

# Escopo da resposta metabólica



Taxa metabólica máxima  
(esforço sustentado)



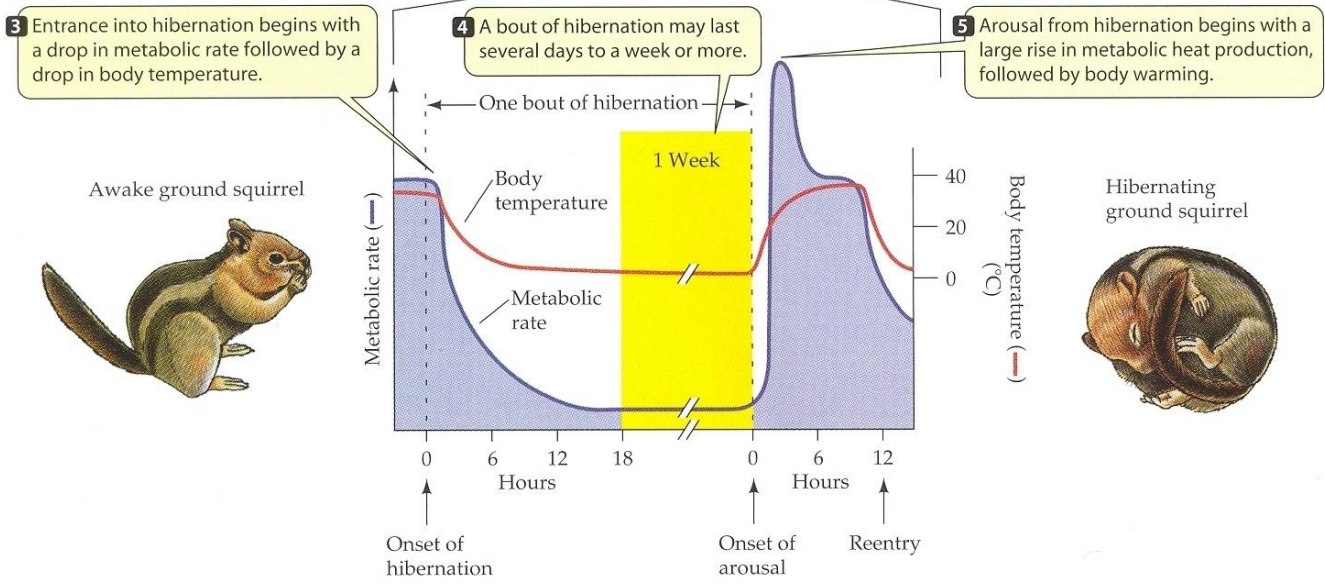
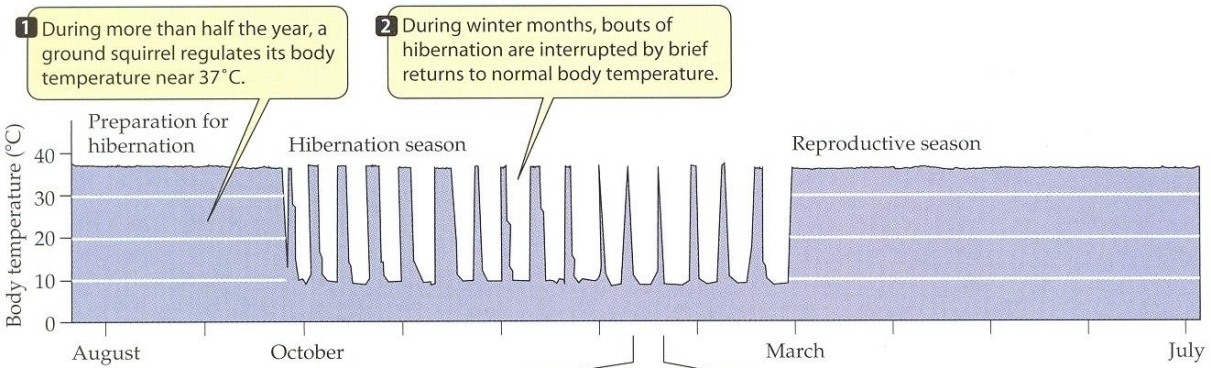
Taxa metabólica basal,  
padrão (repouso)



Depressão metabólica  
(hibernação, estivação)



# Depressão metabólica

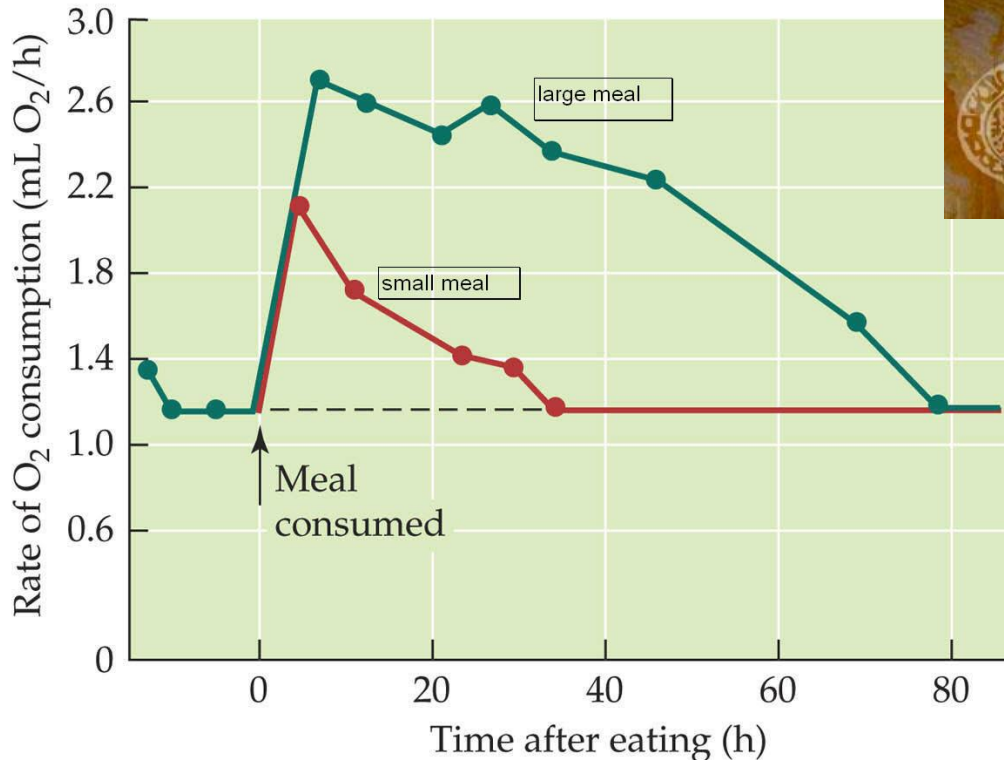




# Ação dinâmica específica



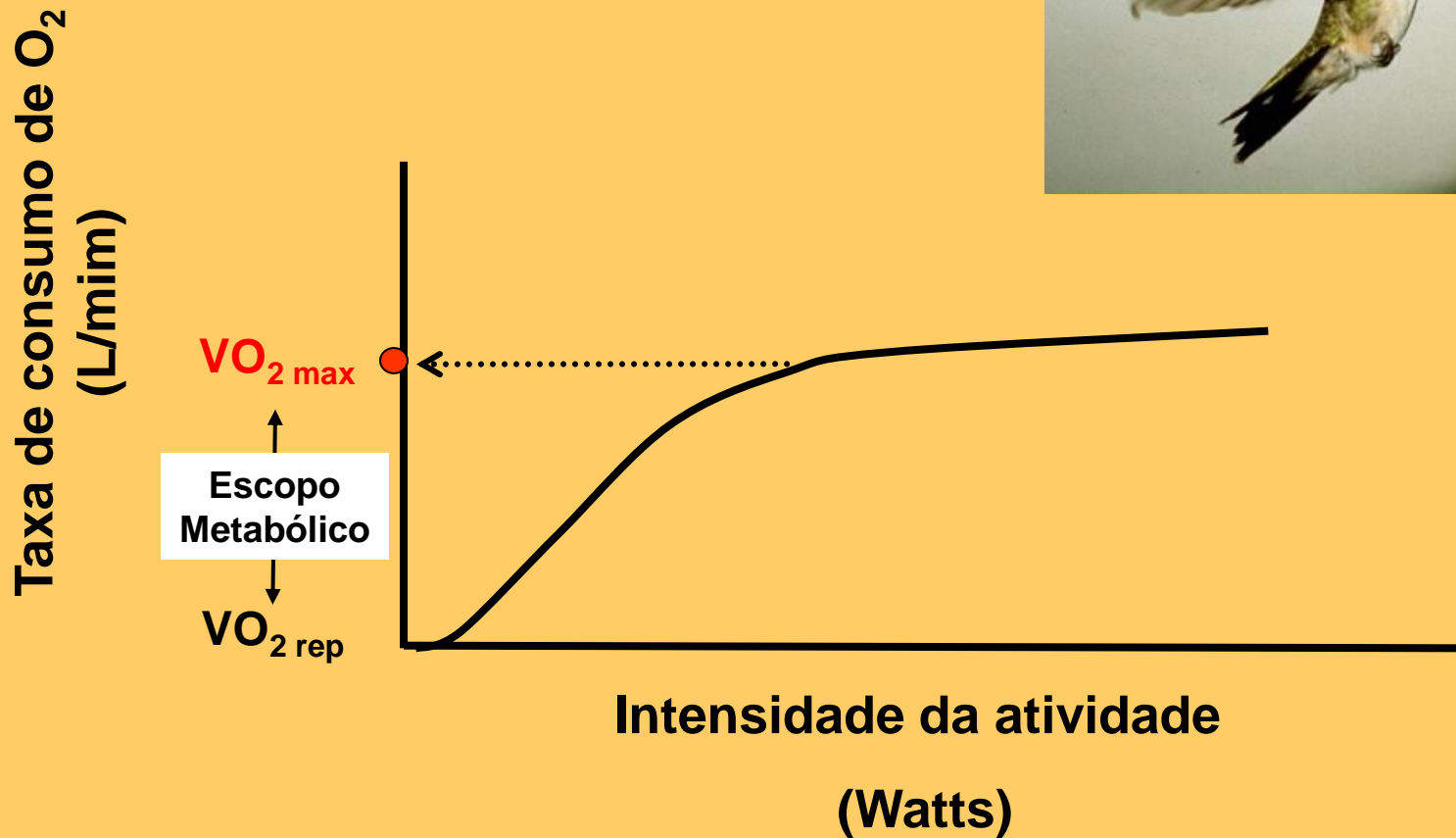
(b) SDA in flatfish



**Magnitude associada ao hábito alimentar**

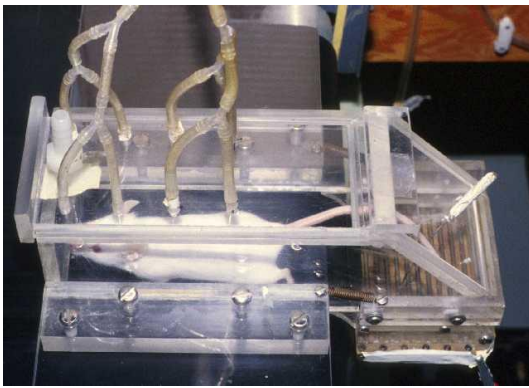
**Aumento da atividade dos órgãos gastro-intestinais, processamento dos nutrientes pelo fígado, redirecionamento da circulação, aumento da frequência cardíaca e débito cardíaco.**

# Taxa máxima de consumo de oxigênio



A taxa de consumo de oxigênio não aumenta indefinidamente!

