

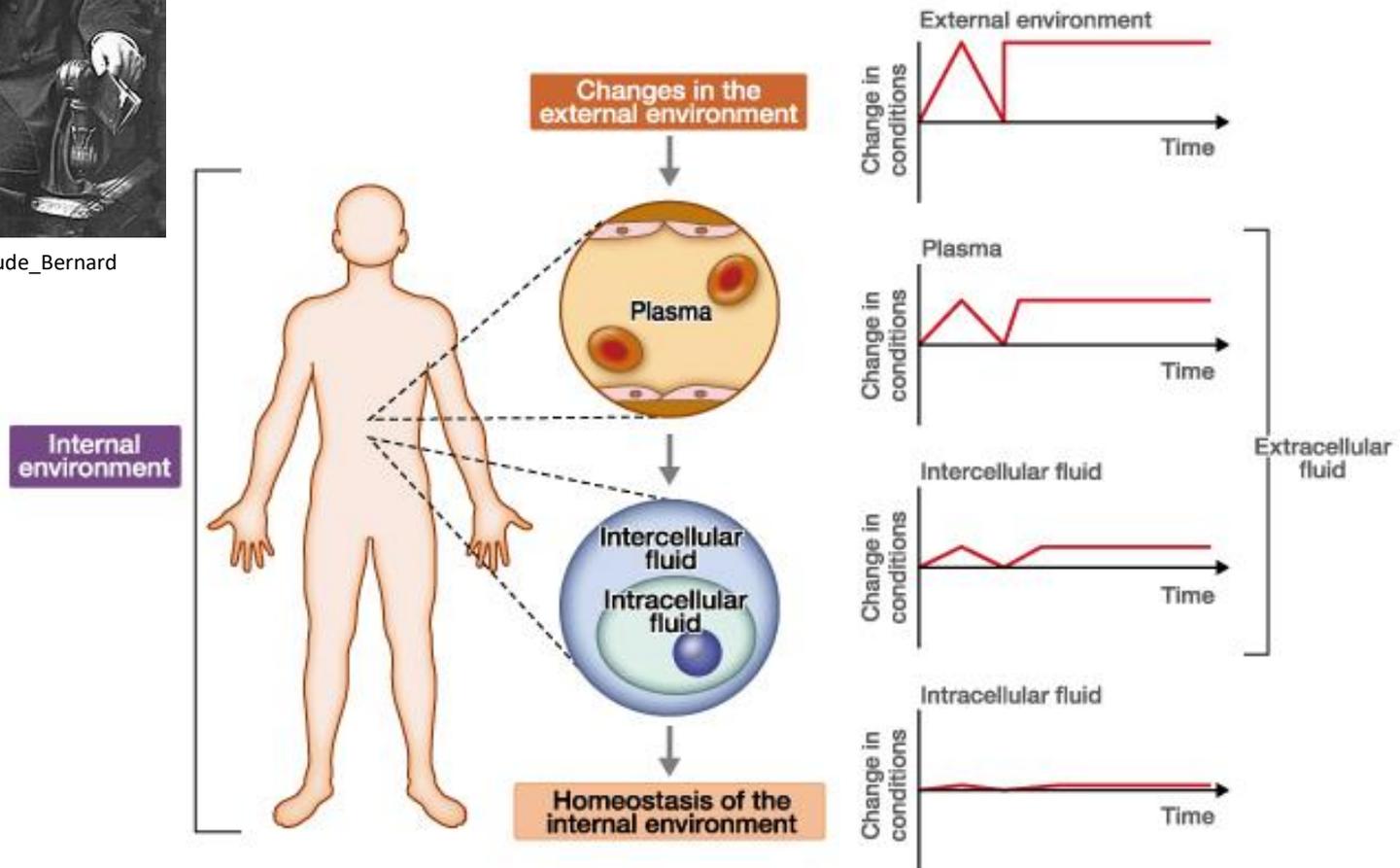
# Homeostase: conceito clássico, desafios e limitações



en.wikipedia.org/wiki/Claude\_Bernard

## CLAUDE BERNARD (1813-1878)

“A estabilidade do meio interno é a condição para a vida livre e independente” (Claude Bernard).



Claude Bernard: “Ambiente Interno”  
(“*milieu intérieur*”)



2013: Claude Bernard's 200th Birthday

VIDA: emerge na interação entre organismo e ambiente externo.  
Não existe vida isolada do ambiente.

Células imersas no “meio interno”, o qual interage com o “meio externo”.

O organismo regula o seu meio interno

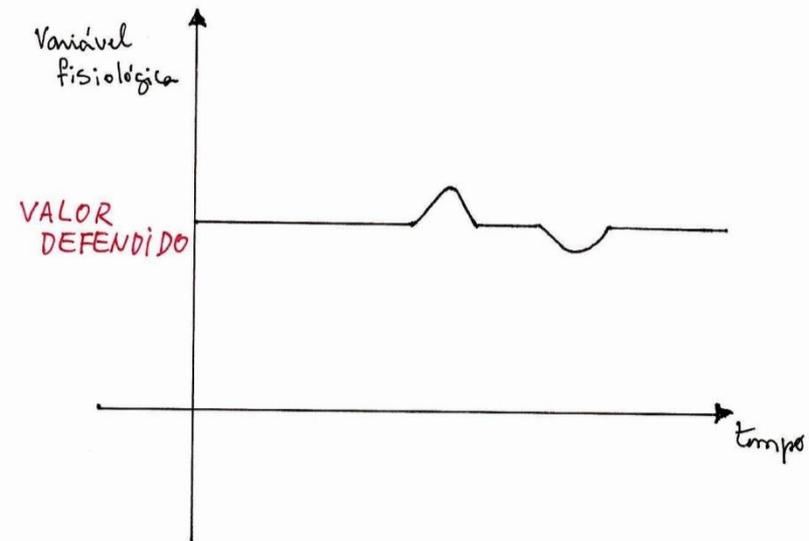
## Walter Cannon



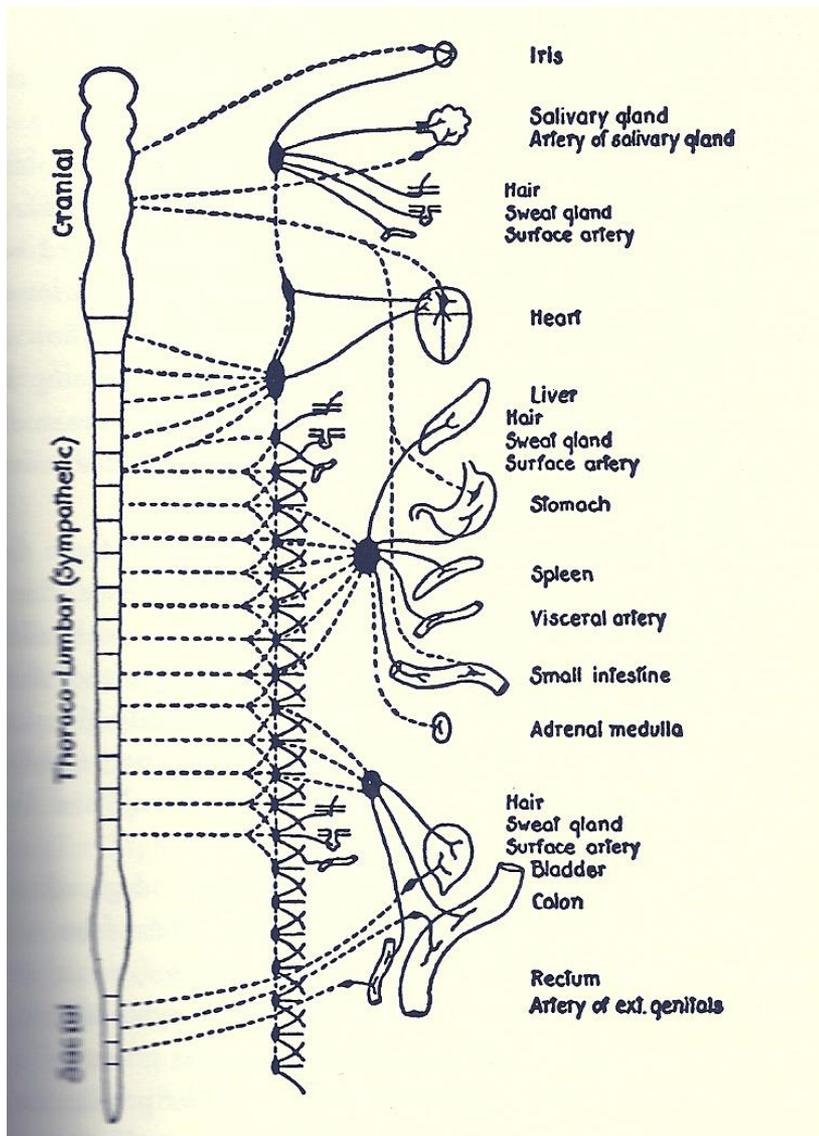
Regulação fina exercida pelo organismo sobre o meio interno, o fluido extracelular:

Estabilidade do ser vivo:

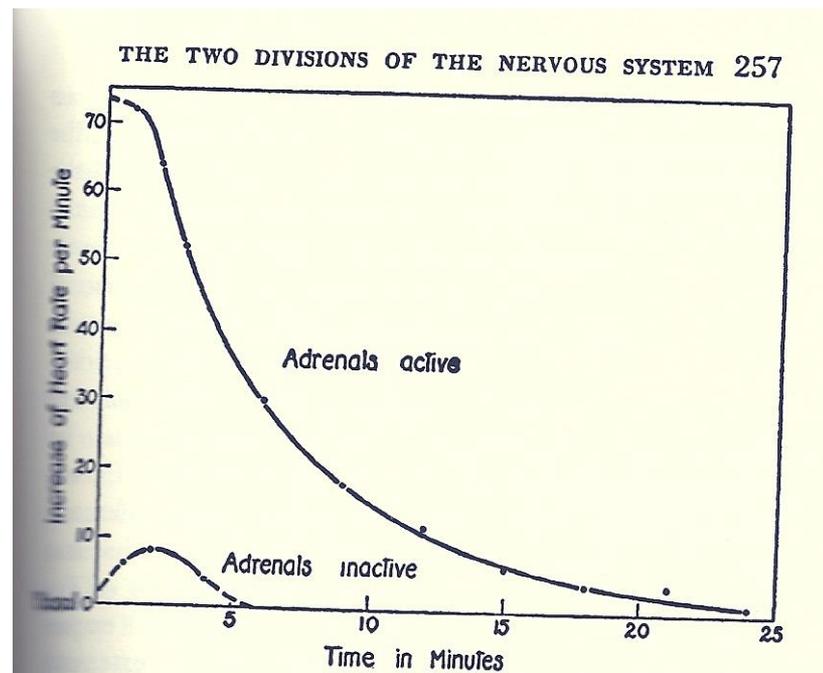
- auto-regulação
- “resistência” a perturbações



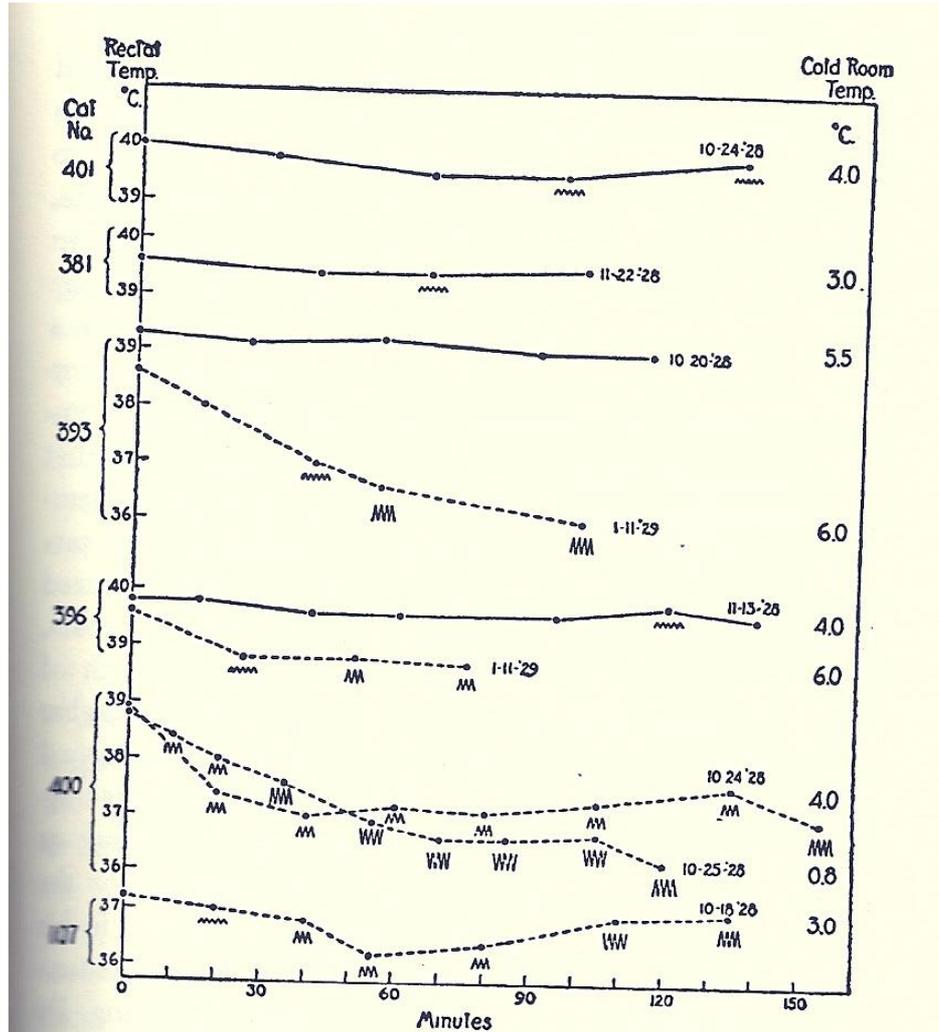
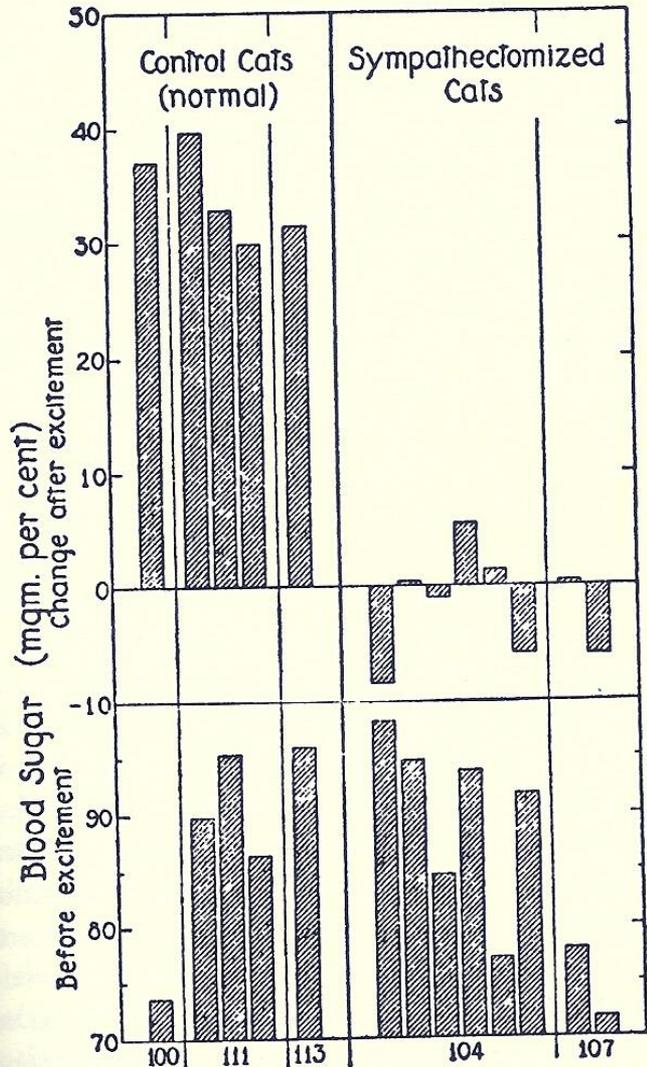
# 1º Postulado de Cannon: o sistema nervoso tem um papel na preservação da “aptidão” do meio interno.



