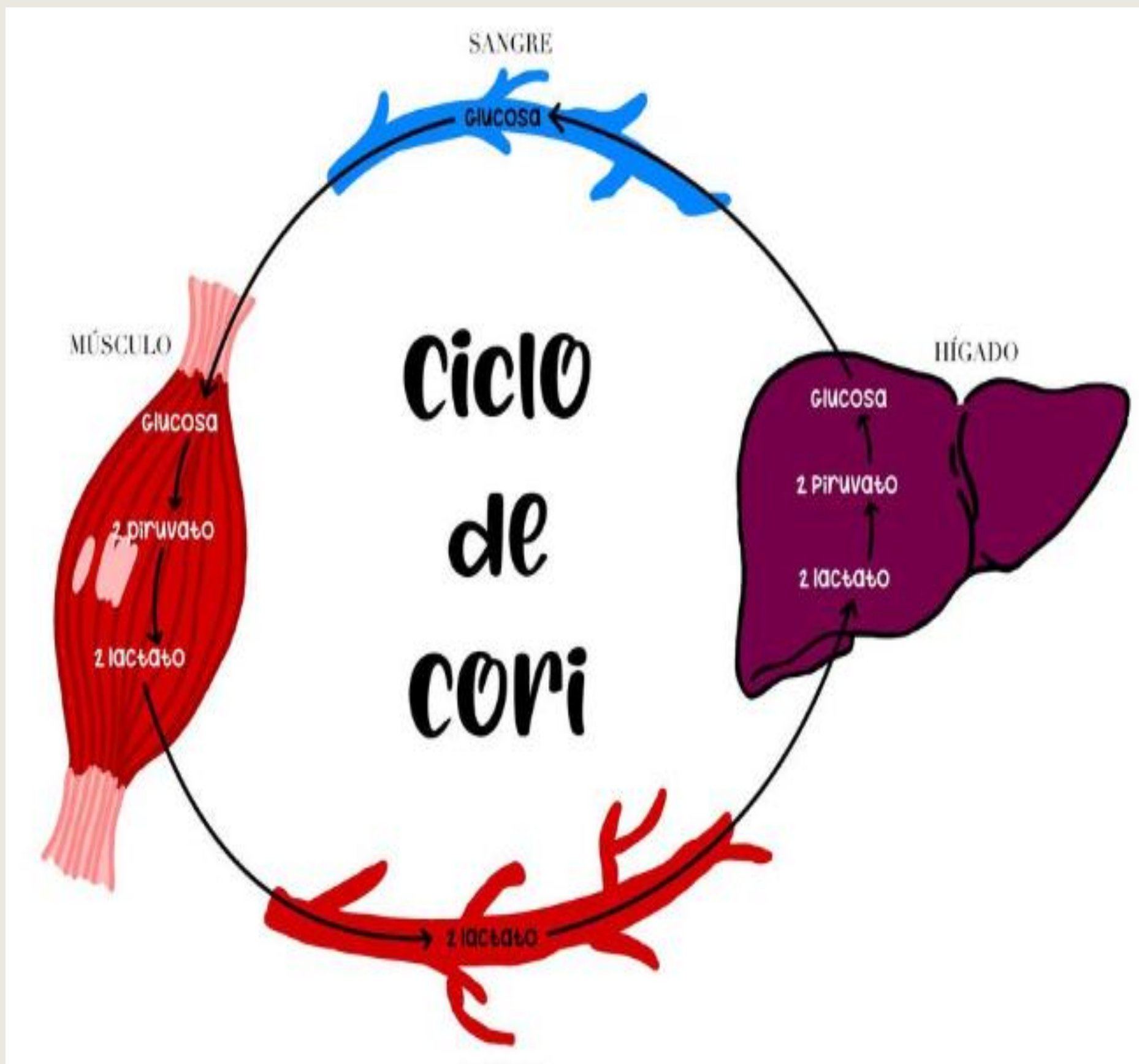
1. Durante o exercício intenso, a glicose é convertida em **piruvato** pela GLICÓLISE.
2. Na ausência de oxigênio suficiente, o piruvato é reduzido a **lactato**.
3. O lactato é então transportado para o sangue.

No Sangue

1. O lactato viaja através da circulação sanguínea até ao fígado.

No Fígado

1. No fígado, o lactato é convertido em **piruvato** e depois em **glicose** através do processo de GLICONEOGÉNESE.
2. Esta glicose pode ser liberada novamente no sangue e transportada de volta para os músculos como fonte de energia.





