



# CONCEITOS DE TERMORREGULAÇÃO

**Jurandir Itizo Yanagihara**

**Maurício Silva Ferreira**

**Escola Politécnica - Universidade de São Paulo - Brasil**



## Classificação

- Quanto à variabilidade da temperatura corporal

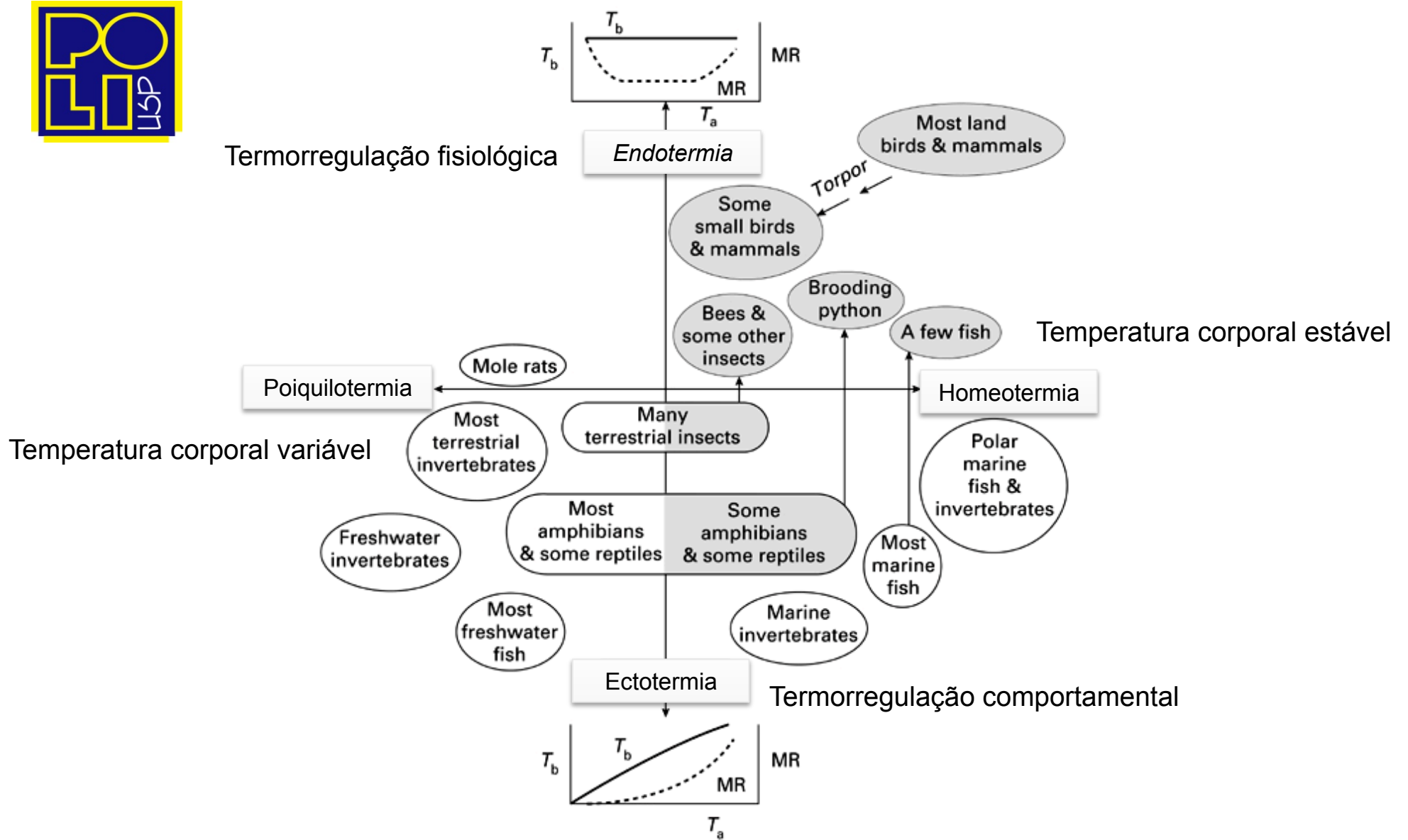
**Poiquilotérmicos** = temperatura corporal varia com a do ambiente.

**Homeotérmicos** = temperatura corporal varia pouco com a do ambiente.

- Quanto à origem da energia para a termorregulação

**Endotérmicos** = dependência da geração calor pelo metabolismo para manutenção da temperatura corporal.

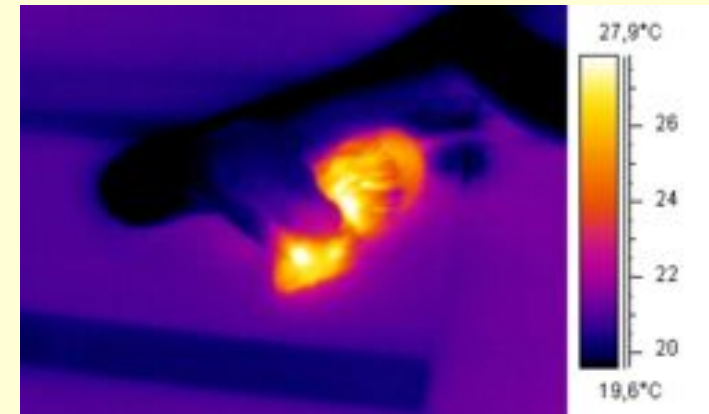
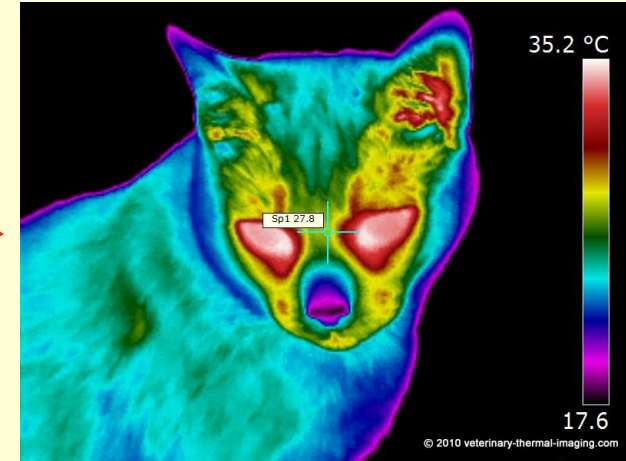
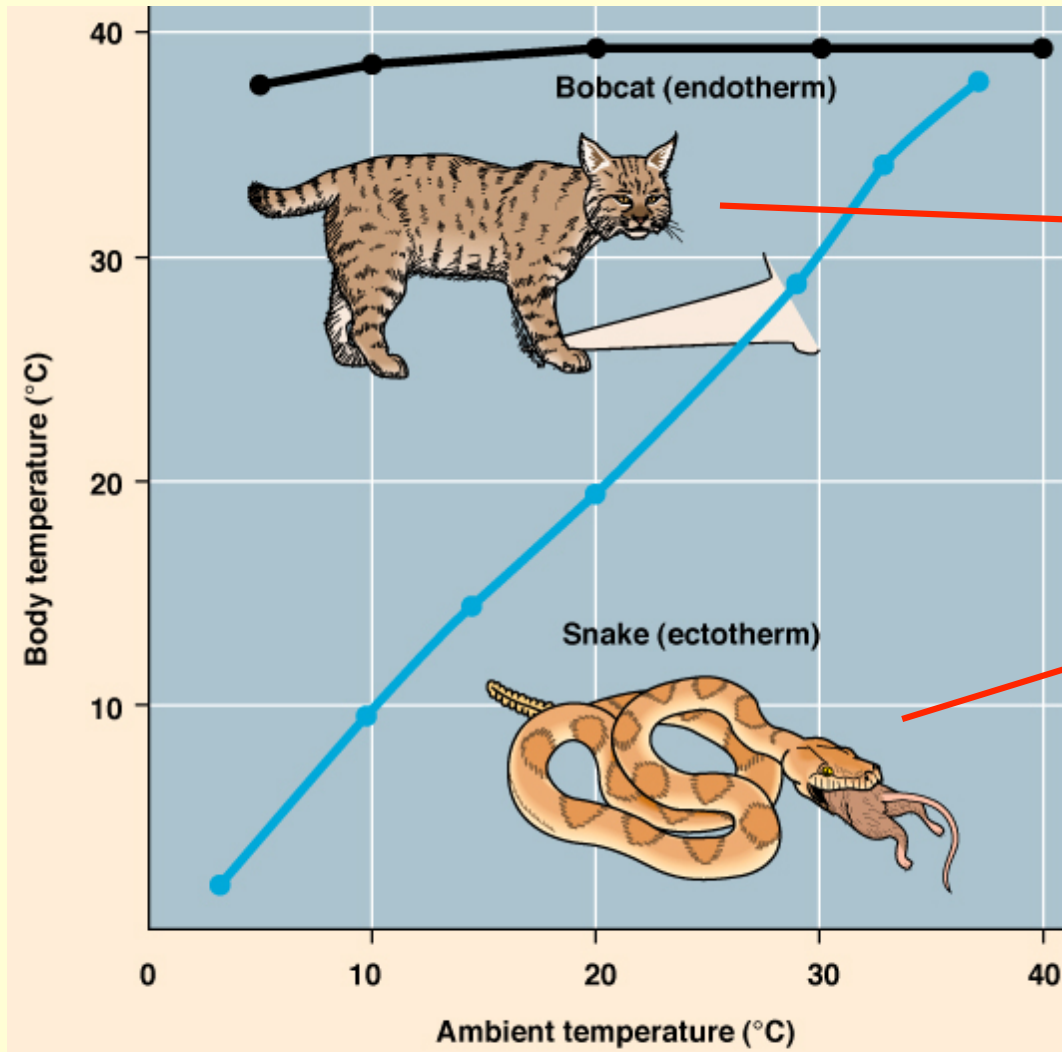
**Ectotérmicos** = dependência de calor de fontes externas para manutenção da temperatura corporal.