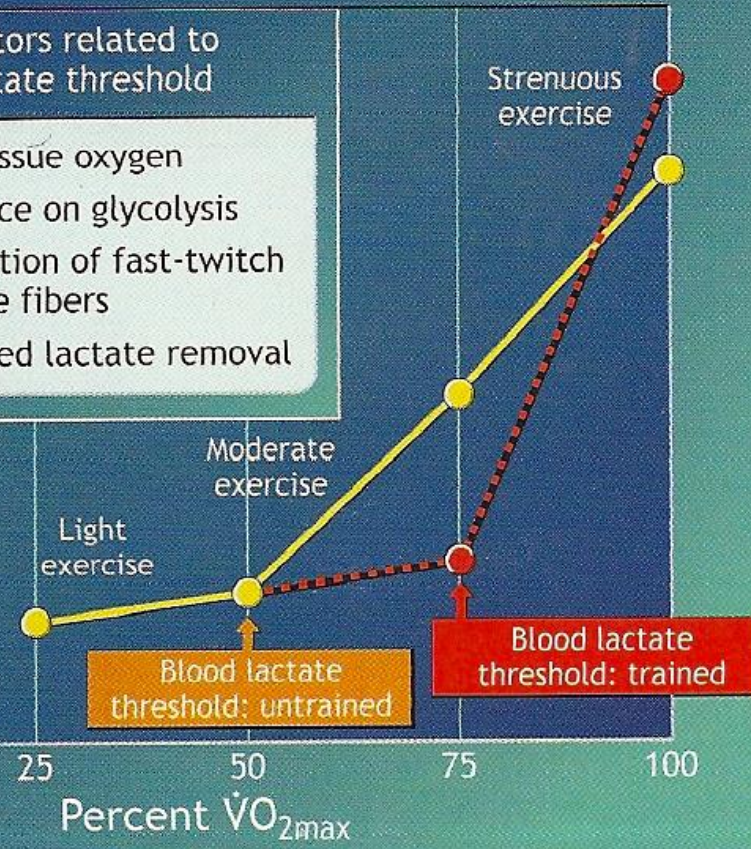




## Blood lactate concentration

### Factors related to lactate threshold

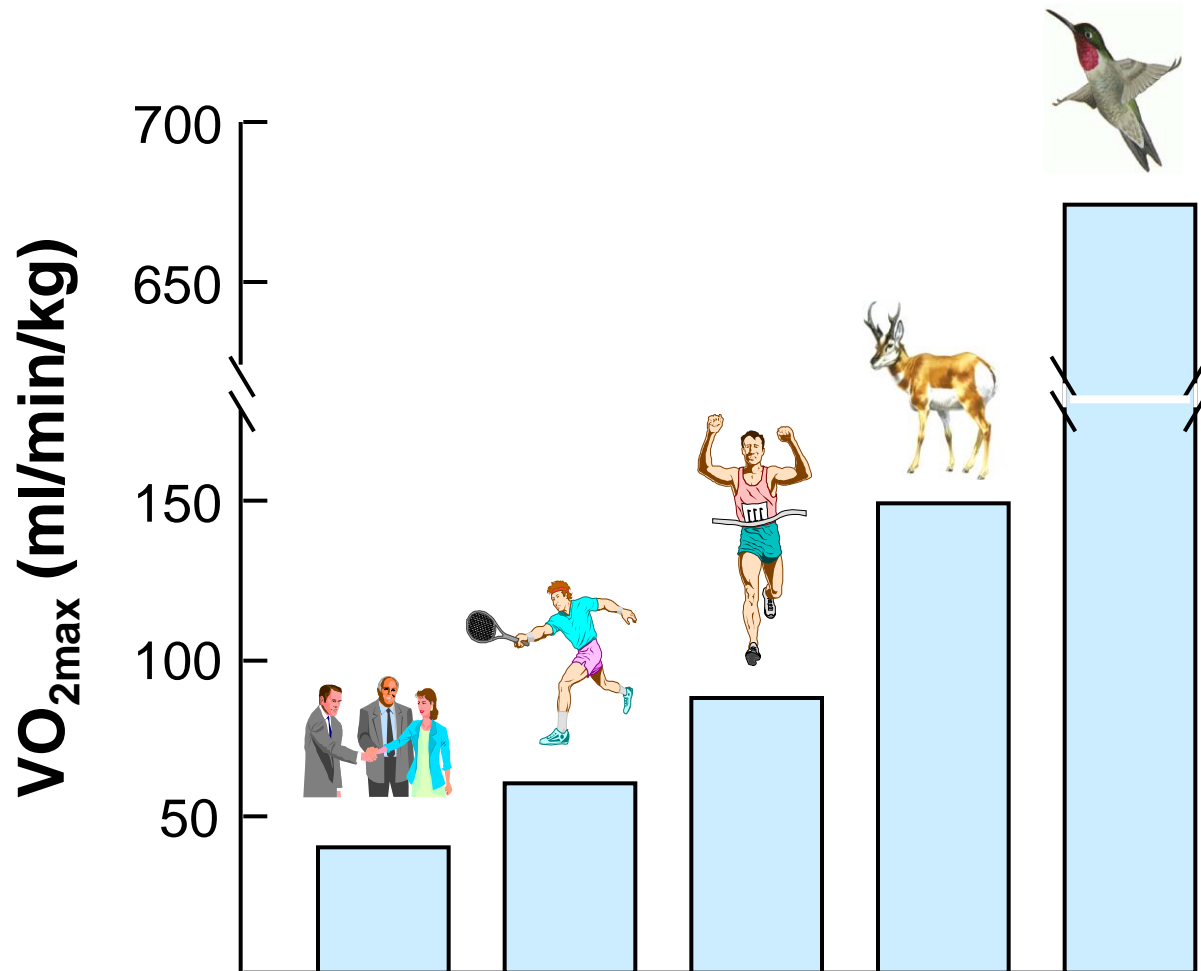
- Low tissue oxygen
- Reliance on glycolysis
- Activation of fast-twitch muscle fibers
- Reduced lactate removal



- Blood lactate: untrained
- Blood lactate: trained

Figure 7.2 Blood lactate concentration for trained and untrained subjects at different levels of exercise expressed as a percentage of maximal oxygen consumption ( $\dot{V}O_{2max}$ ).

# Existe variação intra e inter-específica da taxa máxima de consumo de oxigênio







*Antilocapra americana* pode sustentar corrida, aerobiamente, a uma velocidade quase duas vezes maior que os mais rápidos cavalos de corrida!

$$V_{O_2\max} = 300 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

Frank Shorter

$$V_{O_2\max} = 71 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$



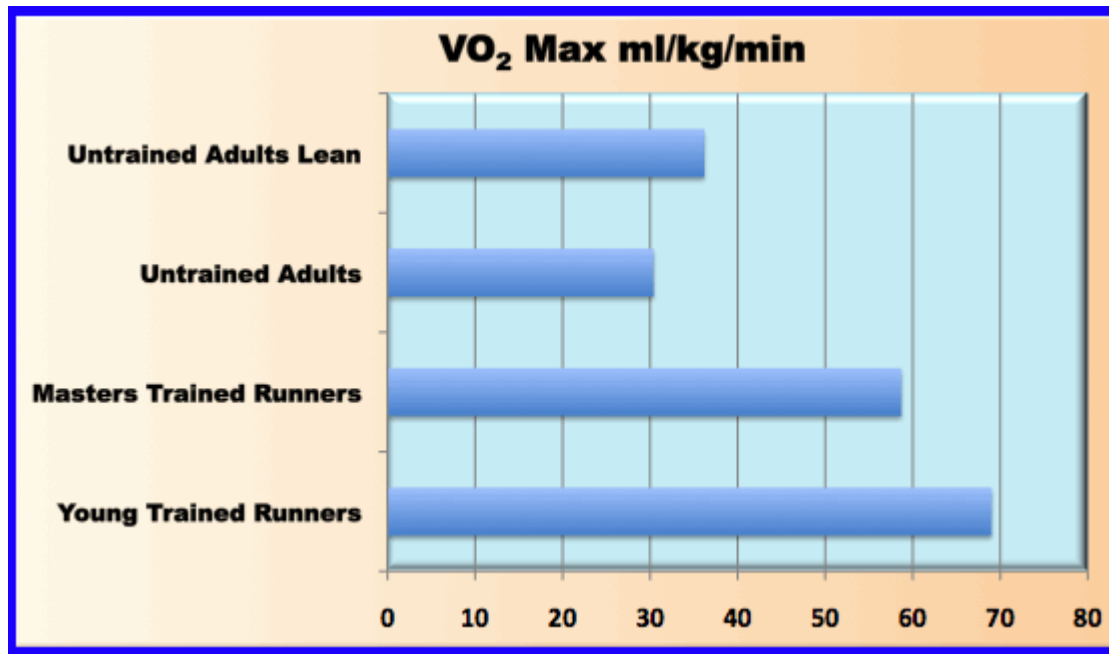
Embora este  $V_{O_2\max}$  específico seja apenas  $\frac{1}{4}$  daquele apresentado pelos esfingídeos durante o vôo, não deixa de ser impressionante!

Mas como esta proeza aeróbia evoluiu?





# Fatores que determinam a taxa máxima de consumo de oxigênio



## HUMANOS

- ✓ Idade
- ✓ Sexo
- ✓ Herança genética (25 a 50%)
- ✓ Treinamento (20 a 40% em relação à massa corpórea)

**Limitação central** – Capacidade de oferta de oxigênio para a musculatura em atividade (Ventilação, débito cardíaco, conteúdo máximo de O<sub>2</sub> no sangue arterial).