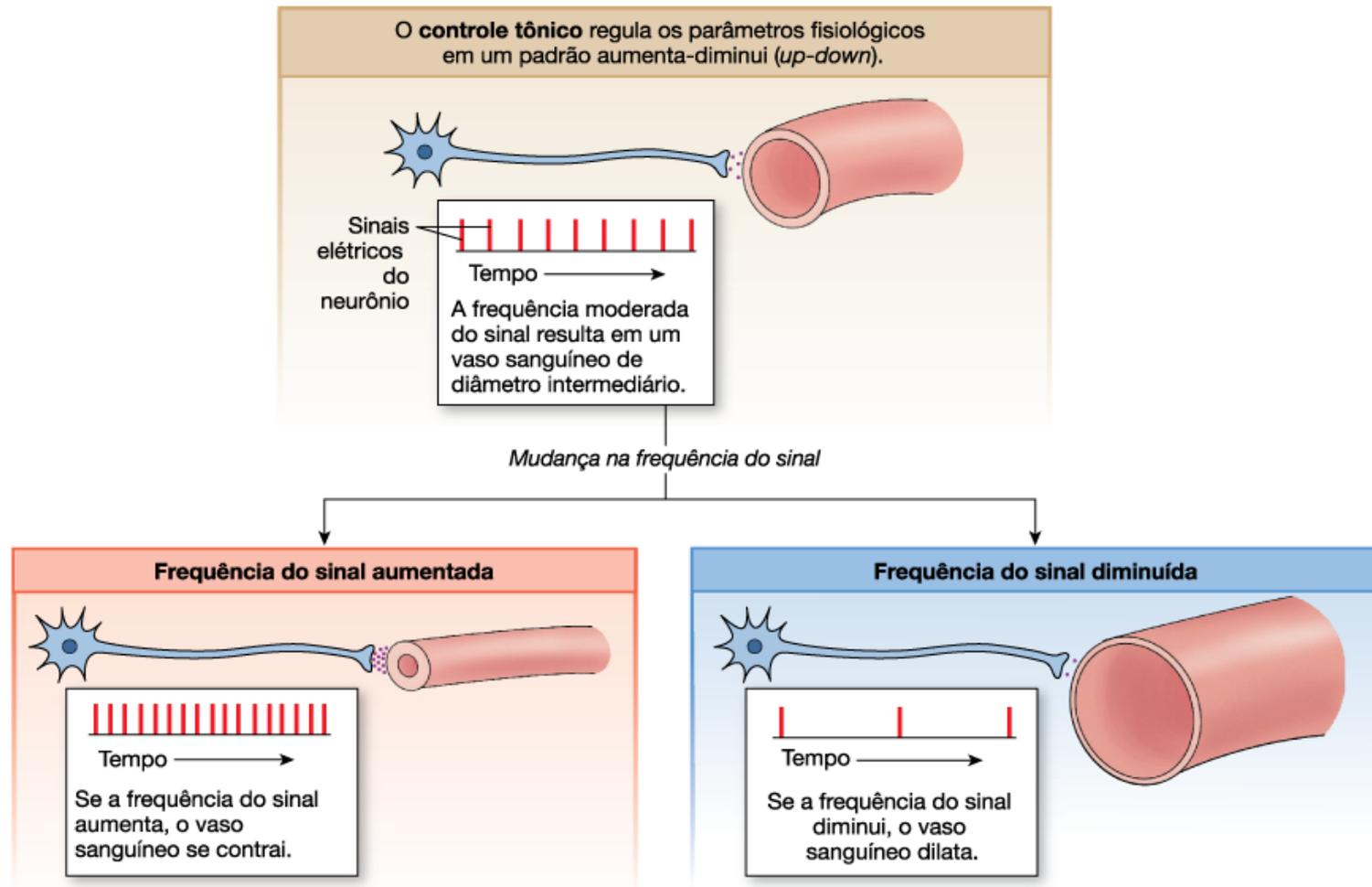
<http://galeria.colorir.com/festas/halloween/gato-assustado-pintado-por-cecilia-a.-951292.html>