$T_b$  = temperatura corporal  
 $T_a$  = temperatura do ambiente  
 MR = taxa metabólica

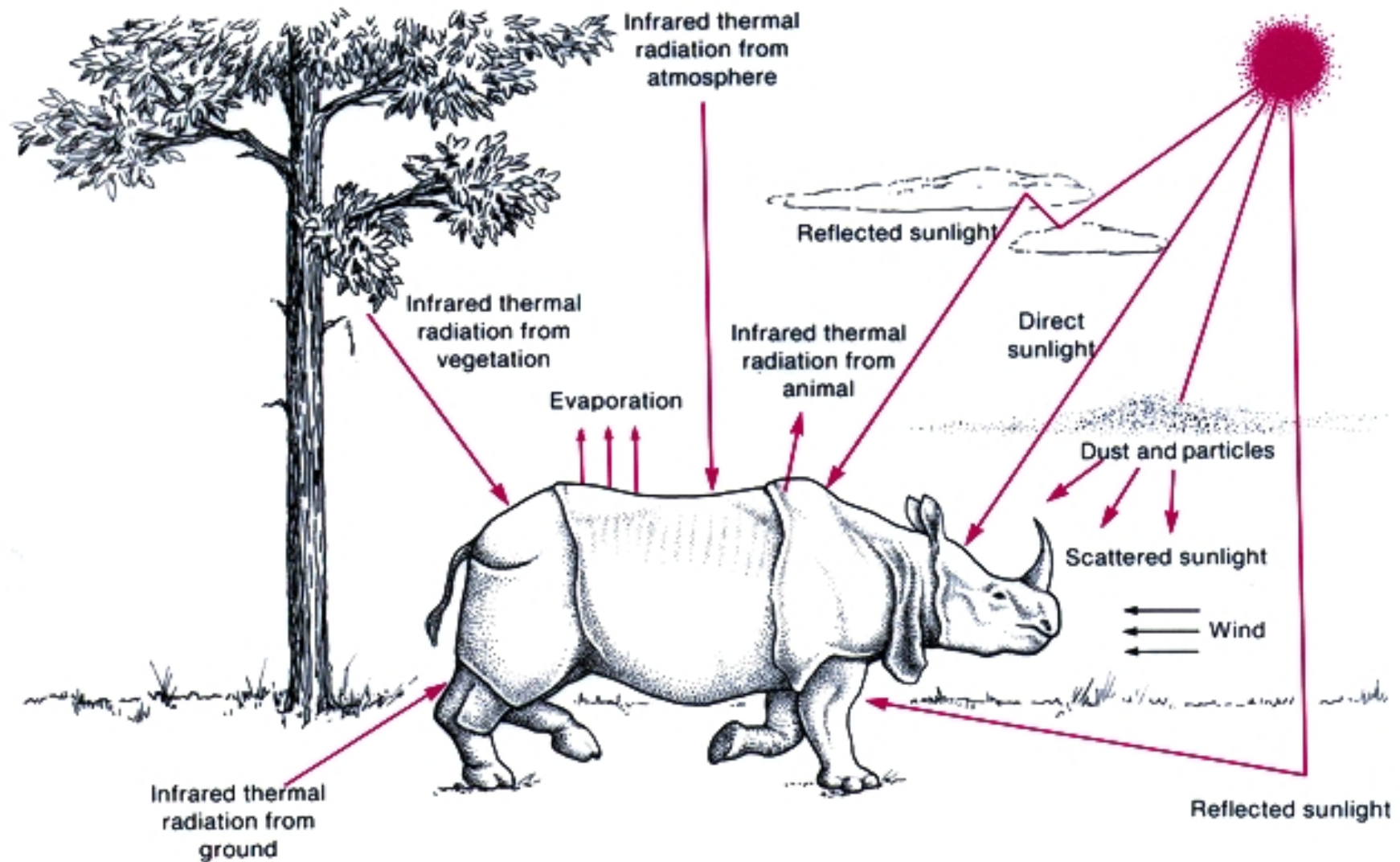


# Fonte de Calor para Termorregulação





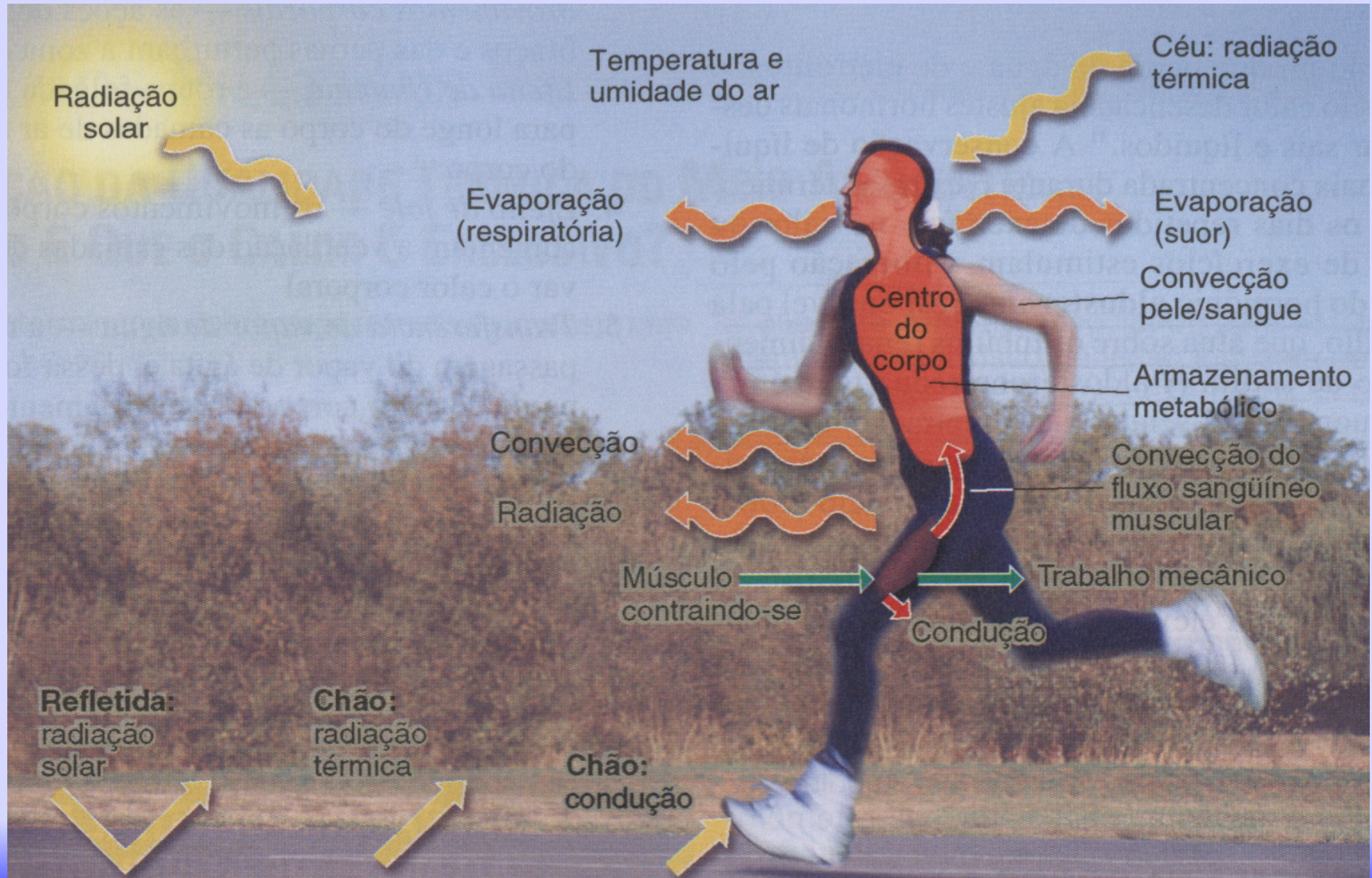
# Transferência de Calor com o Ambiente







# Transferência de Calor com o Ambiente







# Termorregulação Comportamental





# Termorregulação Comportamental





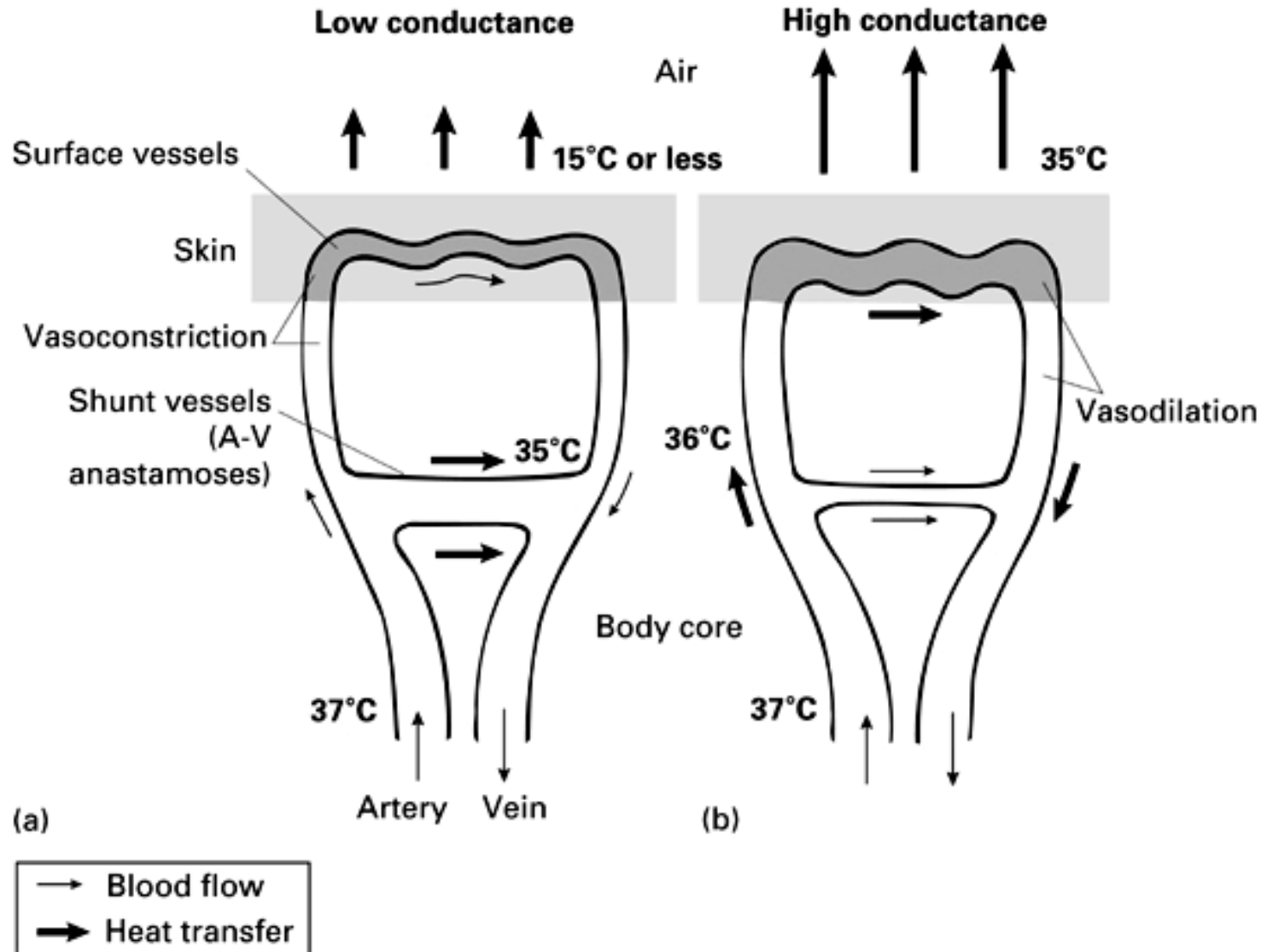


# Termorregulação Comportamental



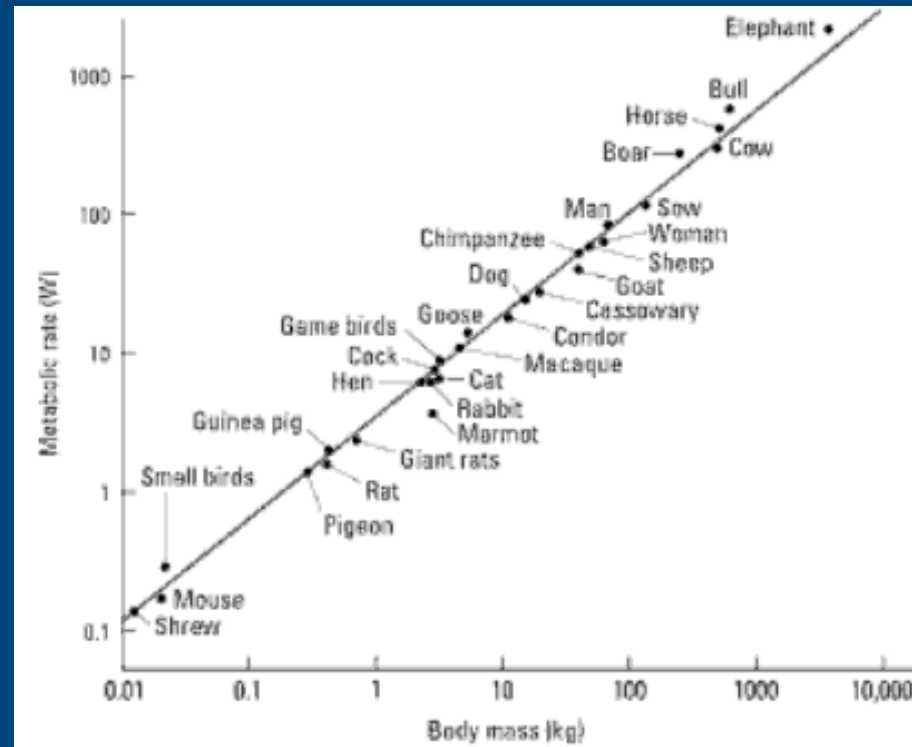