**Limitação periférica** – Capacidade de consumo de oxigênio pela musculatura em atividade (potencial oxidativo).

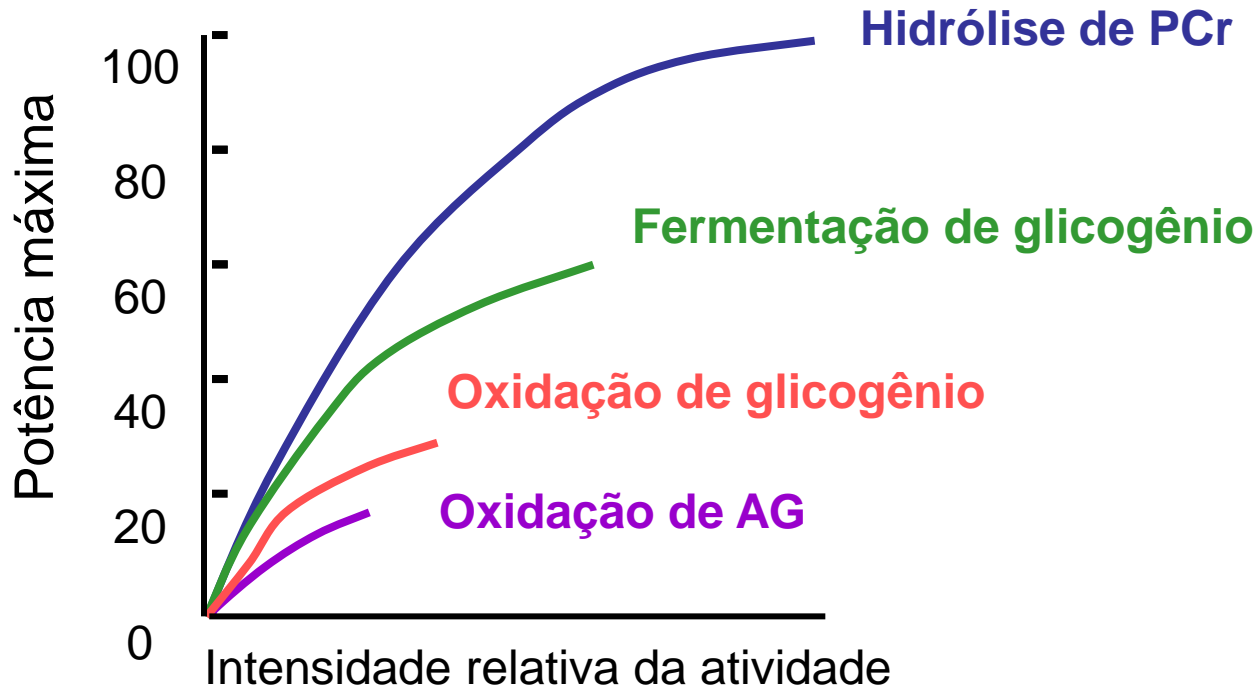
Indivíduos (ou espécies) caracterizados por altos valores de  $Vo_2$  max serão aqueles que apresentam melhor desempenho em uma prova de longa distância?

Nem sempre...

O  $Vo_2$  max interage com outros fatores na determinação do desempenho em provas de longa distância percorrida:

- ✓ Disponibilidade de substratos energéticos;
- ✓ Intensidade x duração do exercício sustentado.
- ✓ % do  $Vo_2$  max sustentado.

Diferentes substratos energéticos e vias de oxidação podem gerar diferentes potências máximas!





# Estoques energéticos intra-musculares em humanos

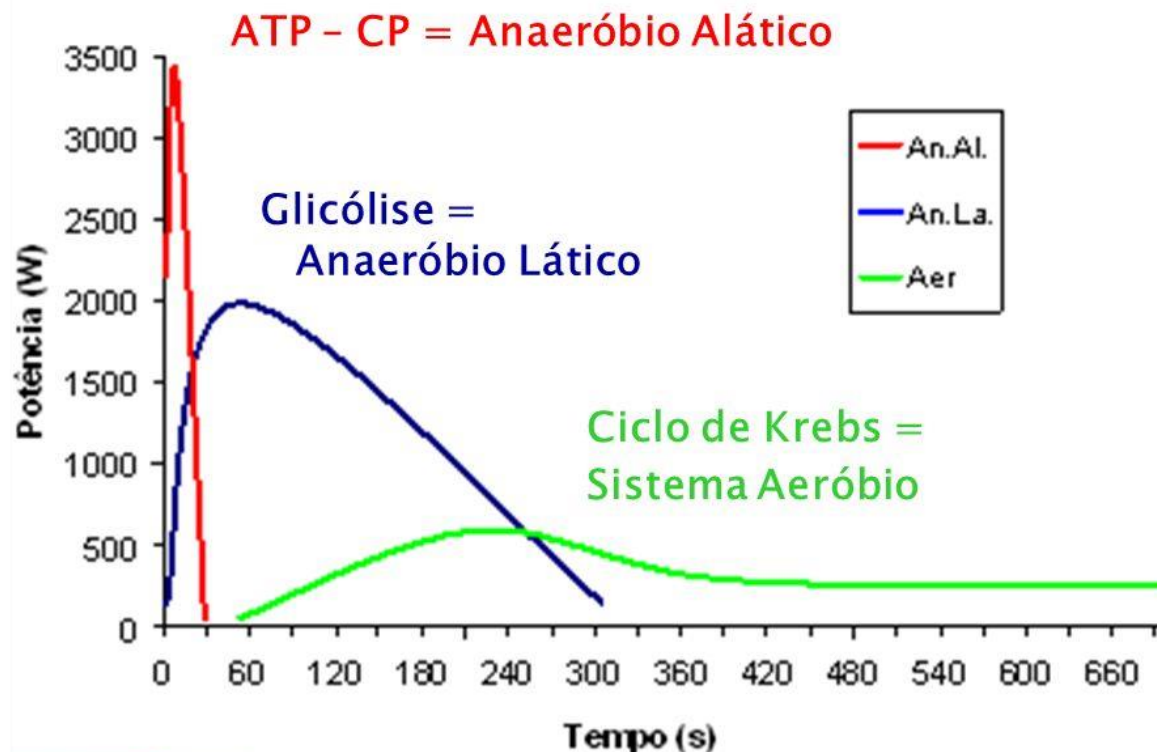
Substrato	Quantidade <sup>a</sup>	Energia disponível <sup>b</sup>
ATP	25	10
CrP	75	60
Glicogênio	370	14,200
Triglicerídeos	50	24,520
Aminoácidos, proteínas	?	Normalmente pouco usados

<sup>a</sup>  $\mu\text{mol/ g massa seca}^{-1}$

<sup>b</sup>  $\mu\text{mol} \sim \text{P g massa seca}^{-1}$

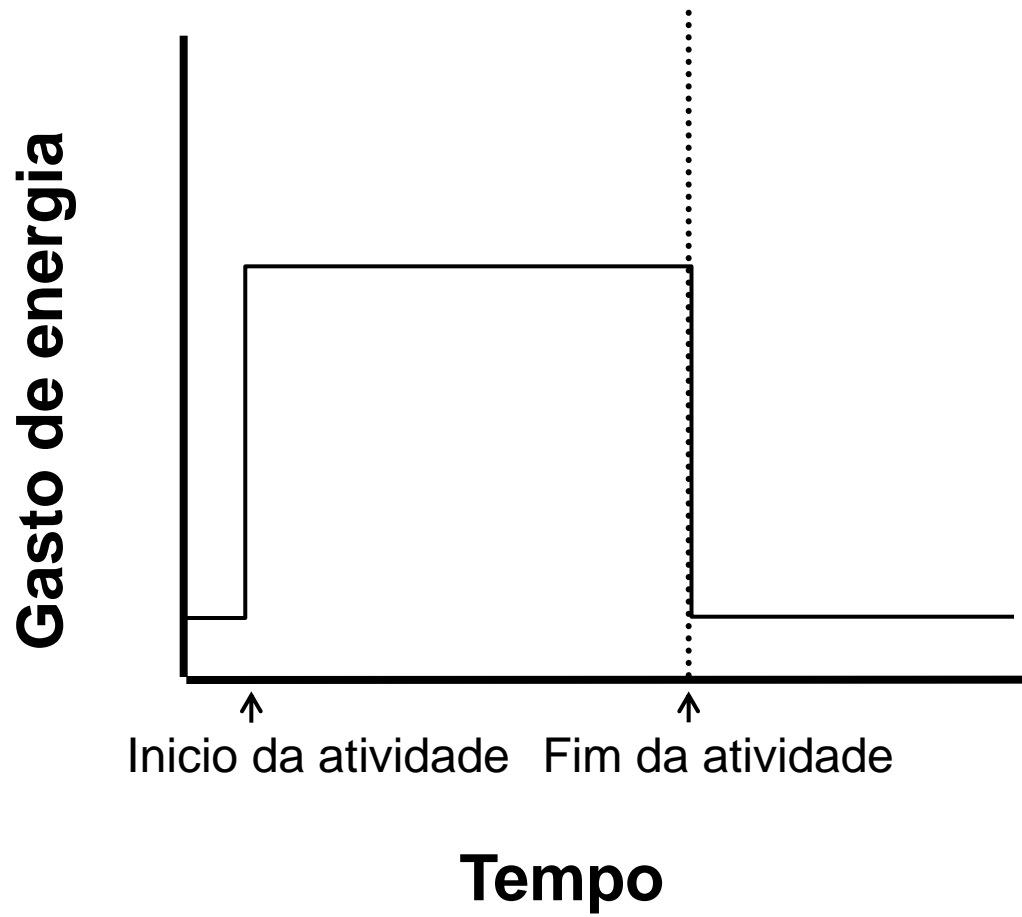
De: Hochachka and Somero (1984)