Ciclo de Cori





O exercício e o *nosso amigo* Lactato

O Papel do Lactato no Exercício

- Durante exercícios intensos, a **glicólise anaeróbica** transforma glicose em energia (ATP), gerando piruvato como subproduto.
 - Quando há falta de oxigénio suficiente, o piruvato é convertido em **lactato**, graças à enzima **lactato desidrogenase (LDH)**.
 - Isso permite que a glicólise continue pois, regenera o NAD^+ , um coenzima essencial.
-
- **Glicólise:** O NAD^+ aceita eletrões do gliceraldeído-3-fosfato, sendo convertido em **NADH**.
 - **Ciclo de Krebs:** Reações como a conversão de isocitrato e malato geram NADH.
 - **Cadeia de Transporte de Eletrões:** O NADH doa eletrões para a cadeia mitocondrial, contribuindo para a produção de ATP. É oxidado de volta a NAD^+ , permitindo a continuidade do ciclo



O exercício e o *nosso amigo* Lactato

Fadiga Muscular

A fadiga não é causada diretamente pelo lactato, mas sim:

- Pela **acidez** gerada pelo aumento de iões de hidrogénio (H^+), resultado da hidrólise do ATP durante a contração muscular.
- O lactato, na verdade, **atua como um tampão**, ajudando a remover os H^+ e reduzindo a acidose muscular.

▫ **O LACTATO CAUSA DORES MUSCULARES » NÃO**

- *As dores tardias (DOMS) estão relacionadas com microrroturas nas fibras musculares e não com o lactato.*

O LACTATO É INÚTIL » NÃO

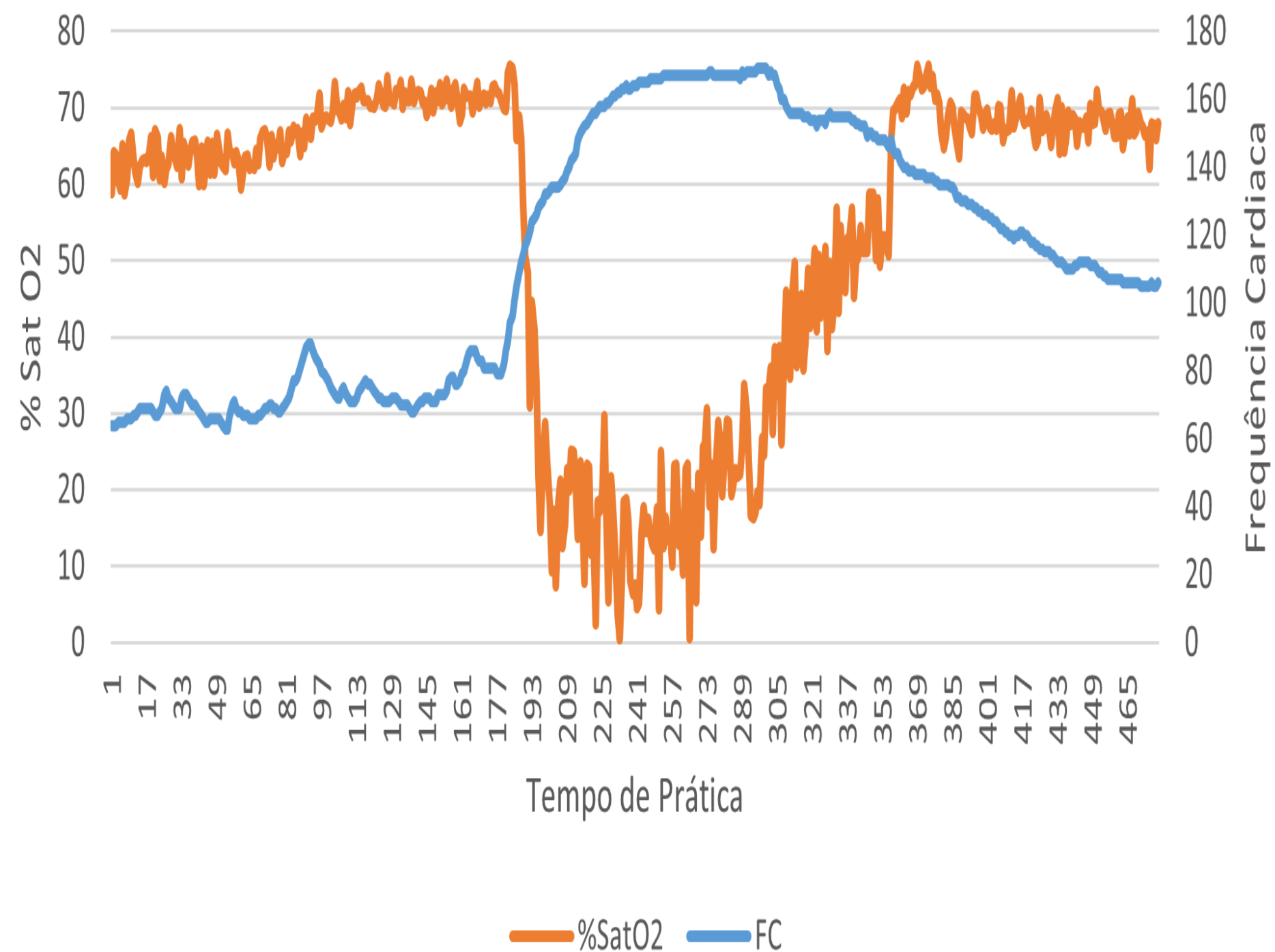
É uma fonte de energia reaproveitável e um intermediário metabólico muito valioso.