# Termorregulação Fisiológica





# Taxa metabólica versus massa corporal







## Temperatura interna normal de alguns mamíferos em repouso

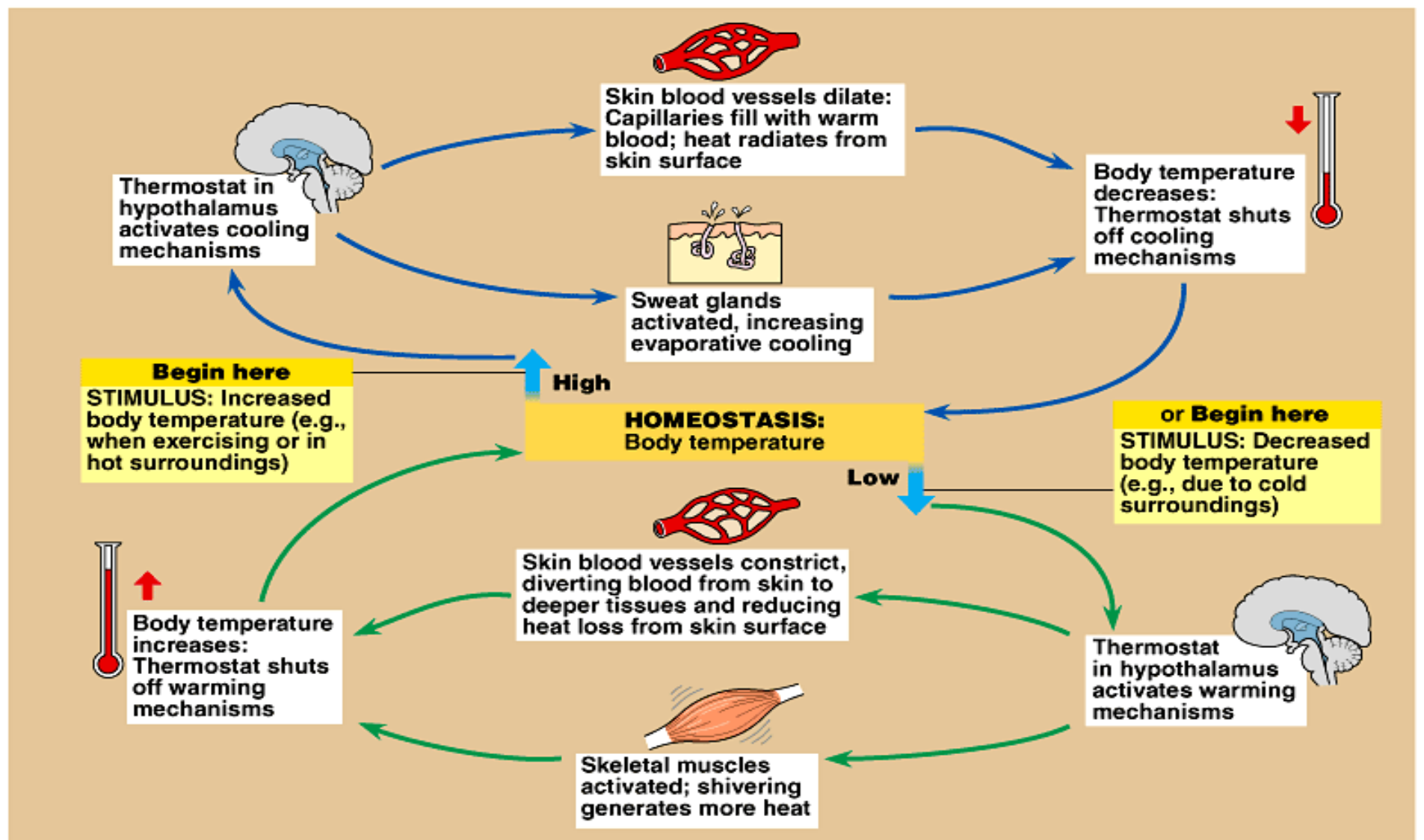
Espécie	Massa corporal / kg	Temperatura interna / °C
Elefante	6000	36,4
Camelo	280	38,1
Golfinho	95	38,2
Coelho	2,4	38,5
Porco	100	39,7
Toupeira	0,090	35,0
Homem	70	36,6

Faixa de 35 a 40°C

Fonte: SHITZER, A.; EBERHART, R.C. **Heat transfer in medicine and biology**. New York, Plenum Press, 1985. 2v.