# Curso temporal dos ajustes em uso de substratos energéticos durante o exercício

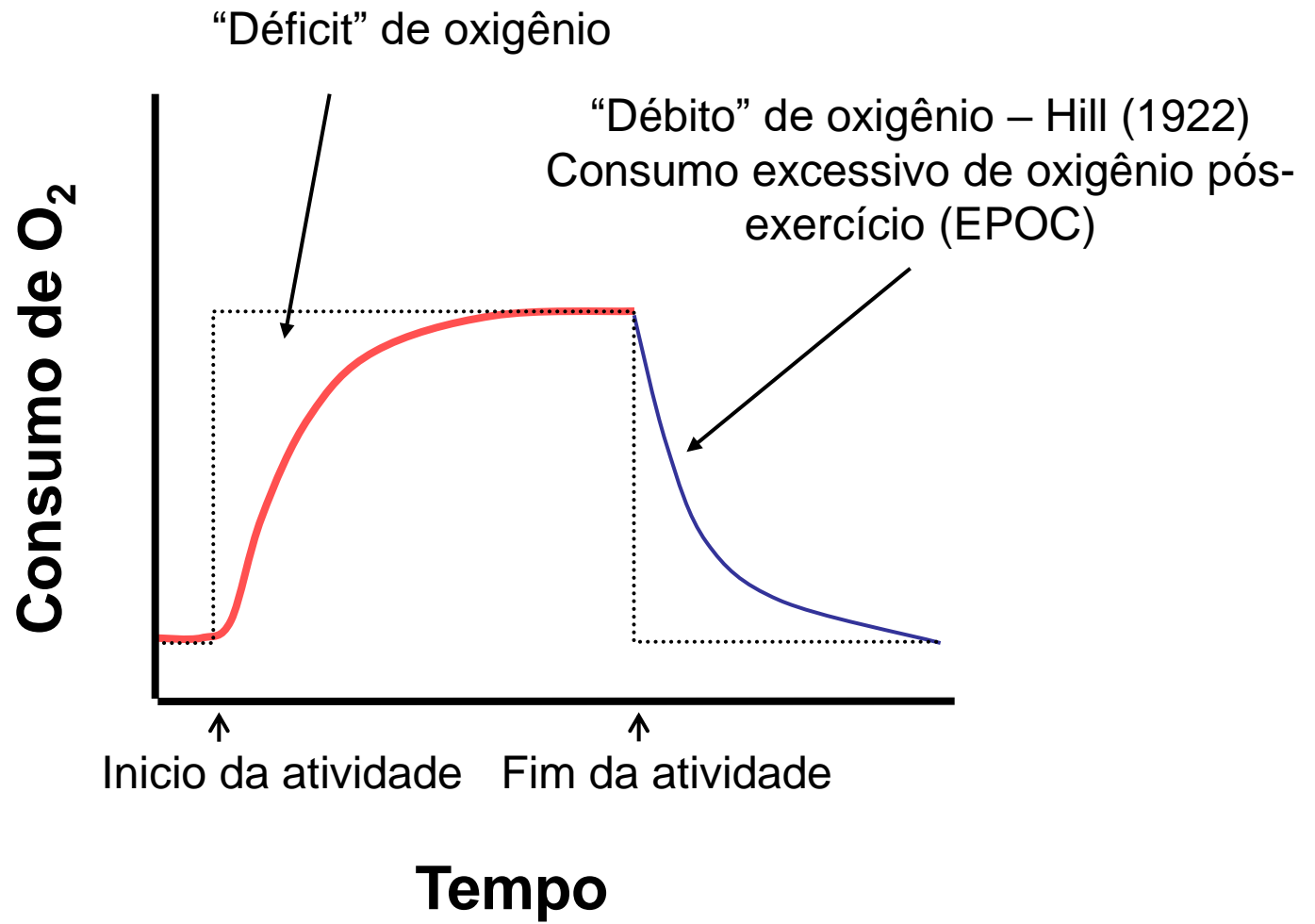


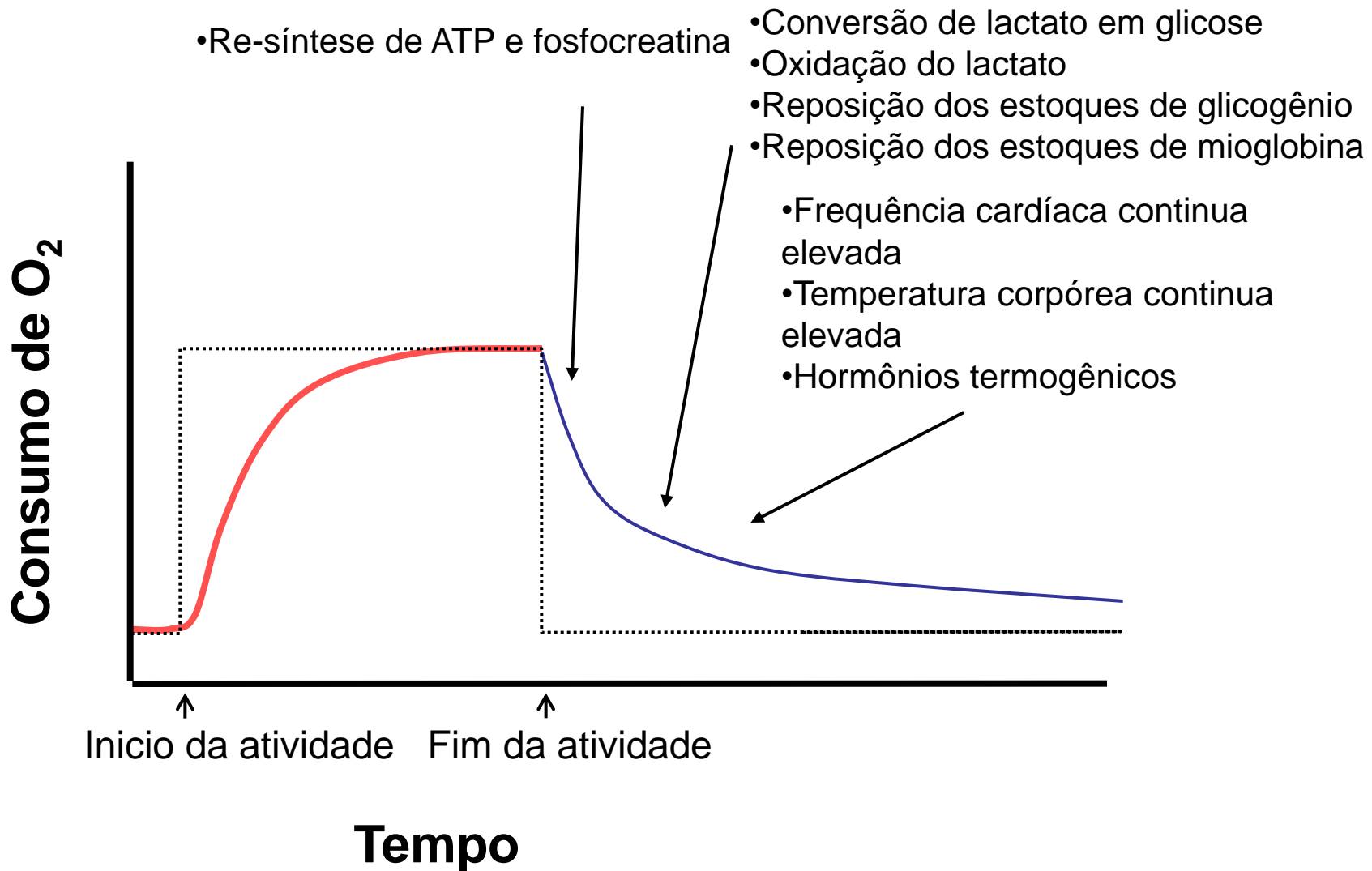
<http://slideplayer.com.br/slide/8573201/>

- ✓ A [ATP] na fibra muscular permanece estável, porém as taxa de síntese (moles de ATP/mol de substrato/tempo) diminui ao longo do exercício
- ✓ Potência e velocidade máximas diminuem com o tempo de exercício sustentado!

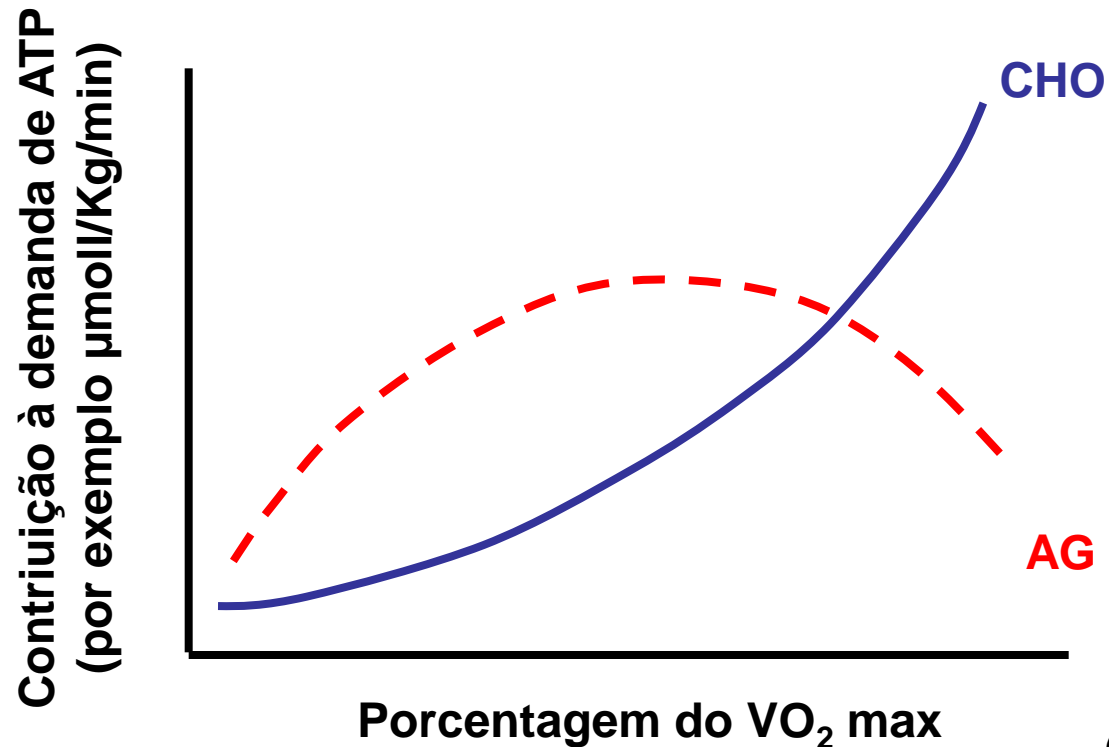








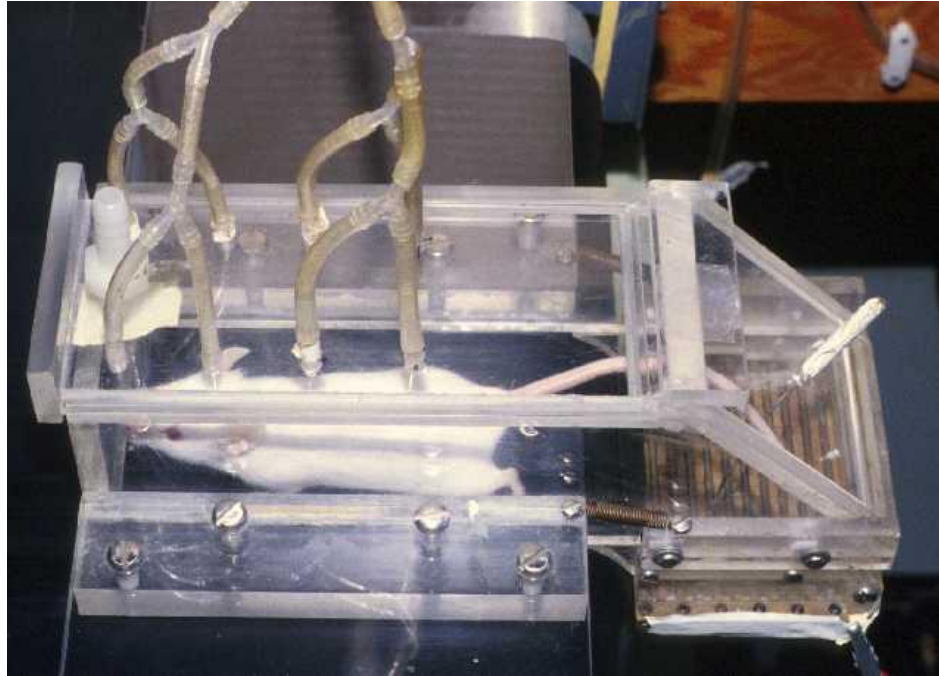
O exercício aeróbio em mamíferos pode ser predominantemente sustentado por carboidratos ou lipídios dependendo da intensidade!



(Modificado de Brooks, 1998)

Como podemos saber que tipo de substrato energético está sendo oxidado?





**Medida do quociente respiratório:  $QR = \frac{CO_2 \text{ formado}}{O_2 \text{ usado}}$**

QR normalmente varia entre 1,0 e 0,7. Quanto mais próximo de 1,0, maior é a proporção de carboidratos oxidados. Quanto mais próximo de 0,7, maior é a proporção de lipídios oxidados.

E quando obtemos um valor intermediário, por exemplo, 0.8?

## Substratos e eficiência no armazenamento de energia

	Água (g/g)	O <sub>2</sub> /g (L/g)	E (kcal/g)	E (kcal/L O <sub>2</sub> )
Carboidratos	2-3	0,84	4,2	5,0
Lipídeos	0	2,0	9,4	4,7
Proteína	2-3	0,96	4,3	4,3

Lipídeos: Forma mais eficiente de armazenamento de E.  
Não atravessam facilmente barreira hemato-encefálica.  
Baixa taxa de transporte para a musculatura.