# 1º Postulado de Cannon: o sistema nervoso em um papel na preservação da “aptidão” do meio interno.

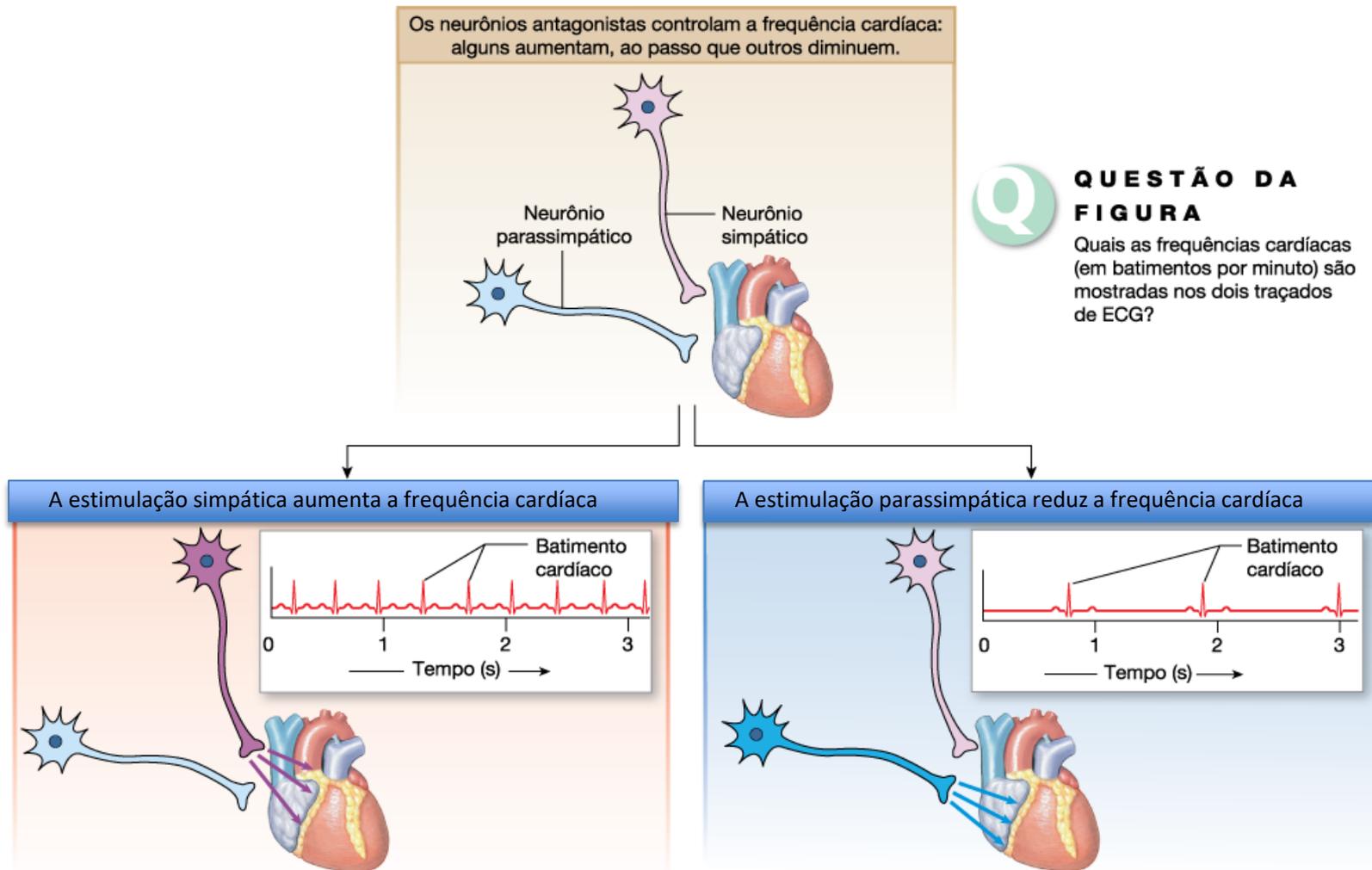


## 2º Postulado de Cannon: Alguns sistemas do corpo estão sob controle tônico.



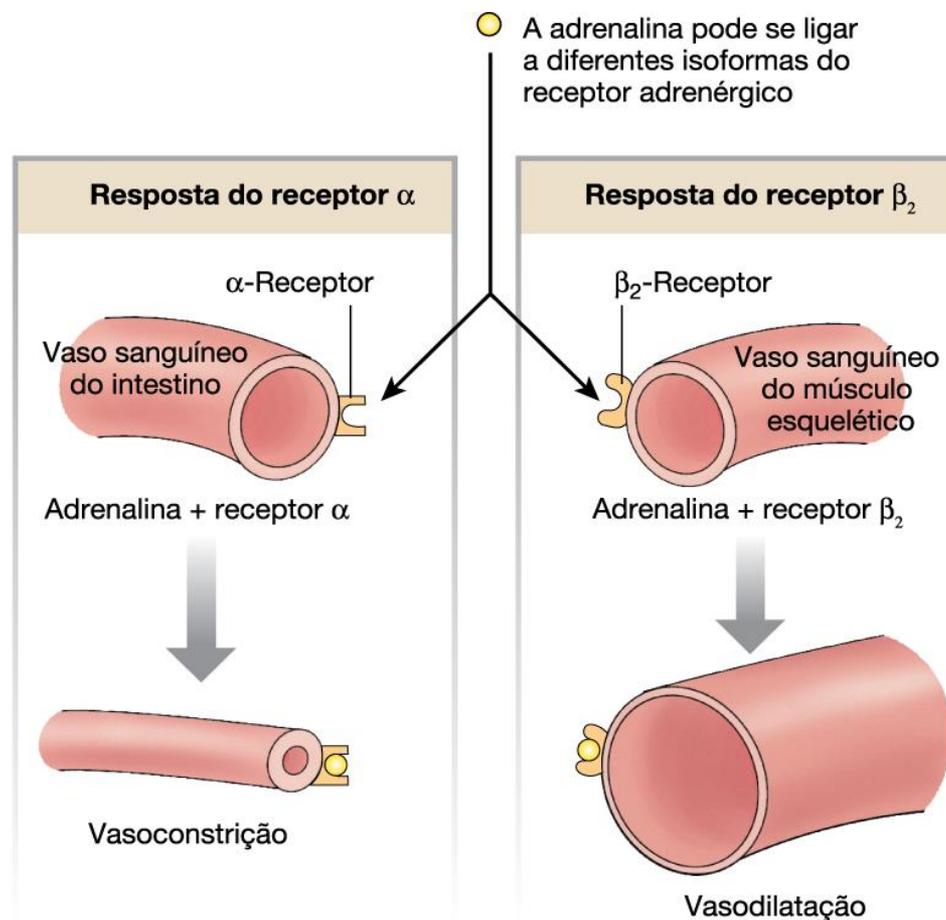
● **FIGURA 6-20** Controle tônico do diâmetro de um vaso sanguíneo.

### 3º Postulado de Cannon: Alguns sistemas do corpo estão sob controle antagônico.



● **FIGURA 6-21** Controle antagonista da frequência cardíaca.

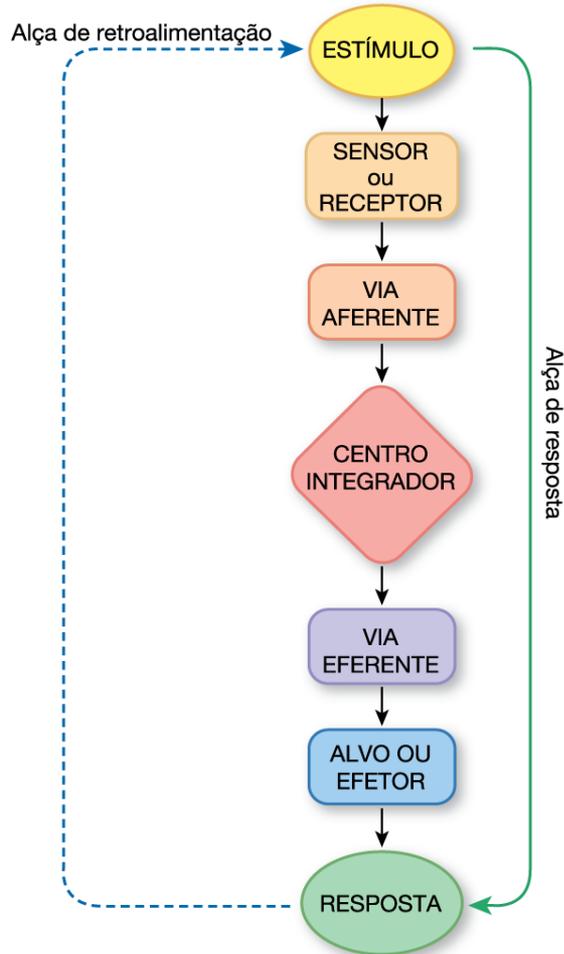
4º Postulado de Cannon: Os agentes homeostáticos antagonistas em uma região, podem ser cooperativos em outra.



● **FIGURA 6-18** A resposta depende do receptor-alvo. Neste exemplo, a adrenalina provocará vasoconstrição ou vasodilatação dependendo do receptor encontrado no vaso sanguíneo.

# Mecanismo de Controle Homeostático (alças de retroalimentação negativa)

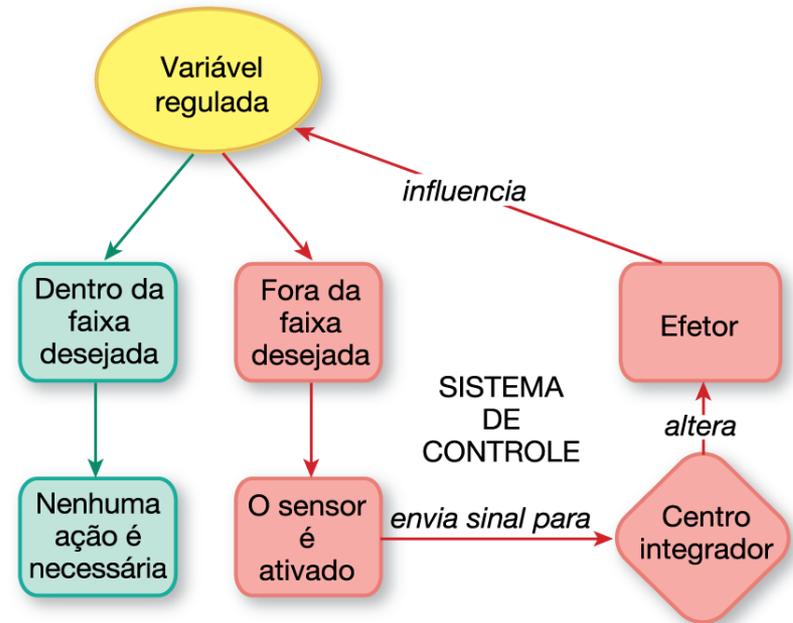
Elementos de uma alça de retroalimentação negativa:



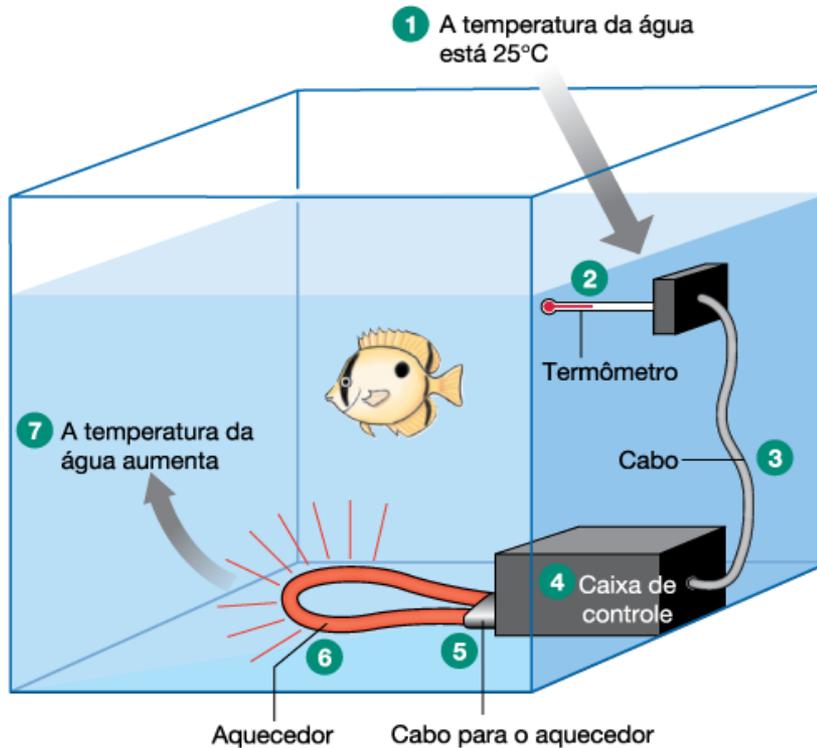
● **FIGURA 6-23** Passos de uma alça de resposta em uma via de controle reflexo.