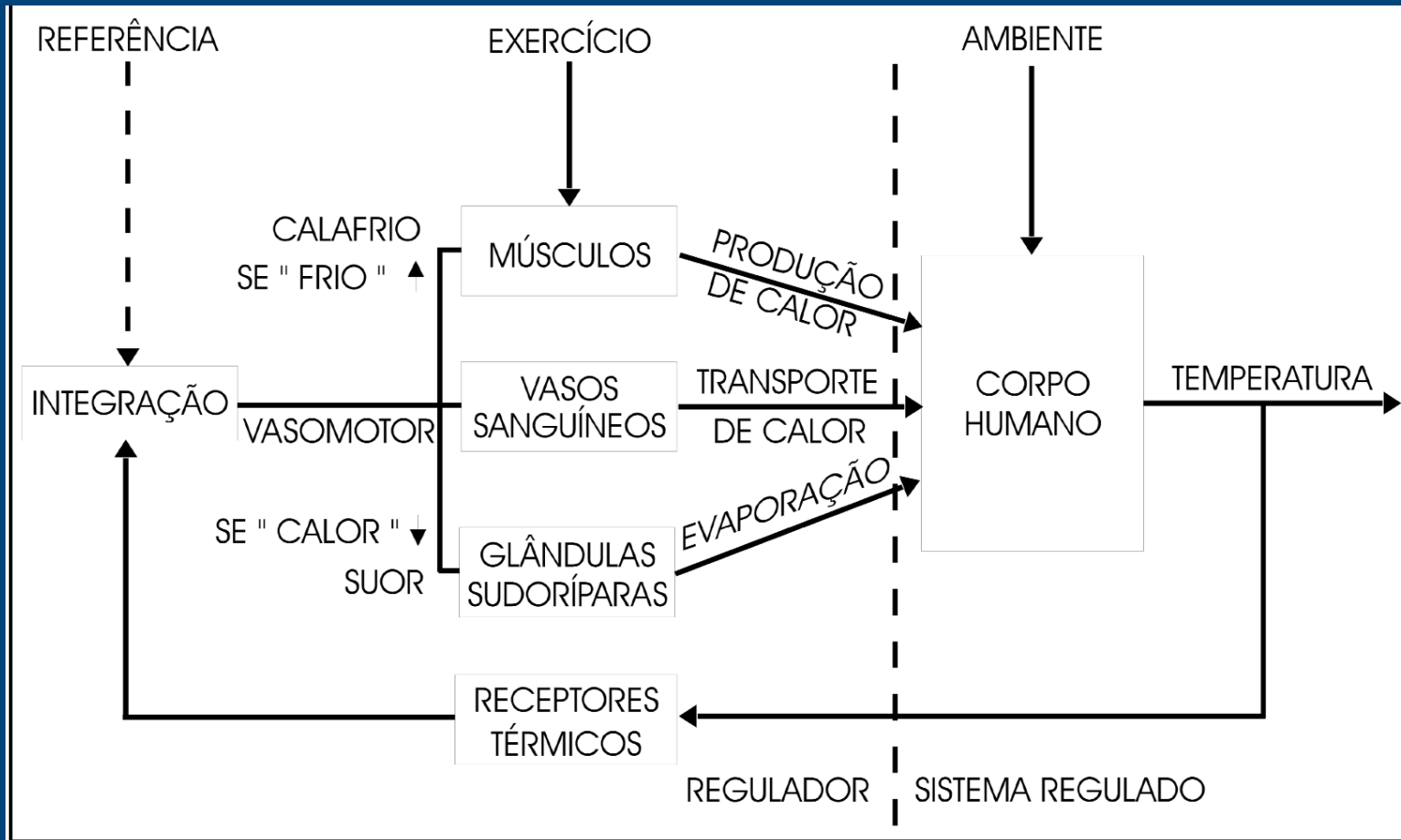


# Mecanismos de Termorregulação





# Diagrama de blocos do sistema termorregulador





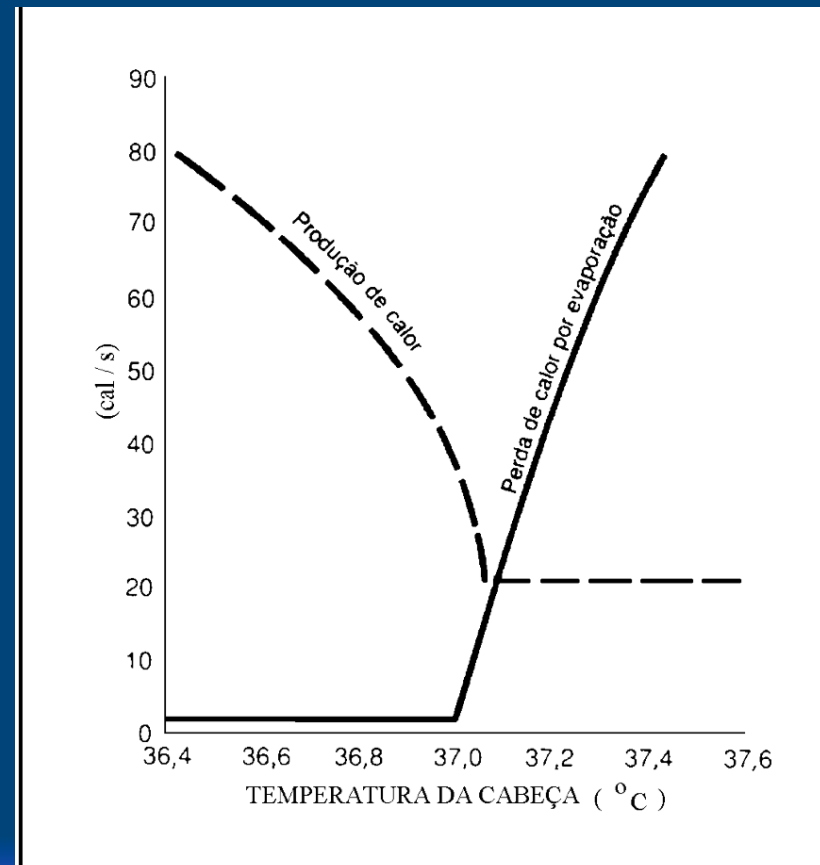


## Sistema termorregulador humano

- Mecanismos que reduzem a temperatura corporal

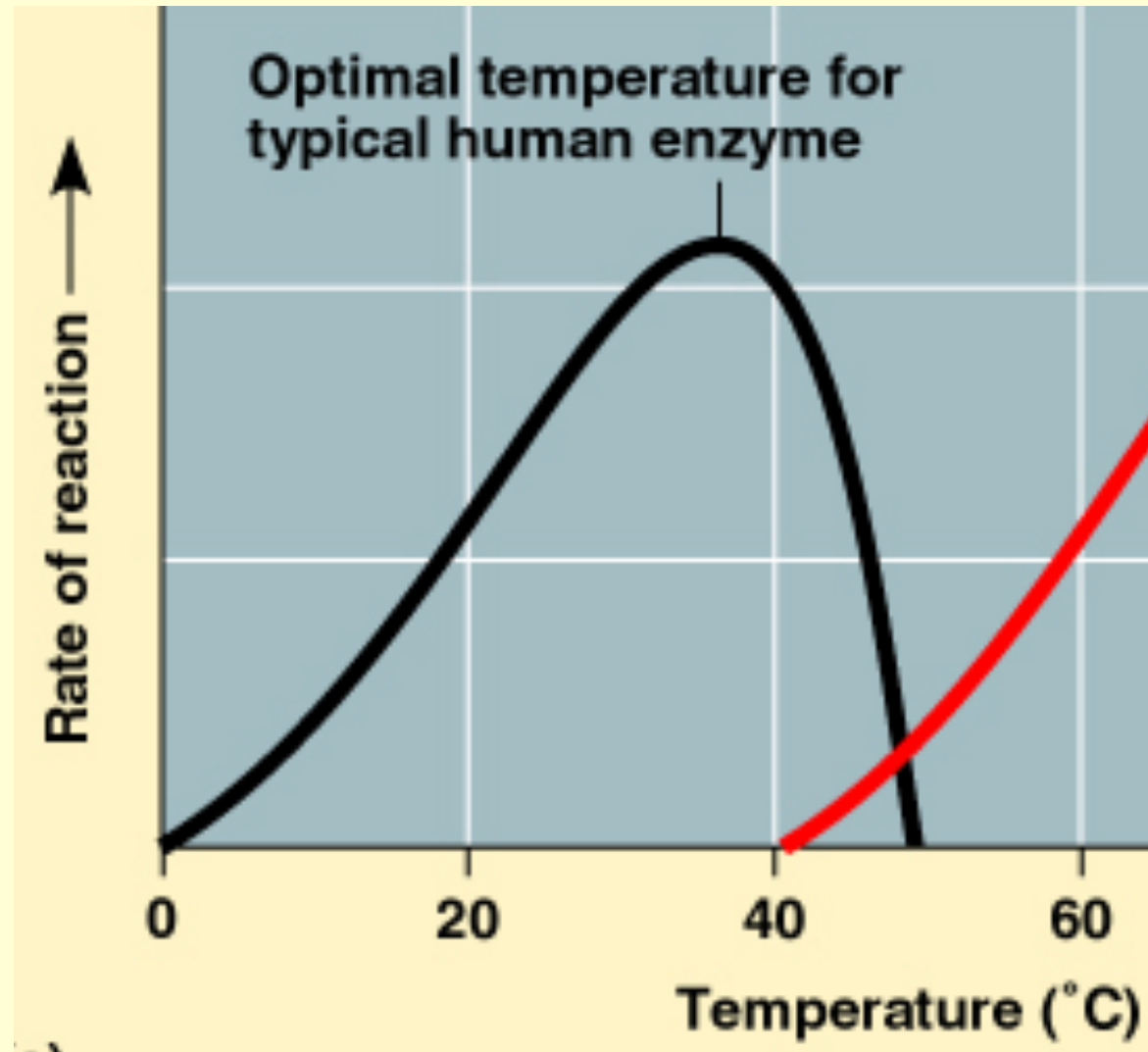
Vasodilatação

Sudorese



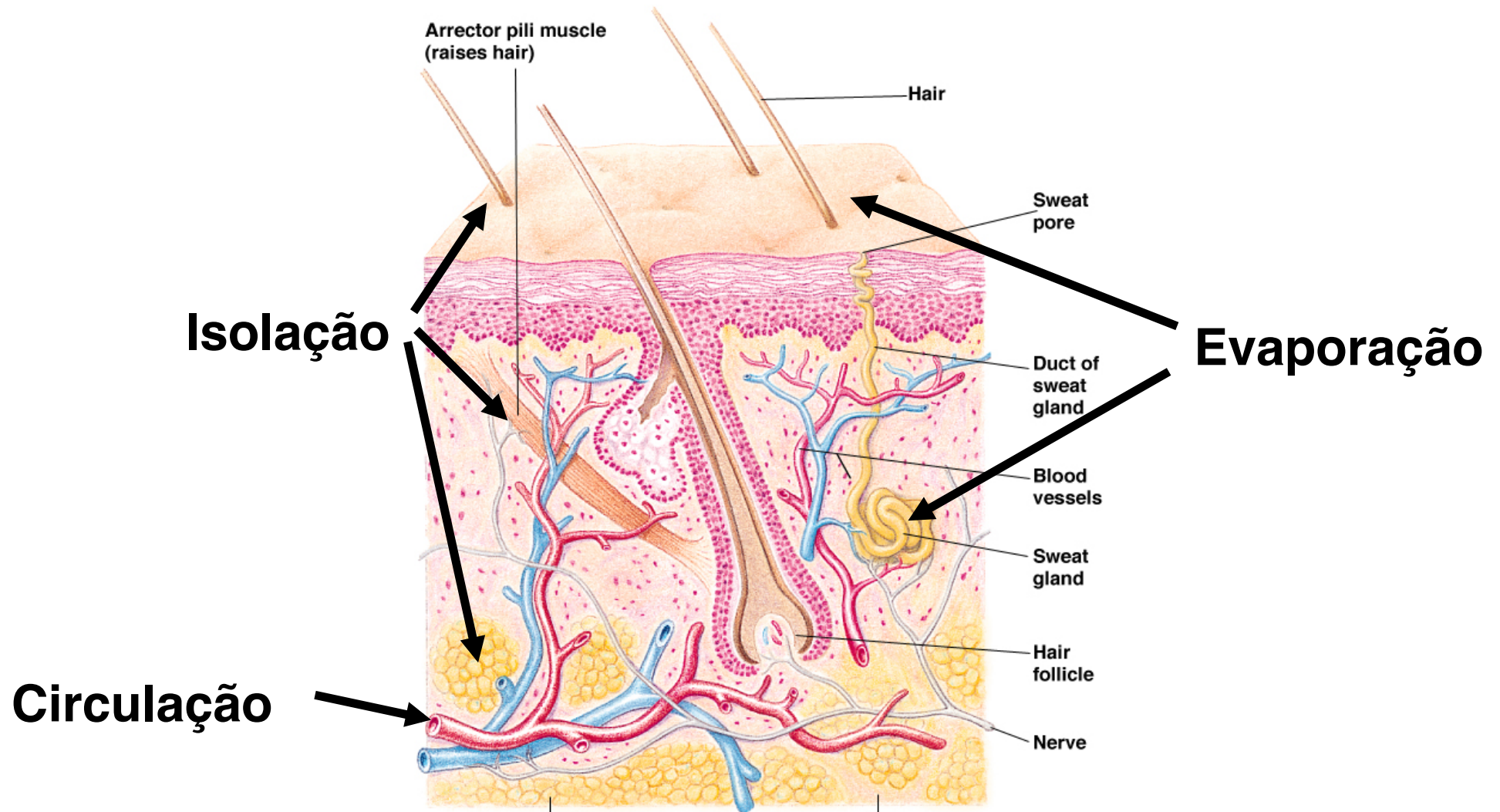


## Efeito das Enzimas





# Troca de Calor com o Ambiente







## Algumas definições importantes

***Metabolismo*** = conjunto de processos químicos que possibilitam a sobrevivência celular e liberam energia, proveniente da queima de carboidratos, gordura e proteínas.

### ***Principais fatores que afetam o metabolismo:***

- Atividade física;
- Digestão de alimentos;
- Temperatura corporal.