Carboidratos: Forma menos eficiente de armazenamento de E.  
Essenciais para funcionamento do SNC.  
Essenciais para que a musculatura atenda a súbitos aumentos de demanda energética.

# Fadiga pode ocorrer em provas de longa duração associada à depleção das reservas de glicogênio!



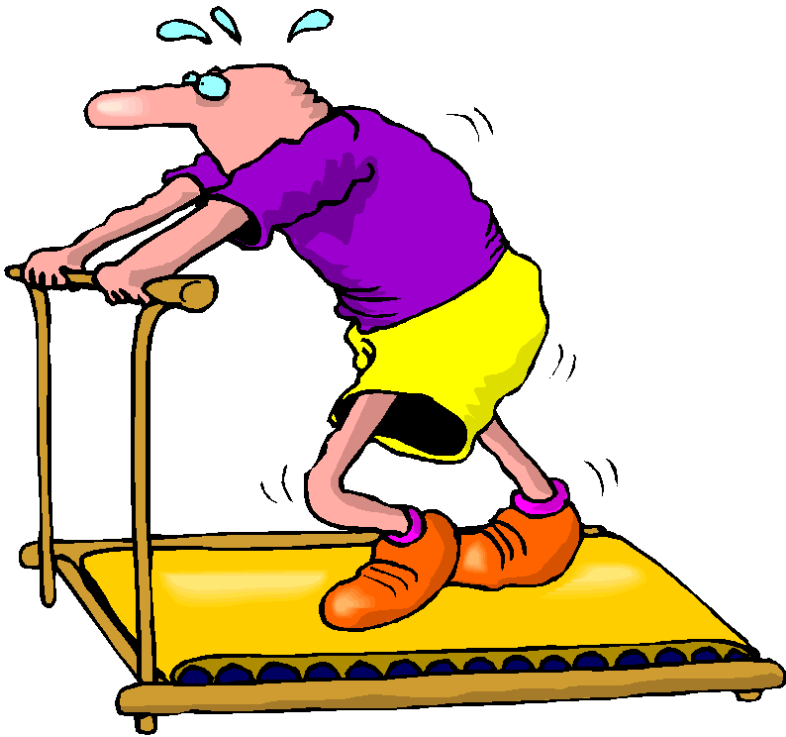
Lacy Atkins / The Chronicle



<http://rocknrunner.blogspot.com.br/2013/12/hitting-wall.html>

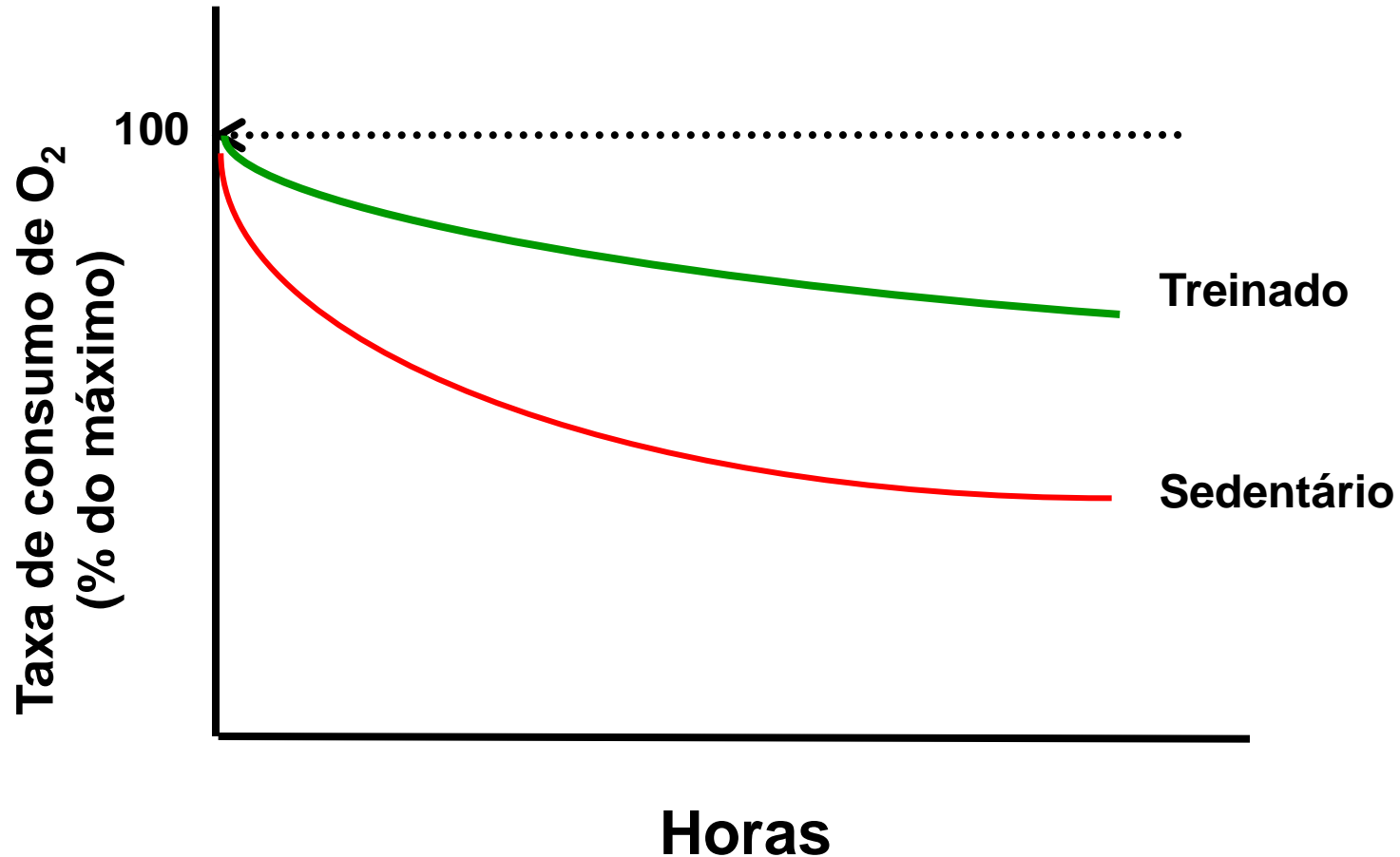


# Quando pode ocorrer depleção das reservas de glicogênio?

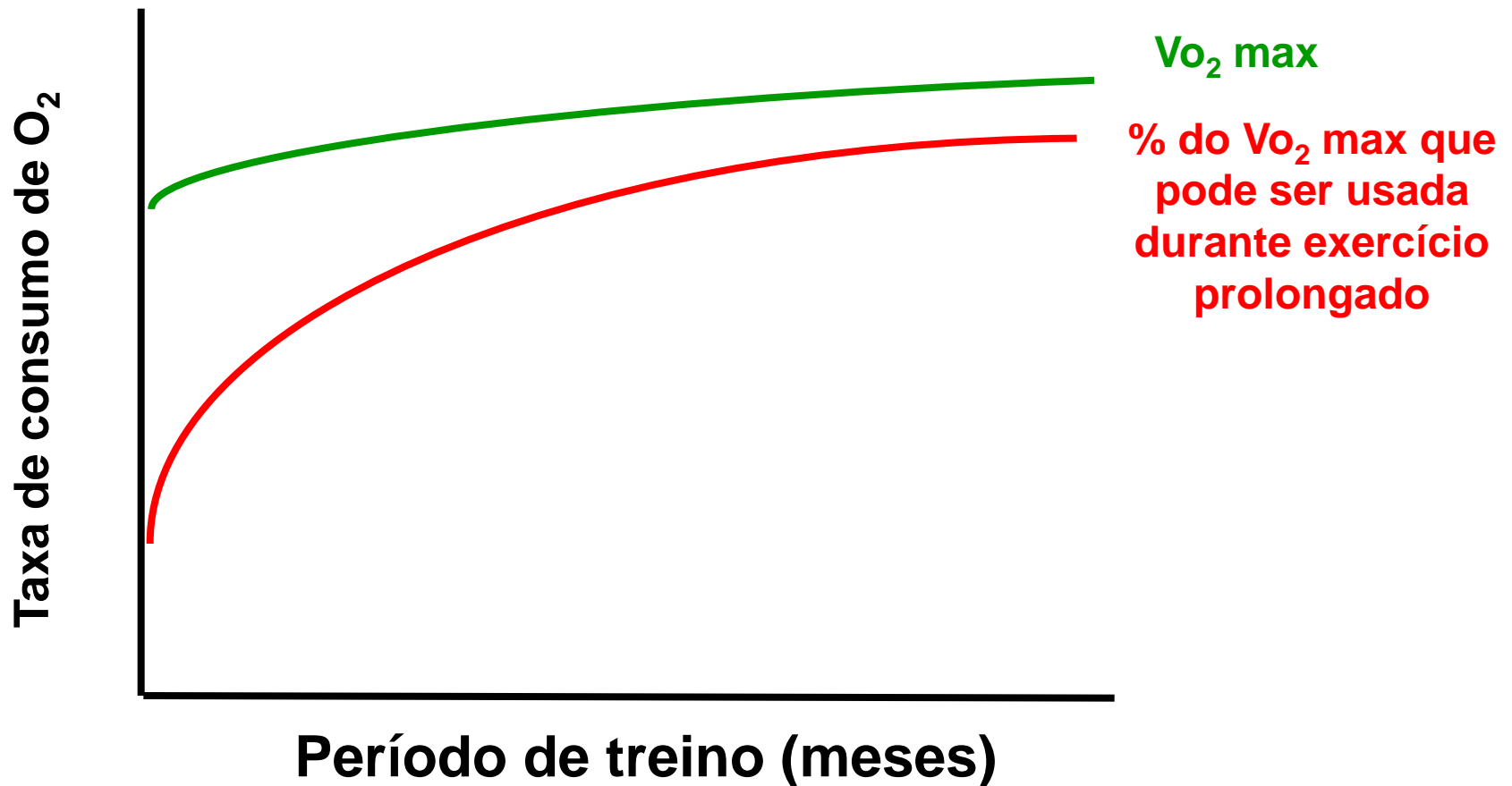


- ✓ Humanos: ultramaratona e maratona; bicicleta ergométrica a 75%  $Vo_2$  max por duas horas (com 5 minutos de intervalo a cada meia hora);
- ✓ Ratos: 3 blocos de 30 minutos de natação separados por 5 minutos de intervalo;
- ✓ Cobaias: 30 minutos na esteira.

Estado de treinamento afeta a porcentagem do  $\text{Vo}_2$  max que pode ser sustentado durante uma prova!