Silverthorn. 2010. Fisiologia Humana. Artmed.

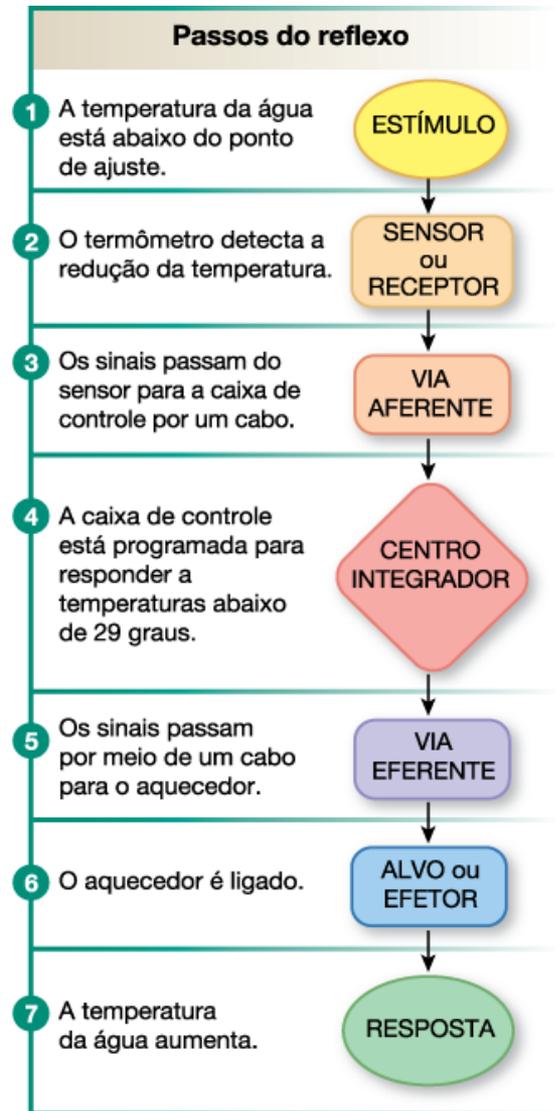
- Variável defendida
- Sensor, via aferente
- Integrador, ponto de ajuste
- Via eferente, efetuator

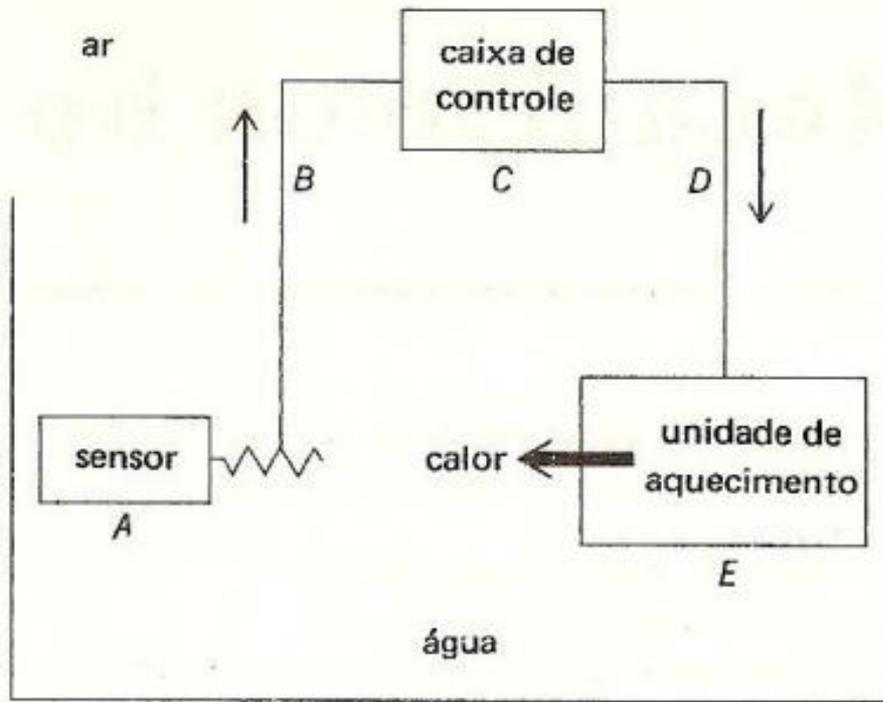


● **FIGURA 6-19** Os sistemas de controle fisiológico mantêm a variável regulada dentro de uma faixa desejada durante a homeostase.



● **FIGURA 6-25** Neste exemplo de alça de resposta não biológica, a caixa de controle do aquário é ajustada para manter a temperatura da água em  $30^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .



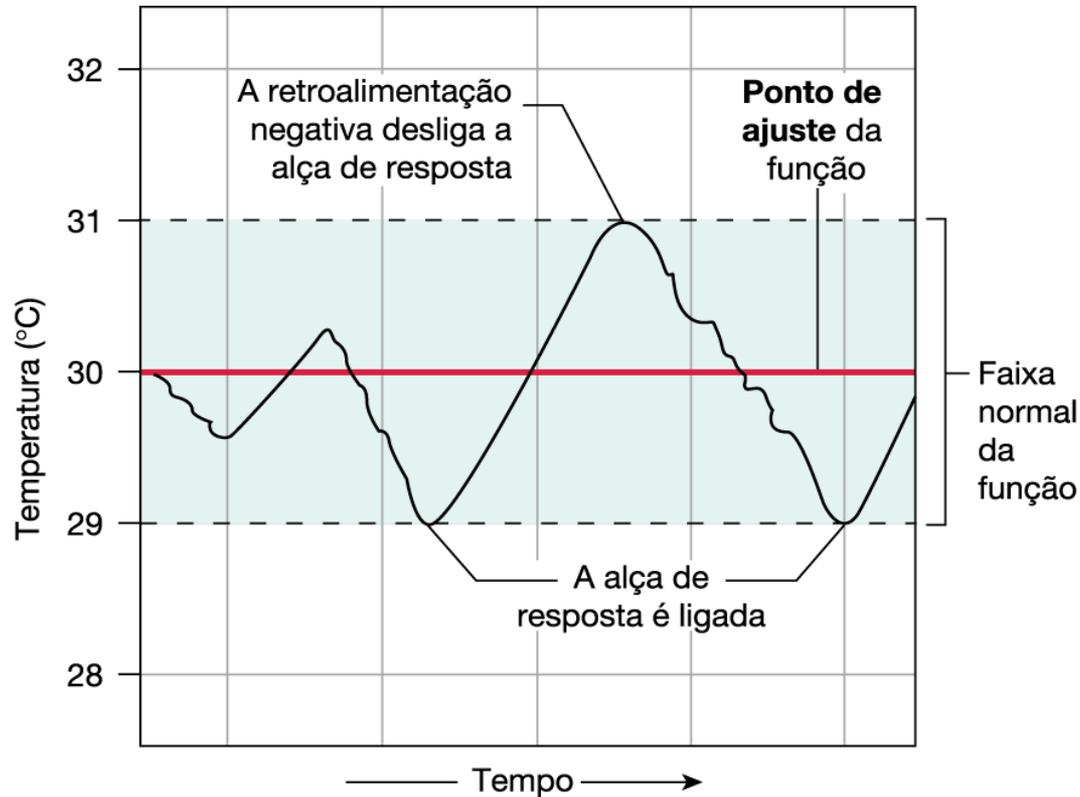


**Exemplo didático: termostato**

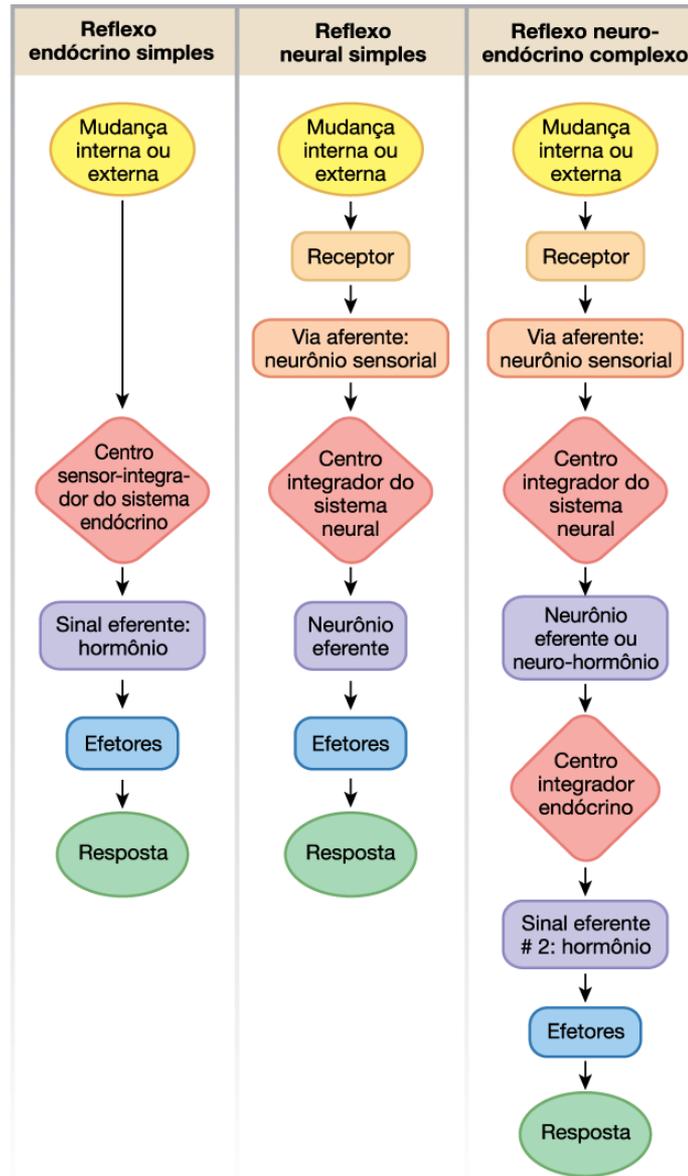
Variável defendida homeostaticamente

**REGULAÇÃO** da temperatura  
por meio do **CONTROLE** do aquecedor

Efetuator homeostático

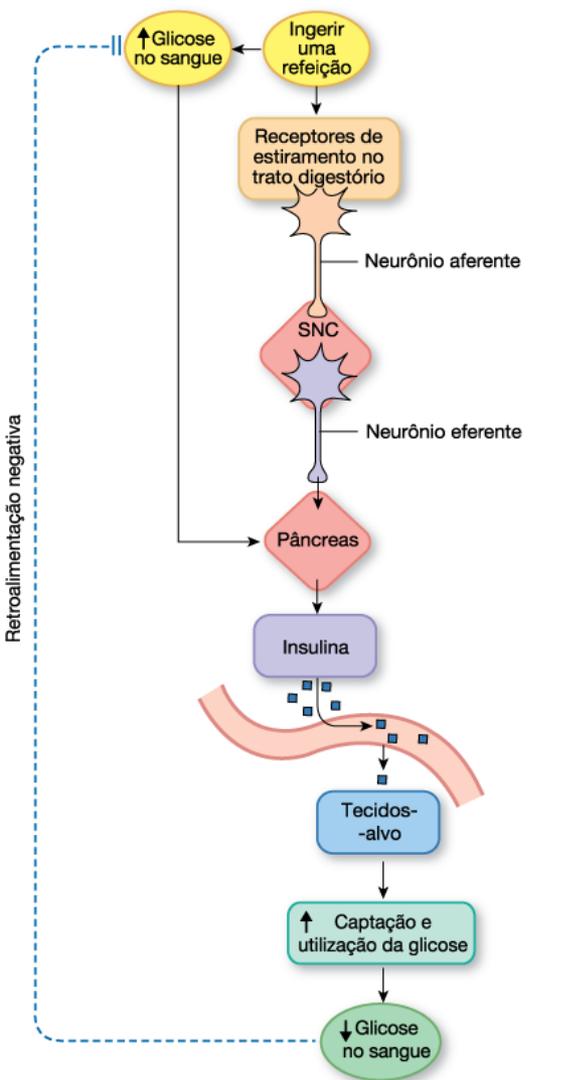


- FIGURA 6-26** Oscilação em torno do ponto de ajuste. A maioria das funções controladas homeostaticamente possui um ponto de ajuste, ou valor normal. A alça de resposta que controla a função é ativada quando a função se move para fora de uma faixa normal predeterminada.



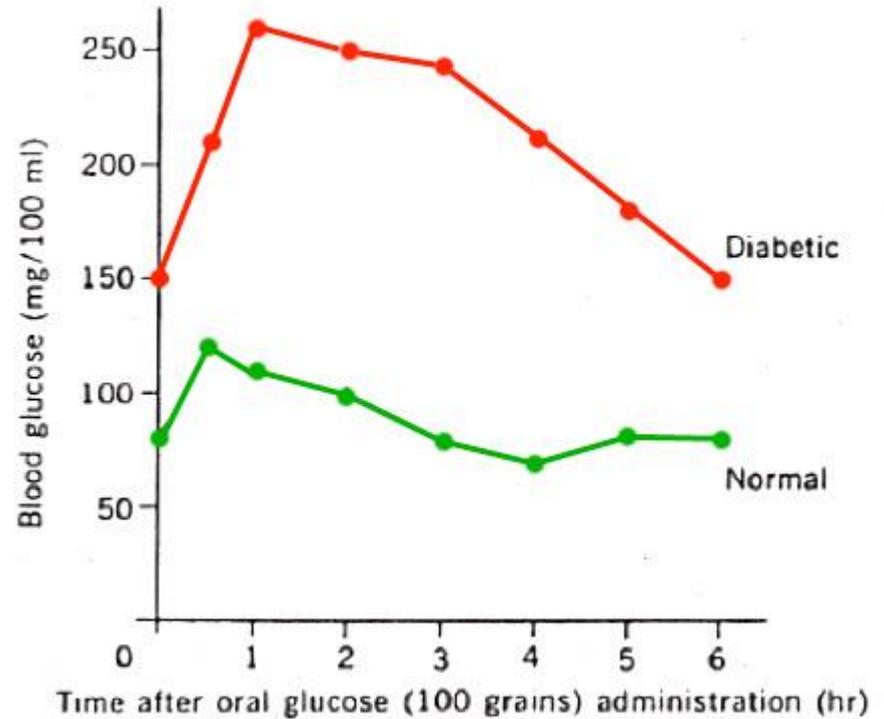
● **FIGURA 6-30** Vias de controle endócrino, neural e neuroendócrino.

Diferentes alças de retroalimentação podem controlar um determinado parâmetro fisiológico!