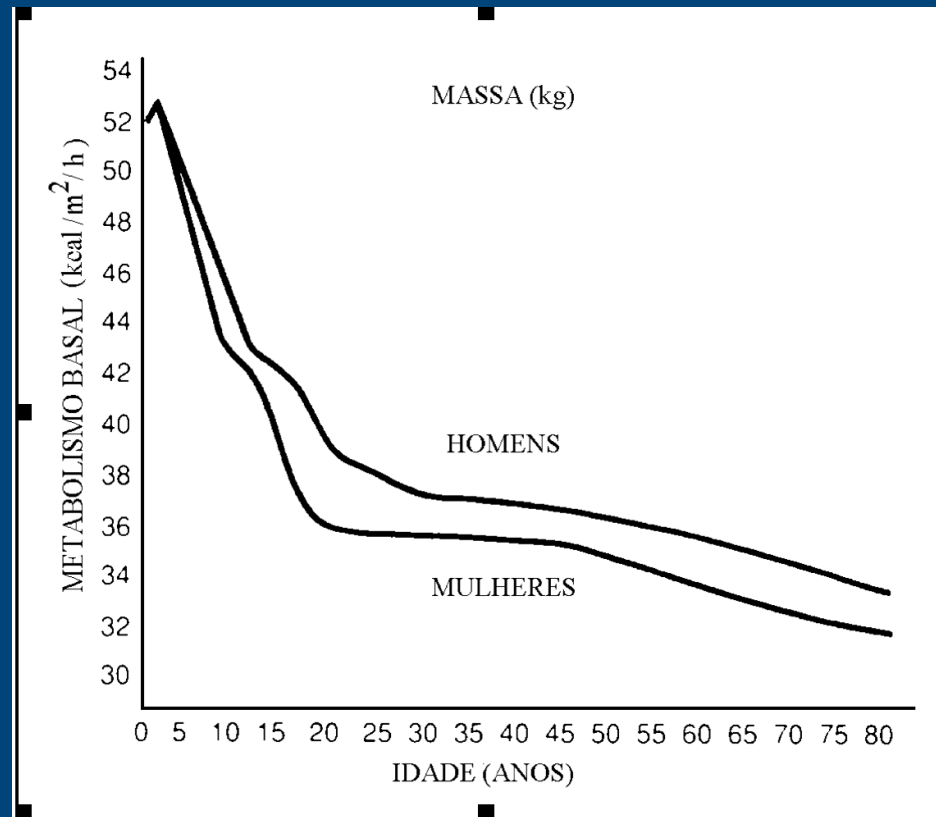
## Geração de calor pelo metabolismo

Atividade	Calor gerado [W / m <sup>2</sup> ]
<i>Repouso</i>	
Dormindo	41
Sentado, quieto	58
Em pé, relaxado	70
<i>Andando (no plano)</i>	
3,2 km / h	116
4,8 km / h	151
6,4 km / h	221
<i>Atividades de escritório</i>	
Escrevendo	58
Digitando	65
Andando	100
<i>Dirigindo/pilotando</i>	
Carro	58 - 116
Avião, rotina	70
Avião, combate	140
Veículo pesado	186
<i>Trabalho doméstico</i>	
Lavando pratos	93
Cozinhando	93 - 116
Limpando	116 - 198
<i>Atividades ocupacionais</i>	
Trabalho com máquinas	116 - 233
Fundição	186 - 314
Carpintaria	105 - 372



## Algumas definições importantes

**Metabolismo basal** = velocidade de utilização da energia no organismo durante o repouso absoluto, mas com a pessoa acordada. A temperatura do ar deve estar entre 20 a 26,5 °C.







## Sistema termorregulador humano

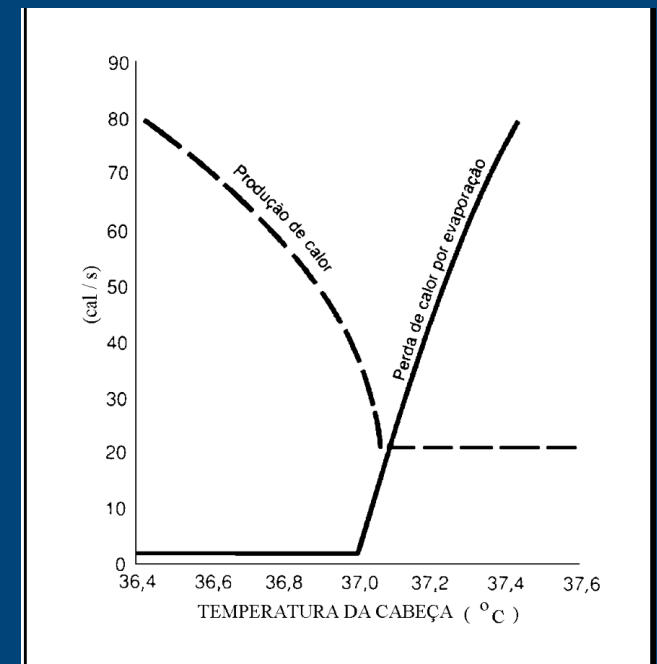
- Mecanismos que elevam a temperatura corporal

Vasoconstrição

Estimulação hipotalâmica de calafrios

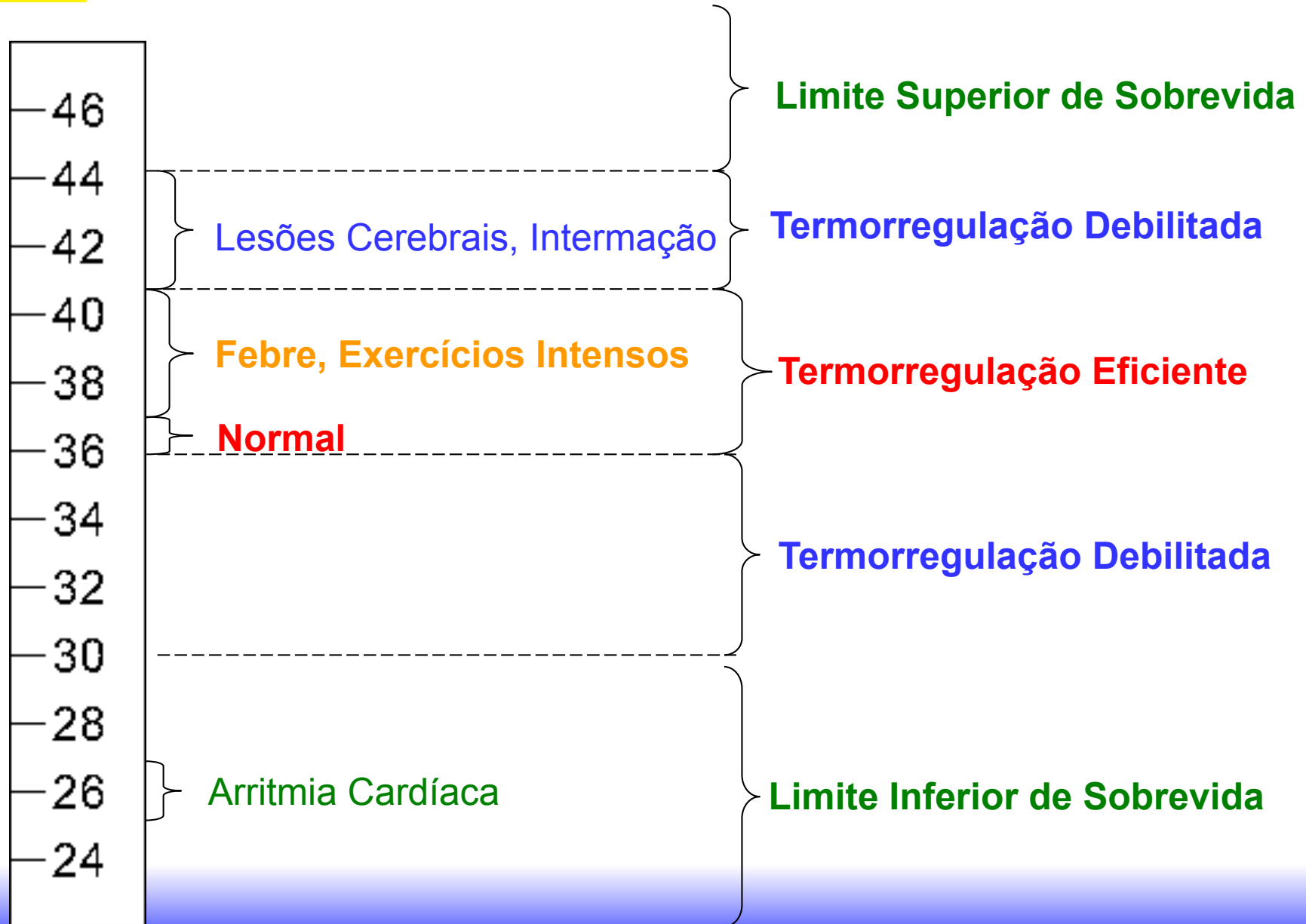
Termogênese química ( $\approx 15\%$ ;  $100\%$ )

Maior produção de tireoxina (-50 a  $100\%$ )