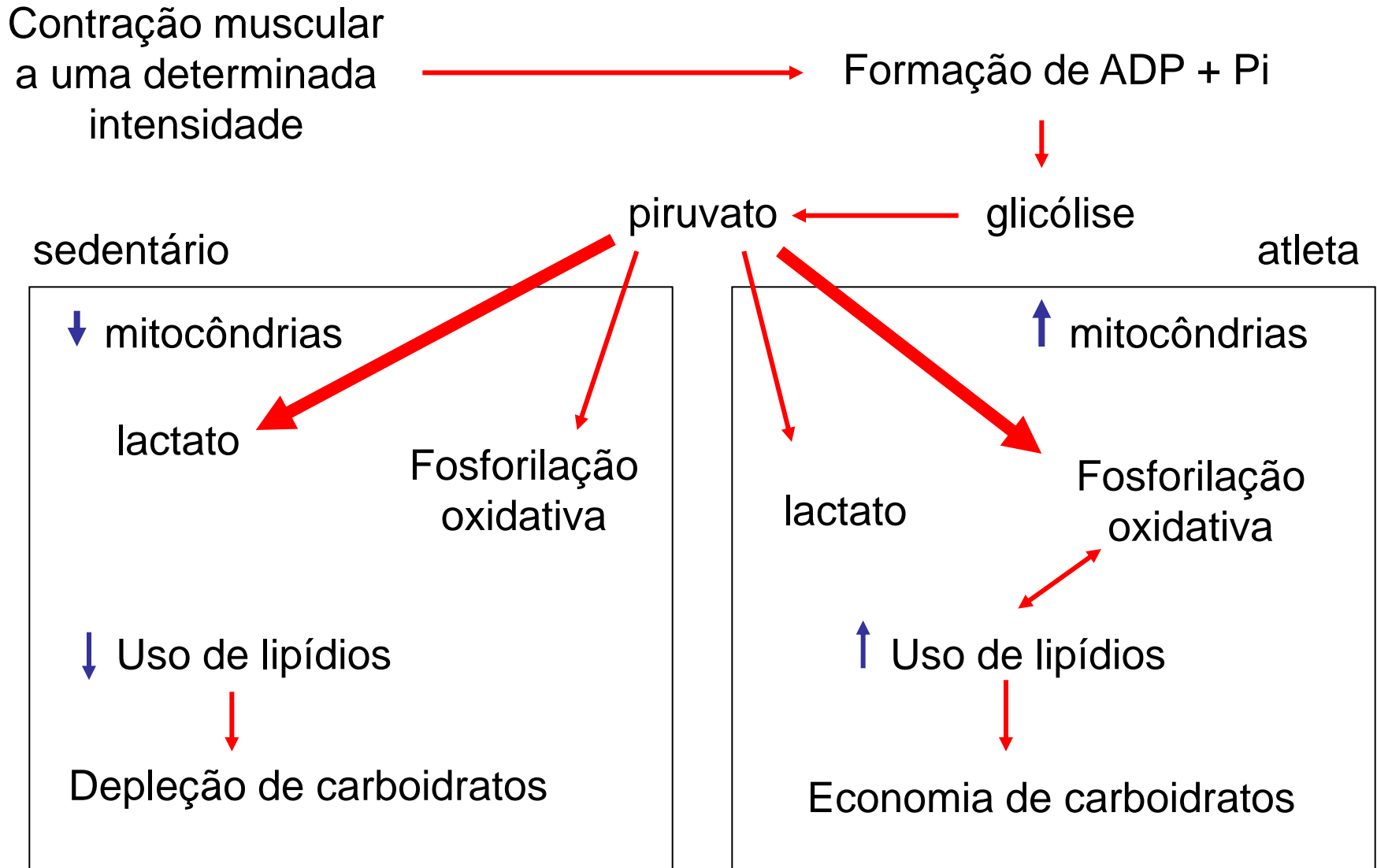


Estado de treinamento afeta a porcentagem do  $\text{Vo}_2$  max que pode ser sustentado durante uma prova!



Uma alteração da % do  $\text{Vo}_2$  max sustentado por um longo período representa uma mudança no limiar de lactato.

O limiar do lactato representa a intensidade de exercício em que uma alteração da concentração de lactato no sangue começa a ser detectada.



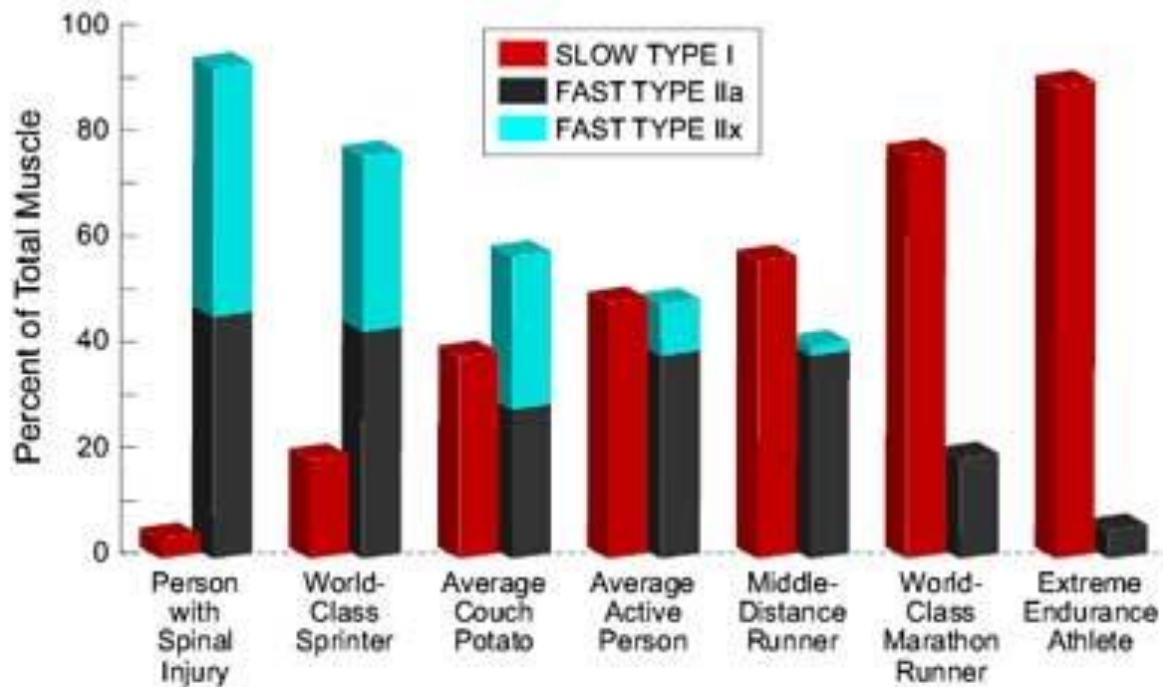


# Treinamento e plasticidade fenotípica

Aumento de massa muscular e mudança da composição de fibras, modificando o perfil metabólico e o desempenho do atleta!

	<b>Tipo I (SO – slow oxidative)</b>	<b>Tipo II A (FOG – fast oxidative glycolitic)</b>	<b>Tipo II B (FG – fast glycolitic)</b>
Diâmetro de fibra	Pequeno	Intermediário	Grande
Taxa de contração	Lenta	Rápida	Rápida
[Glicogênio]	Baixa	Alta	Alta
Capacidade glicolítica	Baixa	Alta	Alta
Resistência à fadiga	Alta	Moderada	Baixa
Densidade capilar	Alta	Intermediária	Baixa
Densidade mitocondrial	Alta	Intermediária	Baixa

# Treinamento e plasticidade fenotípica



<http://www.nacoladata.com/velocista-vs-maratonista/#.WCYDnPkK8>

# Hipertermia pode representar um fator limitante em provas de longa duração!



Importância da ingestão de líquidos e fontes de energia durante provas como a maratona e, principalmente, ultramaratona, sob condições climáticas desfavoráveis.

O suor é um dos mecanismos através dos quais mamíferos evitam hipertermia.

A ingestão de água é fundamental para a reposição dos fluidos perdidos com o suor.

## A ultramaratona no deserto: dromedário x cavalo



Um dromedário pode percorrer os 300 km entre o Cairo e Gaza em dois dias!

Em um dia, ambos percorreram 176 km, e o cavalo chegou um pouco na frente. Entretanto,...

O cavalo morreu no dia seguinte!





Yiannis Kouros já correu 1600 km em 10,4 dias (em média, 153,4 km por dia).

Só que ele era suprido com líquidos e alimento durante a prova, evitando a depleção energética e o superaquecimento...





Seus rins podem concentrar urina até que esta atinja osmolaridade de duas vezes a da água do mar.

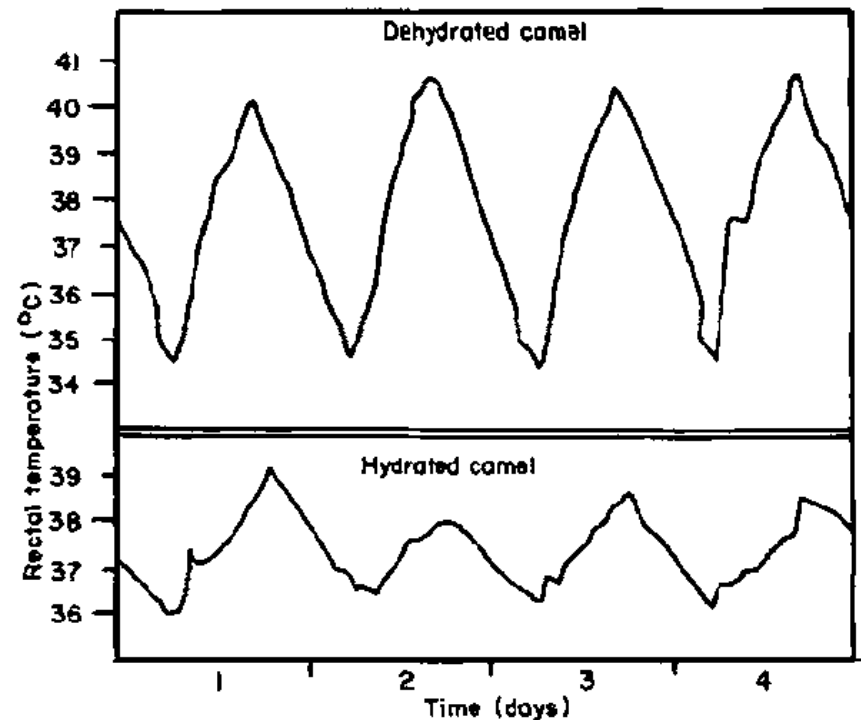
Apresentam regionalização da cobertura de isolamento térmico.

Quando desidratados, toleram ampla variação da temperatura corpórea.

Reserva energética;

Sobrevivem à perda de água equivalente a 40% da massa corpórea!

Podem ingerir até 20 a 25% da massa corpórea em água de uma vez, tolerando uma grande diluição do plasma!



Será que existe uma relação entre comportamento e  $Vo_2$  max entre espécies?