**LEGENDA**

- |  |                   |  |                               |
|--|-------------------|--|-------------------------------|
|  | Estímulo          |  | Neurônio sensorial (aferente) |
|  | Receptor          |  | Neurônio eferente             |
|  | Via eferente      |  | Centro integrador             |
|  | Efetor            |  | Resposta sistêmica            |
|  | Resposta tecidual |  |                               |



<http://gladstoneagra.blogspot.com.br/search/label/Sa%C3%BAde%3A>

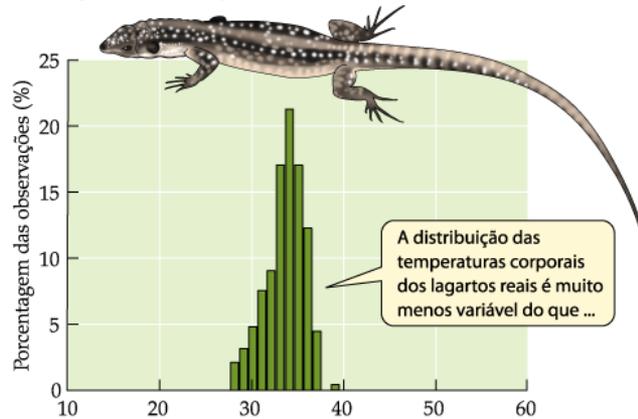
“um sistema homeostático é um sistema aberto que mantém sua estrutura e função por meio de uma multiplicidade de equilíbrios dinâmicos, controlado por mecanismos regulatórios interdependentes” (Walter Cannon).



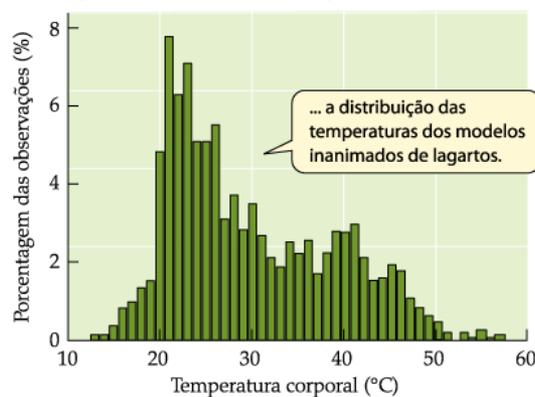
[pt.wikipedia.org/wiki/Walter\\_Bradford\\_Cannon](https://pt.wikipedia.org/wiki/Walter_Bradford_Cannon)

# O comportamento é um dos efetadores homeostáticos!

(a) Temperaturas dos lagartos reais

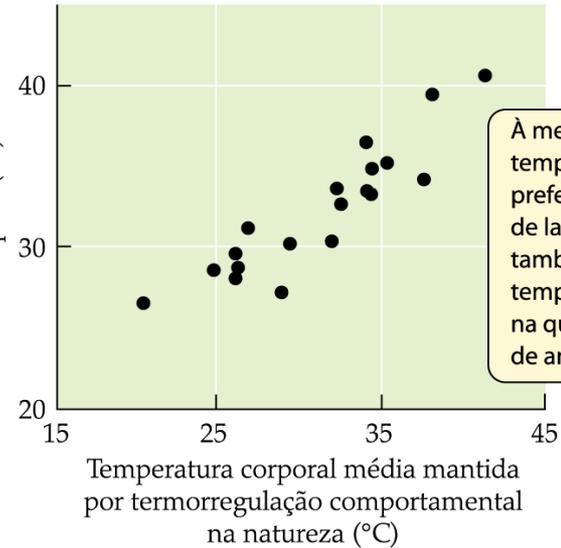


(b) Temperaturas dos modelos de lagartos



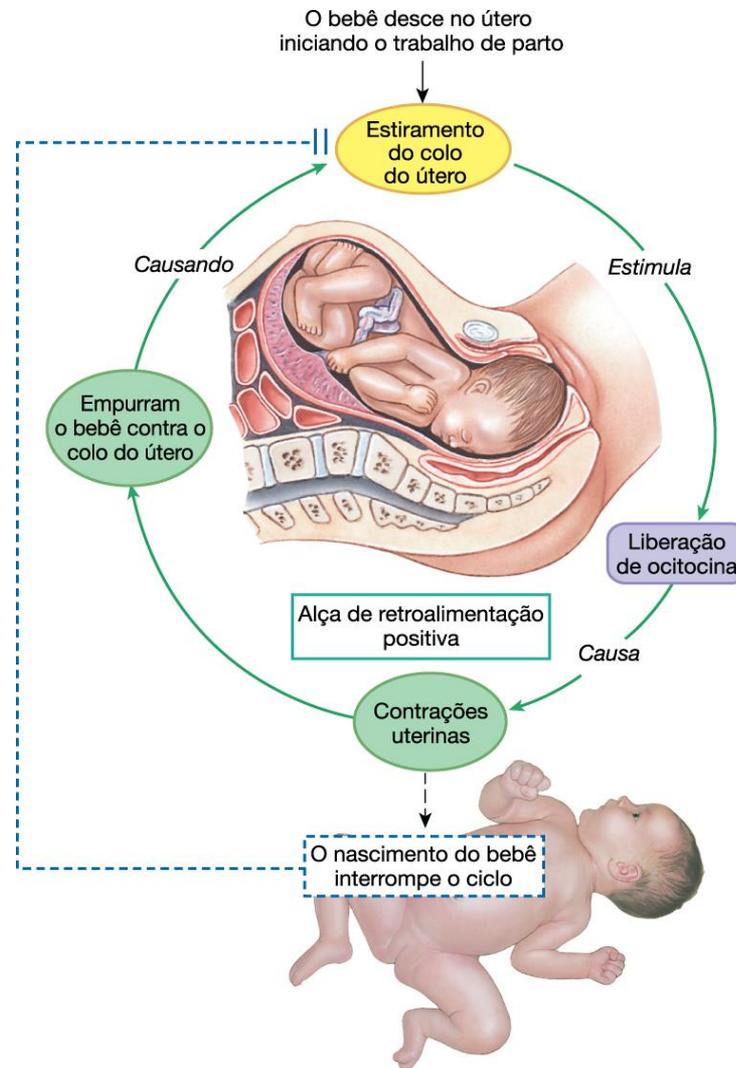
**Figura 9.8 A termorregulação comportamental documentada pela comparação dos lagartos reais com os modelos de lagartos inanimados** Várias medidas durante o dia das temperaturas corporais dos lagartos reais (a) e dos modelos de lagartos inanimados (b) foram feitas. Os lagartos (*Padarcis hispanica*) estavam vivendo livremente em uma ilha mediterrânea. Os modelos de lagartos foram colocados de modo mais abrangente possível em todos os vários micro-habitats disponíveis aos lagartos reais durante as suas atividades ao longo do dia na mesma ilha. Os dados no eixo y são as porcentagens de todas as observações em vários intervalos de 1°C de temperatura. (Adaptada de Bauwens et al., 1996.)

Temperatura corporal na qual a velocidade de arranque é mais rápida (°C)



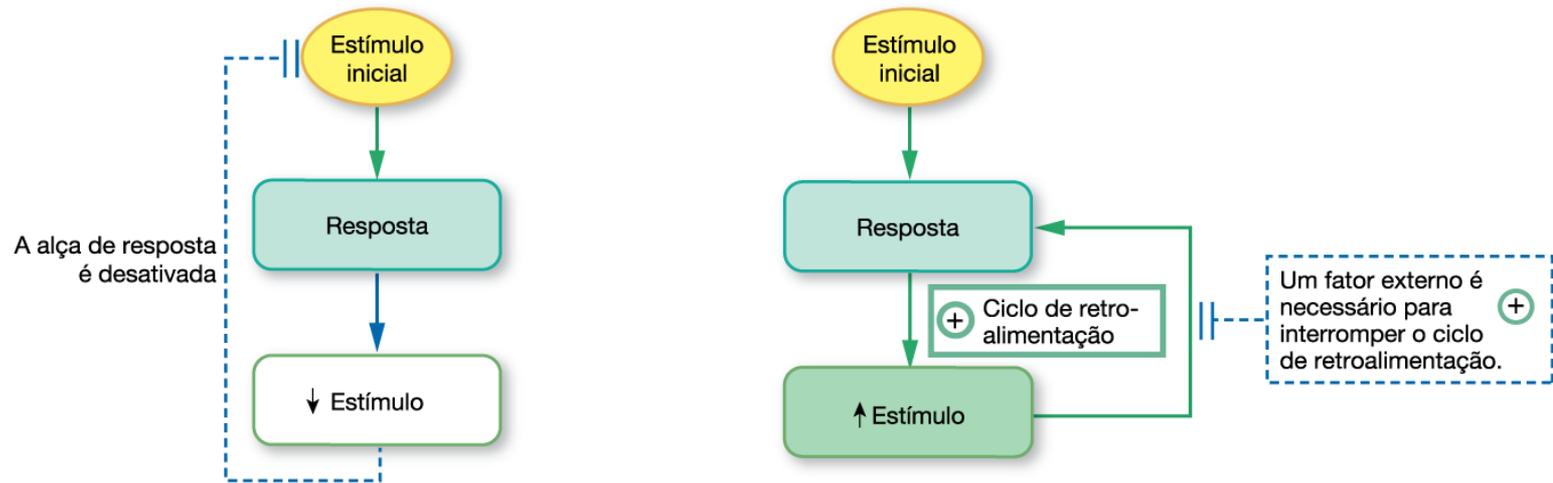
**Figura 9.16 A temperatura corporal na qual 19 espécies de lagartos iguanas são capazes de iniciar uma corrida de velocidade mais rápida se correlaciona bem com as temperaturas corporais reguladas pelo comportamento das espécies** Em cada espécie de lagarto, à medida que a temperatura é aumentada, a velocidade de arranque da corrida aumenta até um certo ponto, mas se a temperatura é aumentada ainda mais, a velocidade de arranque começa a diminuir. A temperatura corporal na qual a velocidade de arranque é maximizada é representada no eixo y para cada uma das 19 espécies. As temperaturas corporais preferidas mantidas pela termorregulação por comportamento na natureza estão no eixo x. (Adaptada de Huey e Kingsolver, 1993).