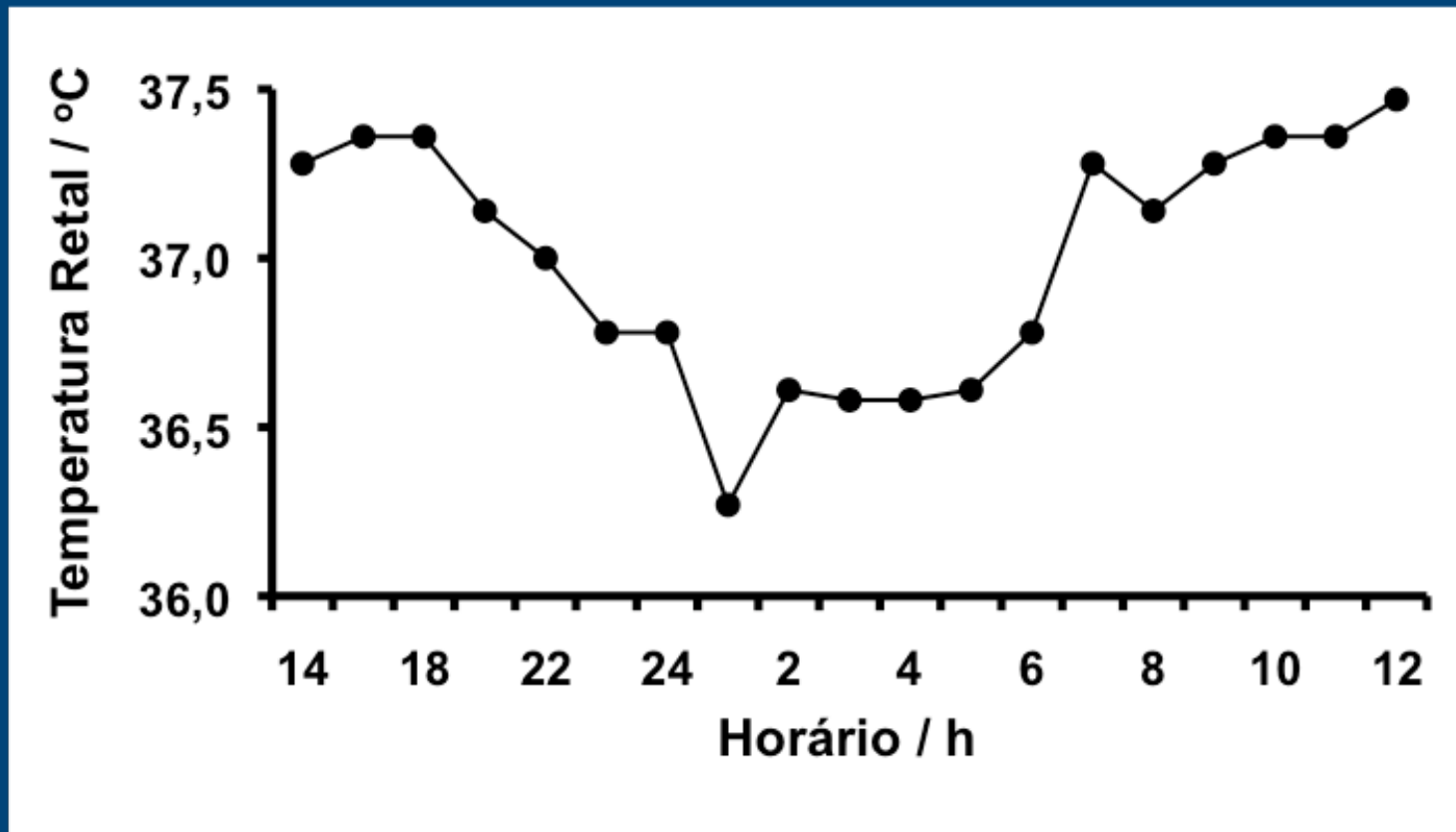


# Variação da temperatura corporal





## Ritmo circadiano





## Medição da temperatura interna

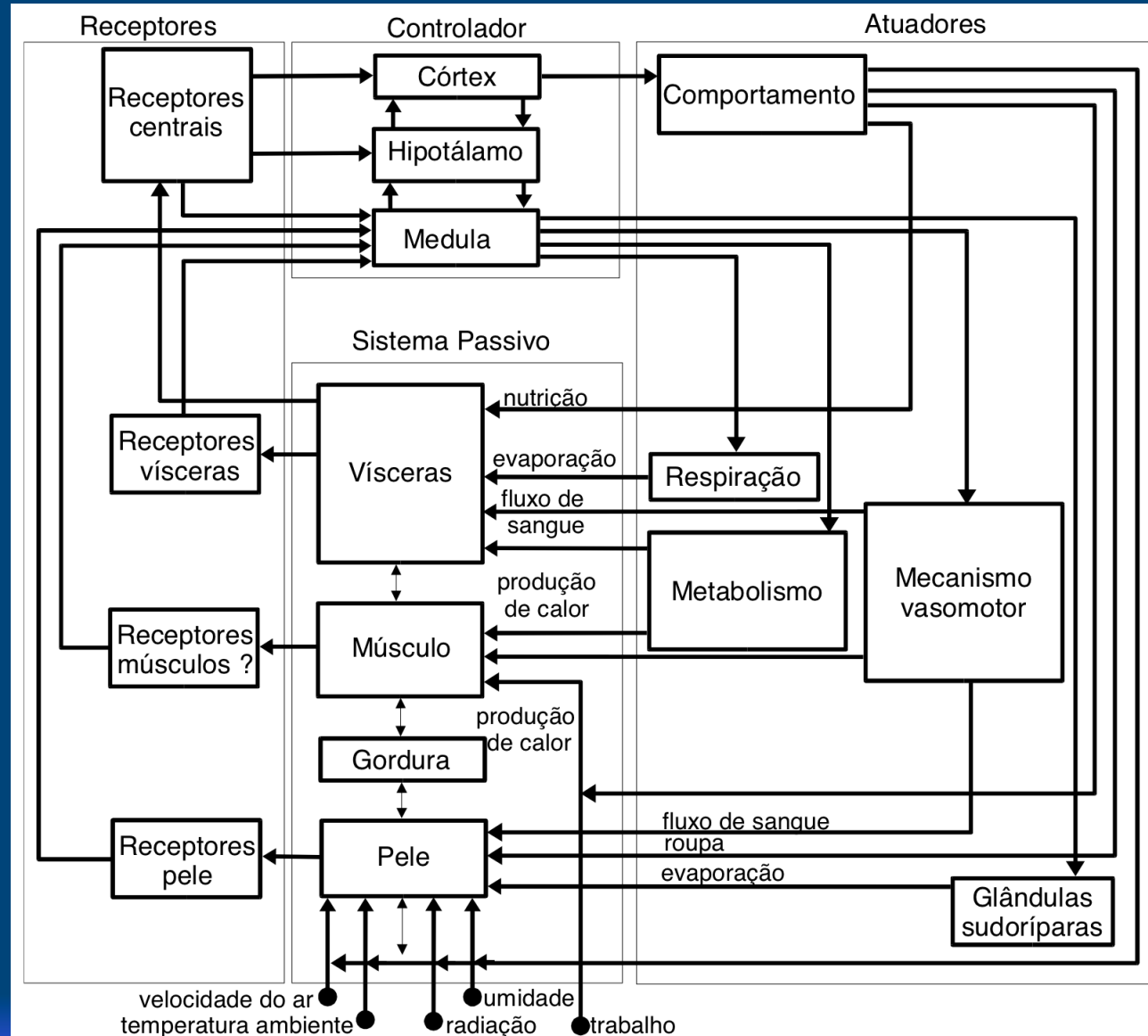
- Temperatura retal;
- Temperatura esofágica ( $\approx 0,25^{\circ}\text{C}$  inferior a retal);
- Temperatura timpânica;
- Temperatura oral;
- Temperatura axilar.

OGAWA, T. Where should core temperature be measured in human experiments? *Journal of the Human-Environment System*, v.1, n.1, p. 47-55, 1997.





# Sistema termorregulador humano





## Sistema termorregulador humano

- os receptores térmicos, suas informações são transmitidas ao centro de controle por fibras aferentes e neurônios;
- sistema de controle, que ativa os atuadores via fibras eferentes;
- os atuadores, estes agem sobre o sistema passivo;
- o sistema passivo.



## Sistema termorregulador humano

1. Qual é a variável regulada ?
2. Como o regulador toma sua referência ?
3. Como o regulador toma o sinal de erro ?
4. Como se consegue a retroalimentação negativa ?
5. Como é a natureza da mudança de temperatura que ocorre devido à febre ou ao ritmo circadiano ?