## Bufo

- ✓ Captura ativa de presas
- ✓ Defesa química
- ✓ Locomoção sustentada
- ✓ Maior % de fibras oxidativas nas patas traseiras
- ✓ Maior massa ventricular



<https://www.flickr.com/photos/fagnerdelfim/5968738518>



[http://www.virginiaherpetologicalsociety.com/amphibians/frogsandtoads/american-bullfrog/american\\_bullfrog.php](http://www.virginiaherpetologicalsociety.com/amphibians/frogsandtoads/american-bullfrog/american_bullfrog.php)

## Rana

- ✓ Predação senta e espera
- ✓ Fuga através de saltos
- ✓ Locomoção explosiva
- ✓ Maior % de fibras glicolíticas nas patas traseiras
- ✓ Menor massa ventricular

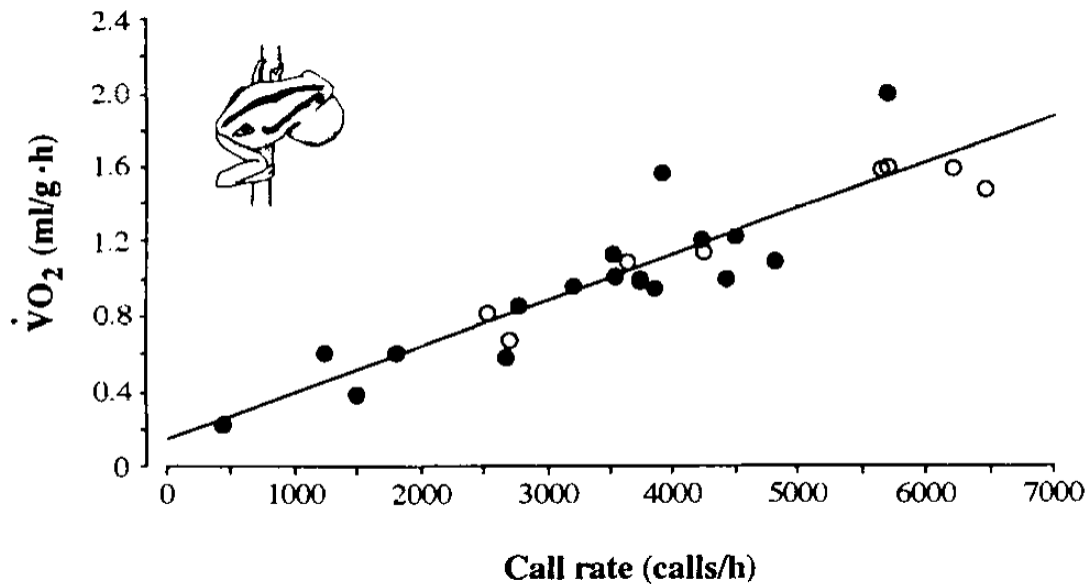




<http://www.shutterstock.com/pic-1018428/stock-photo-male-painted-reed-frog-hyperolius-marmoratus-calling-during-the-night-south-africa.html>

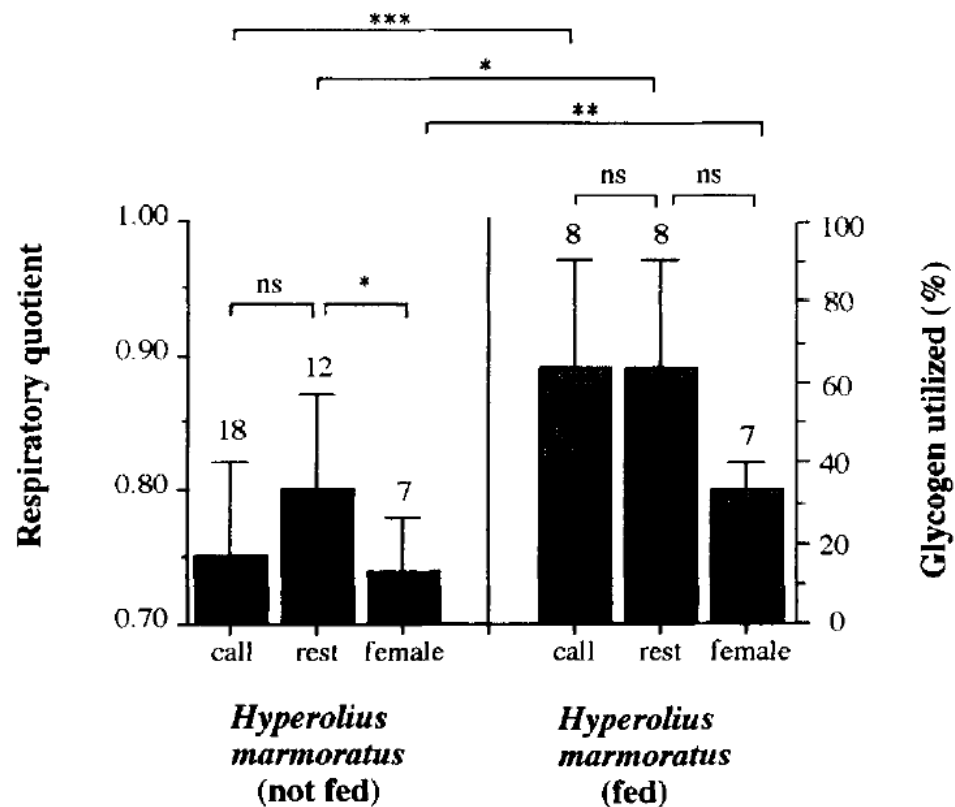
Nos anuros, os machos atraem as fêmeas para o local de reprodução através de vocalizações.

Existe uma grande variação entre indivíduos e entre espécies nas taxas de vocalização.



<http://www.shutterstock.com/pic-1018428/stock-photo-male-painted-reed-frog-hyperolius-marmoratus-calling-during-the-night-south-africa.html>

Grafe, 1996. Comp. Biochem. Physiol. 114A: 235-243.



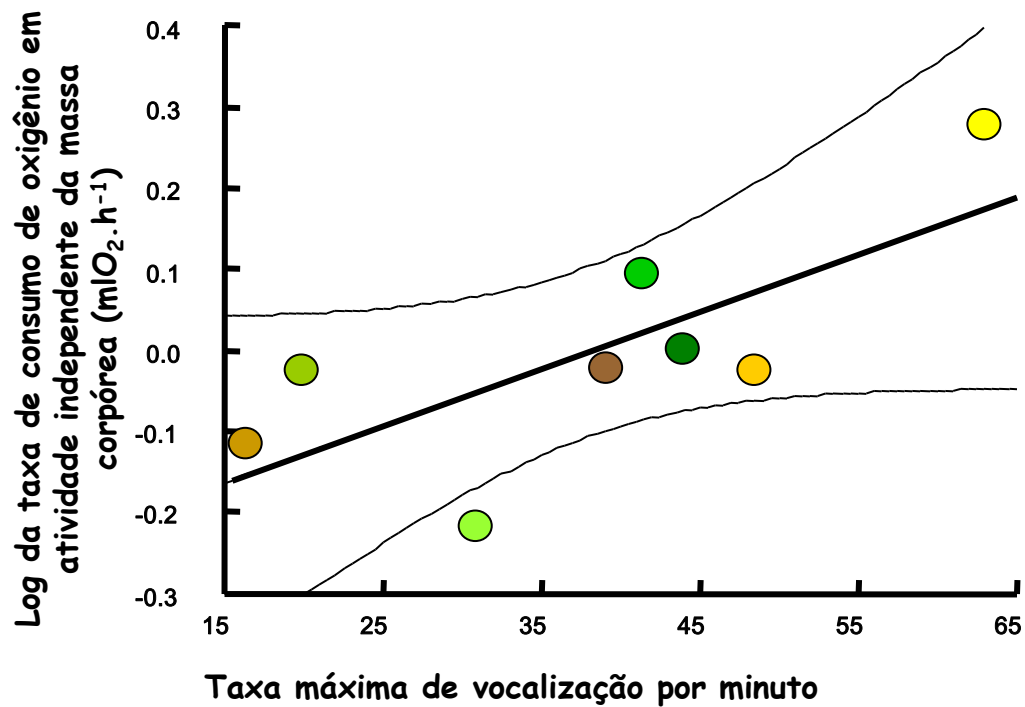




*Scinax auratus*

## Relação entre comportamento e fisiologia metabólica

As espécies que apresentam maior taxa de vocalização apresentam também uma maior capacidade aeróbia