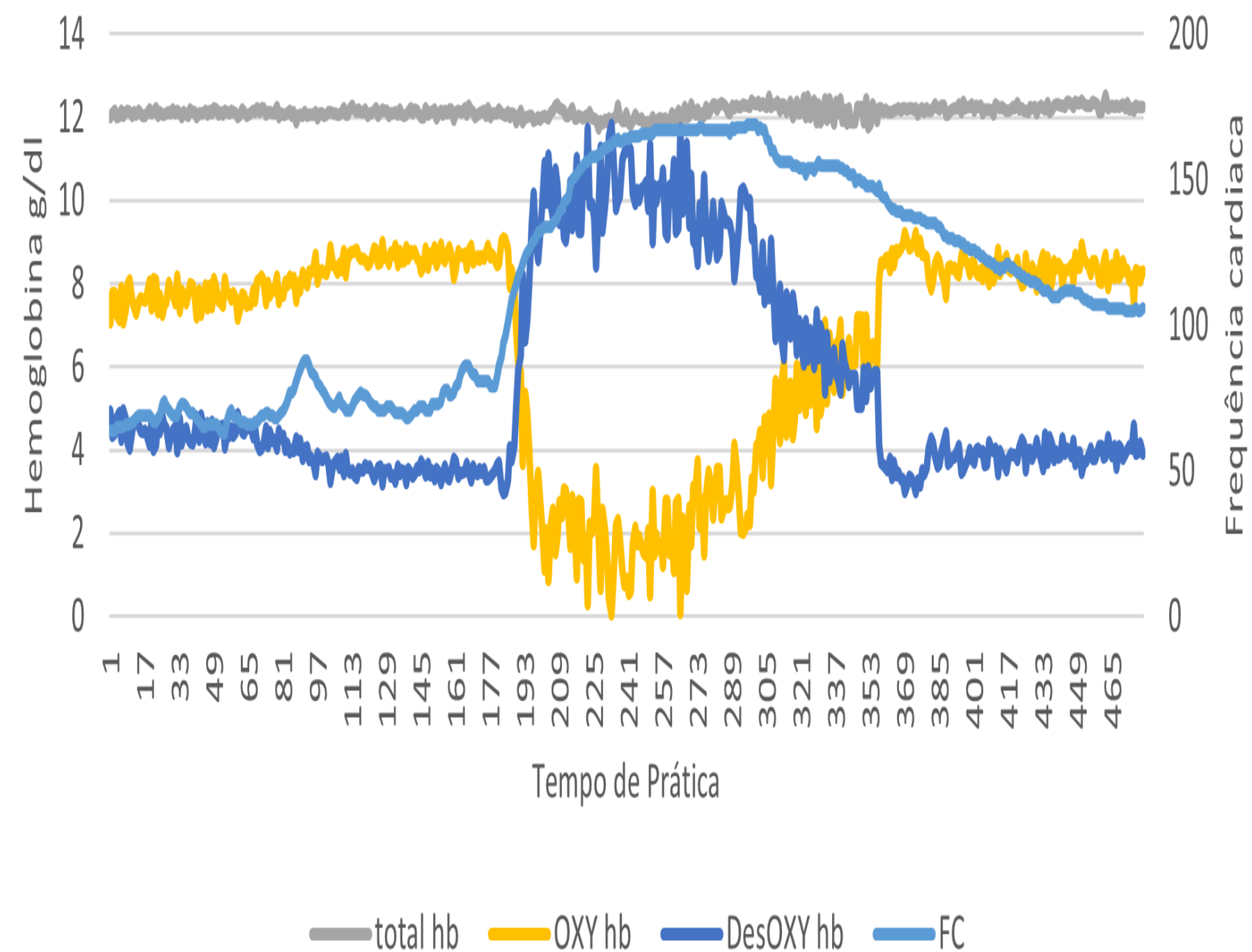
Novas abordagens

FC » %SatO2 » Hb

Frequência Cardíaca vs %Sat. O2



Frequência Cardíaca vs Hemoglobina





Preparação Física Militar

Desafios Fisiológicos e Psicológicos

Fisiologia do Esforço

Muito Obrigado
Pela vossa
atenção

José A. Parraca

jparraca@uevora.pt

Departamento de Desporto e Saúde;
Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano;
Comprehensive Health Research Centre (CHRC);
University of Évora