## Sistema termorregulador humano

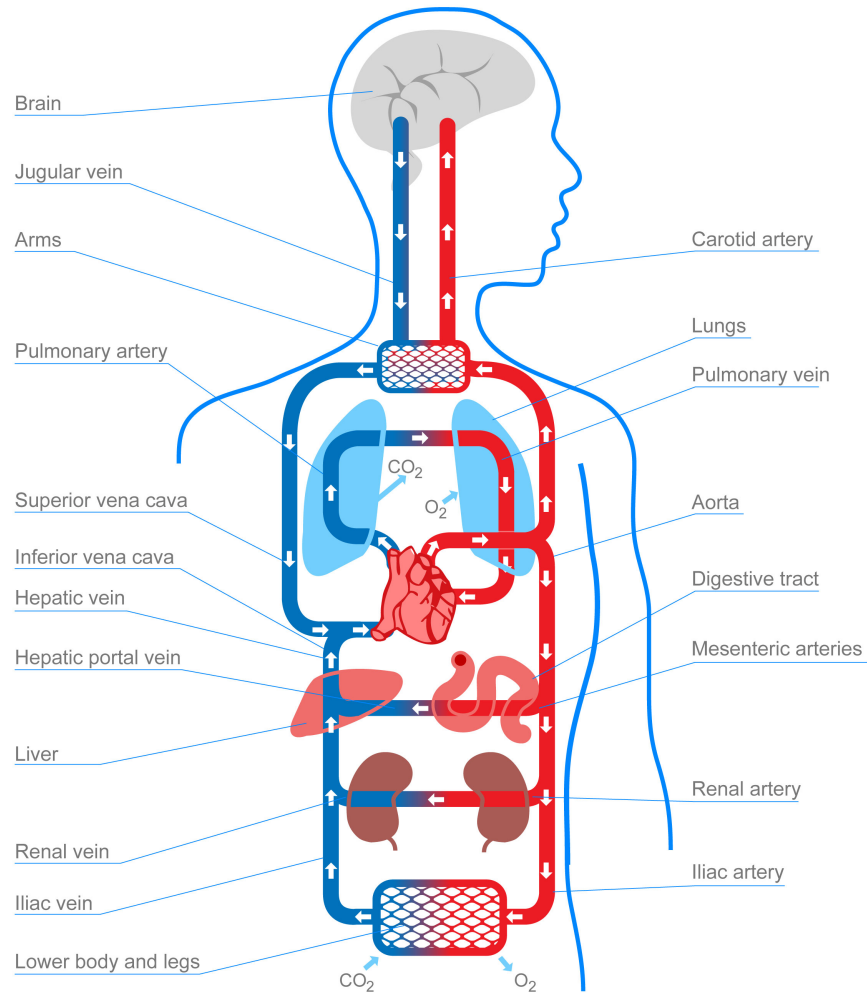
1. Regulação de uma variável local definida;
2. Regulação baseado na integração espacial da temperatura;
3. Regulação baseado na integração espacial da temperatura, mais o efeito local;
4. Regulação do perfil de temperatura;
5. Regulação do fluxo de calor.





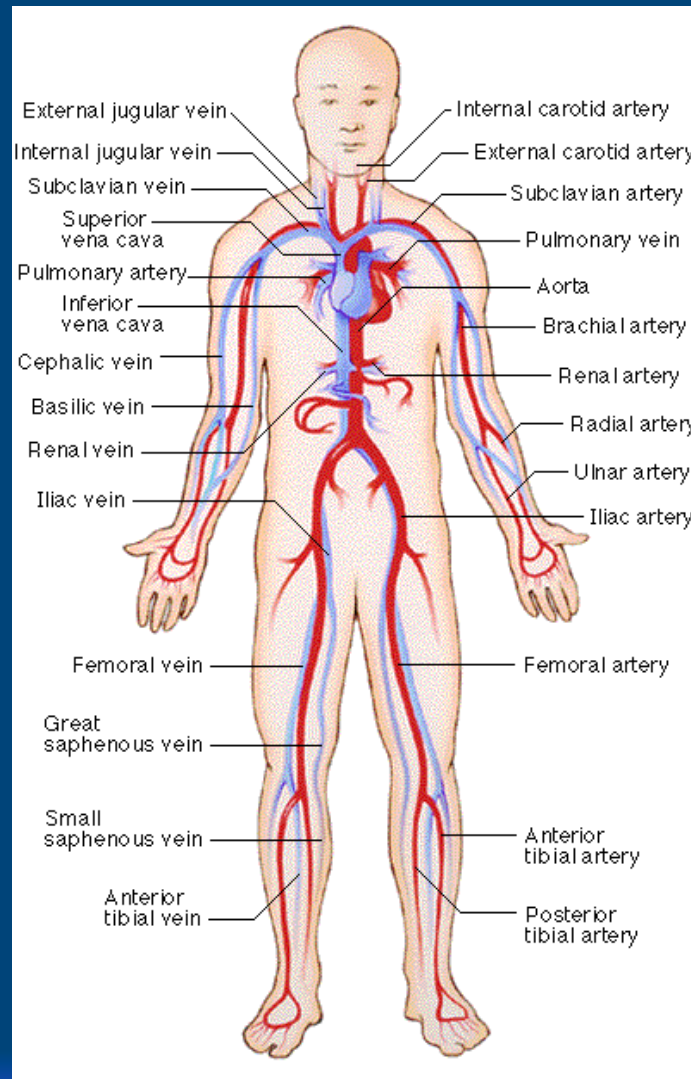
# Um pouco de anatomia...

## THE CIRCULATORY SYSTEM



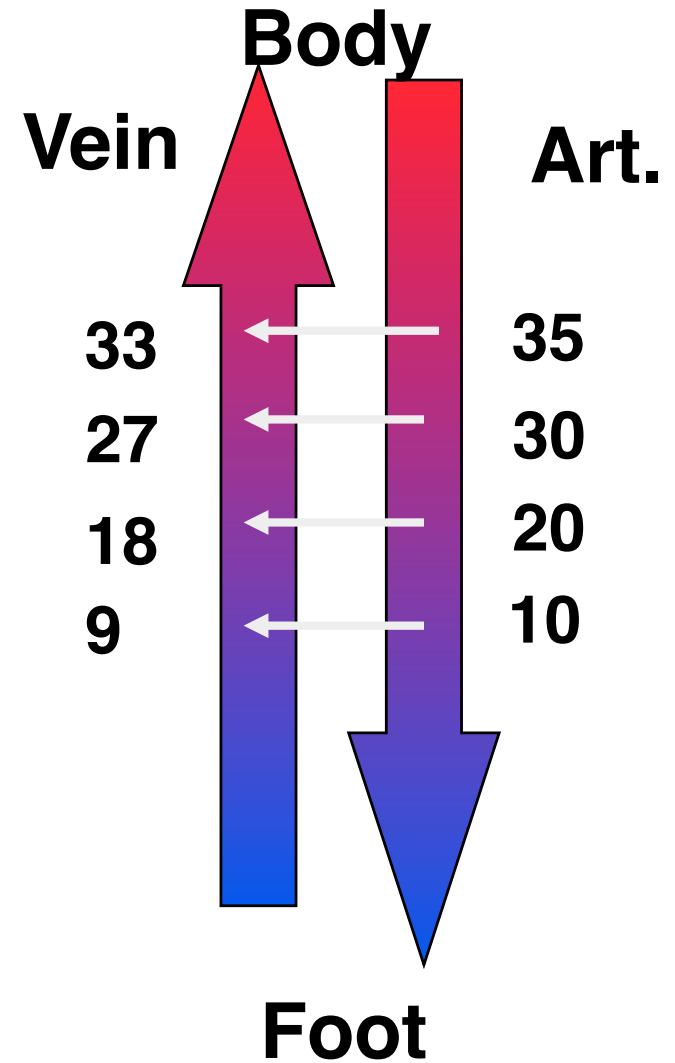


# Um pouco de anatomia...





# Troca de Calor Contracorrente





## Leitura recomendada

Guyton, A.C. **Tratado de fisiologia médica**. 8.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1992.

Knochel, J.P. Distúrbios causados pelo calor e pelo frio. In: WYNGAARDEN, J.B.; SMITH, L.H.; BENNET, J.C. **CECIL Tratado de medicina interna**. 19.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1993. v. 2, p.2413-16.

Biazzotto, C.B., Brudniewski, M., Schmidt, A.P., Auler Jr, J.O.C., Hipotermia no período peri-operatório, **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 56, n. 1, 2006.

Cabanac, M. Adjustable set point: to honor Harold T. Hammel. *Journal of Applied Physiology*, v. 100, p.1338-46, 2006.