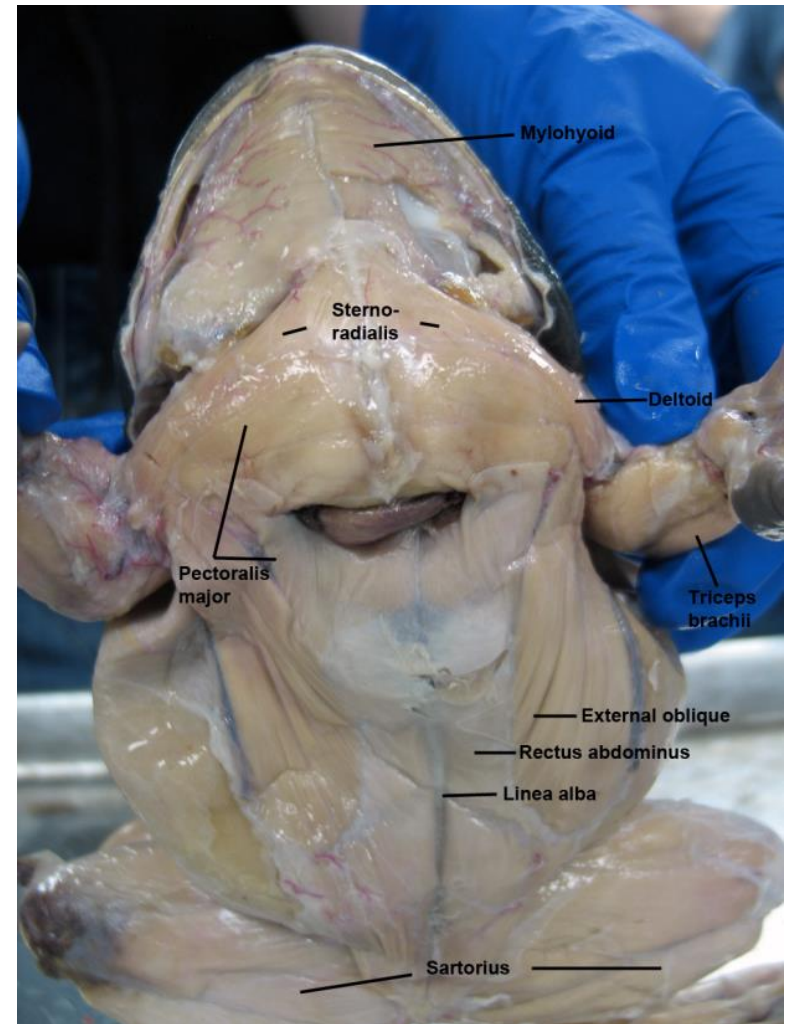


# Dimorfismo sexual da musculatura peitoral, fibras 100% oxidativas!

Foto: C.R. Bevier

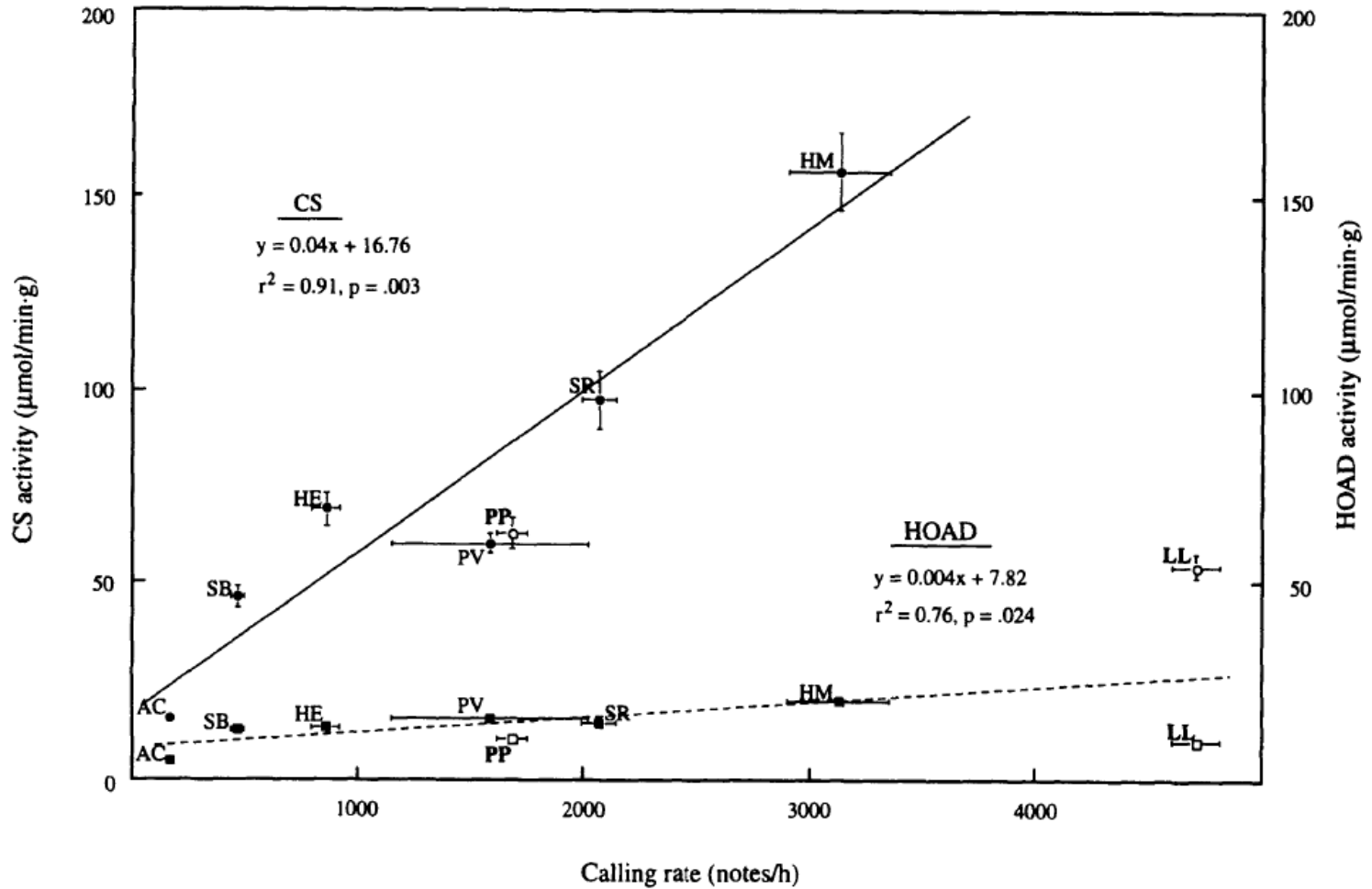


*Scinax auratus*



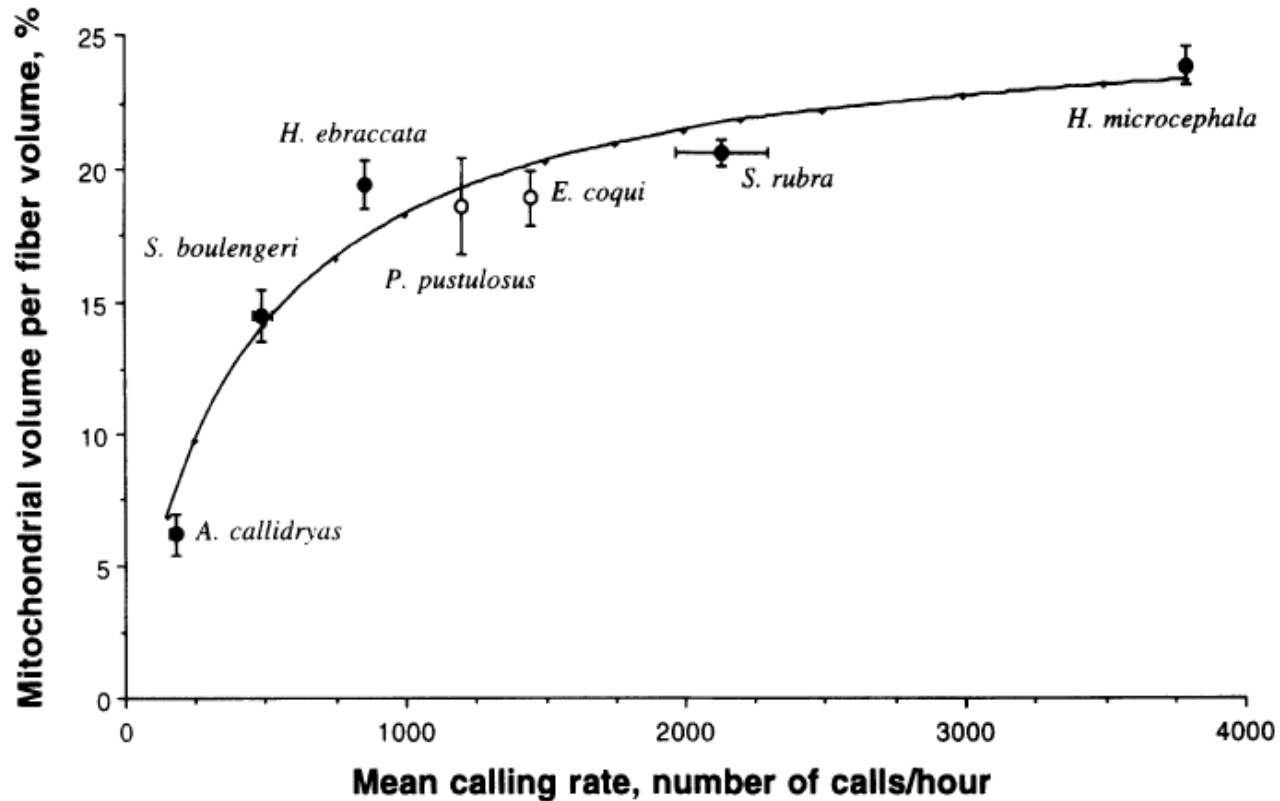
[http://www.quepid.org/wordpress/wp-content/gallery/zoology-frog/frog\\_muscles\\_ventral.jpg](http://www.quepid.org/wordpress/wp-content/gallery/zoology-frog/frog_muscles_ventral.jpg)

A capacidade aeróbia da musculatura peitoral está relacionada com a capacidade para exercício vocal!

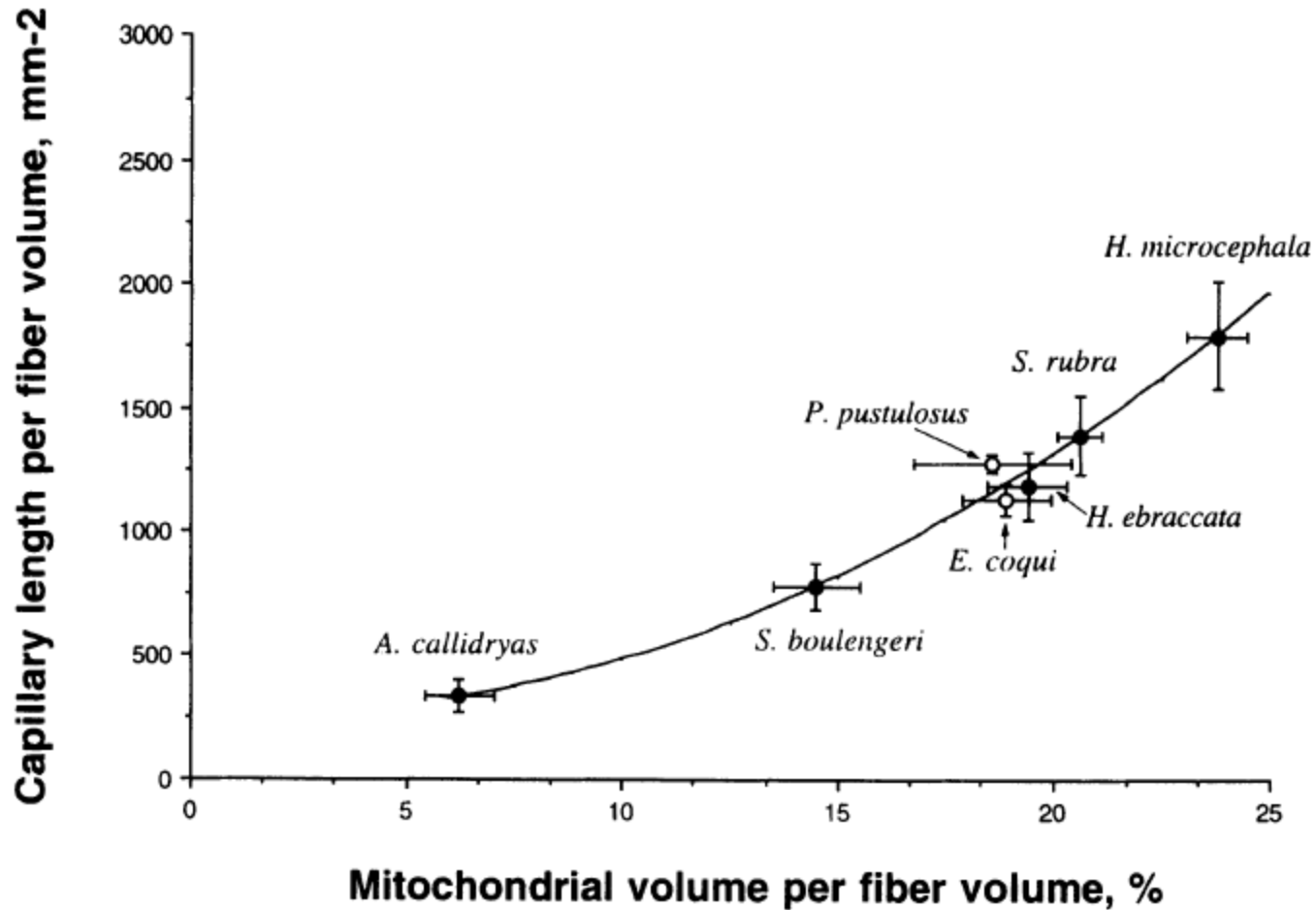


Bevier, 1995. *Physiol.Biochem. Zool.* 68: 1118-1142.

A capacidade aeróbia da musculatura peitoral está relacionada com a capacidade para exercício vocal!



A capacidade aeróbia da musculatura peitoral está relacionada com a capacidade para exercício vocal!



Ressel, 1996. *Physiol. Biochem. Zool.* 69: 952-973.