# Todas as alças de retroalimentação são homeostáticas?



● FIGURA 6-28 Alça de retroalimentação positiva.

# Alças de retroalimentação positiva



**(a) Retroalimentação negativa:** a resposta se opõe ao estímulo, interrompendo a alça de resposta.

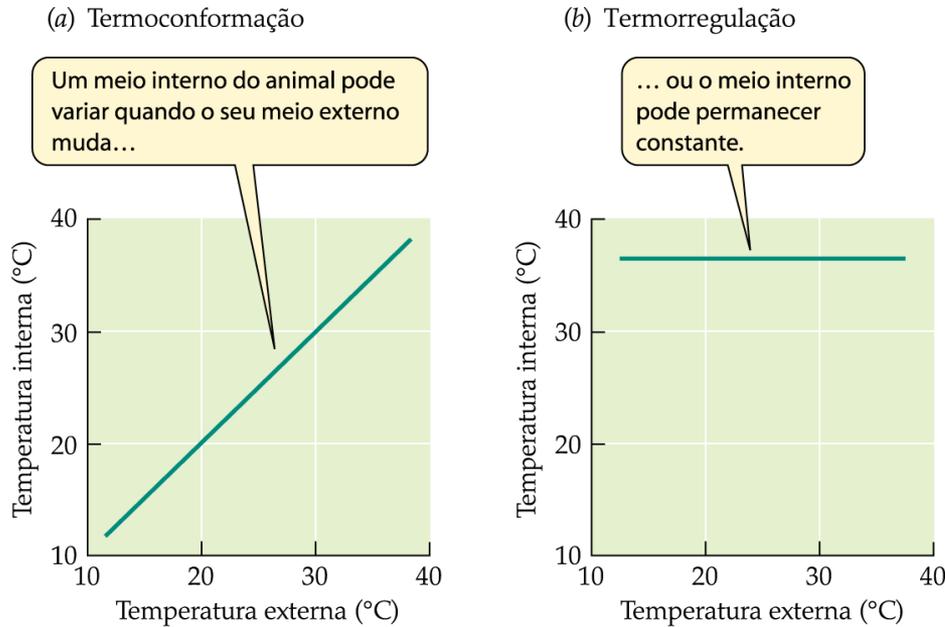
**(b) Retroalimentação positiva:** a resposta reforça o estímulo, afastando a variável do ponto de ajuste.

● **FIGURA 6-27** Retroalimentação negativa e positiva.

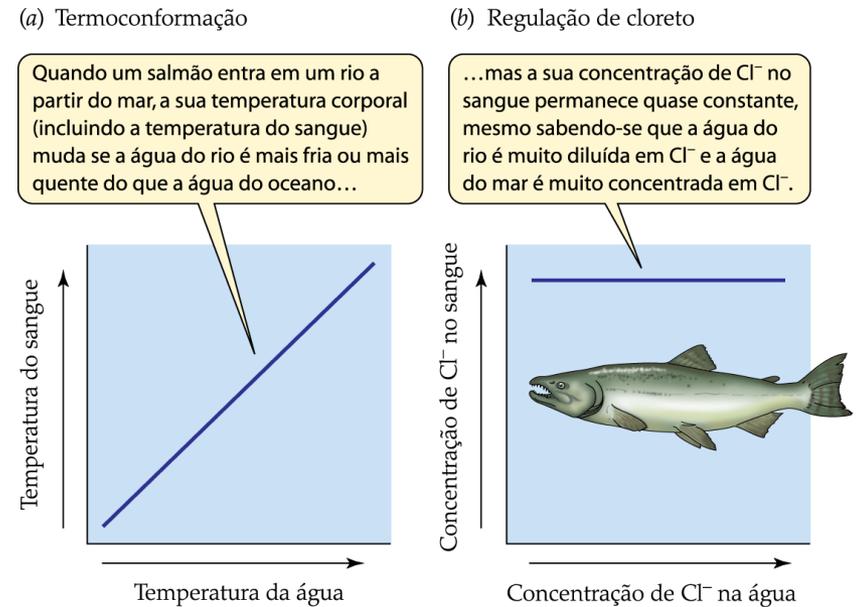
Silverthorn. 2010. Fisiologia Humana. Artmed.

Na alça de retroalimentação positiva, a resposta reforça o estímulo ao invés de diminuí-lo ou removê-lo.

# As variáveis fisiológicas são sempre defendidas?



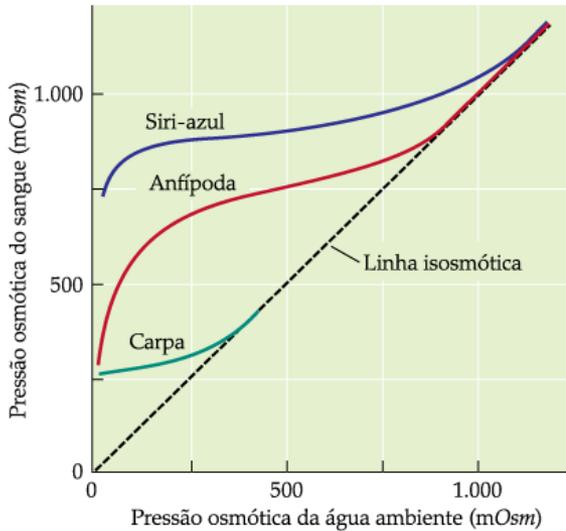
**Figura 1.5 Conformação e regulação** Estes exemplos do estudo da temperatura ilustram os princípios gerais da conformação (a) e da regulação (b).



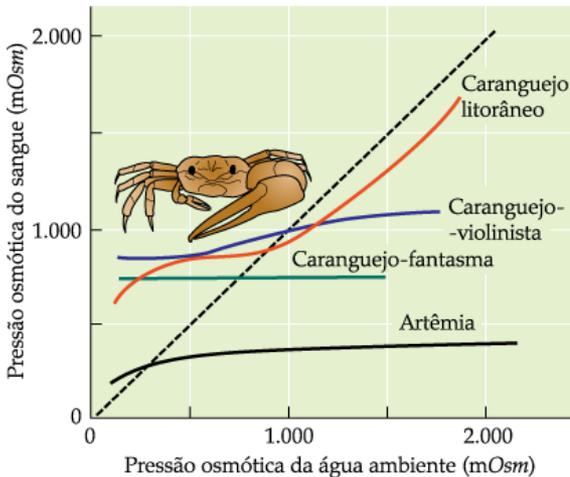
**Figura 1.6 A regulação e a conformação mescladas em uma espécie única** Os salmões são termoconformadores, mas reguladores para cloreto. A apresentação da regulação de  $\text{Cl}^-$  é diagramática; a concentração de  $\text{Cl}^-$  no sangue não é de fato absolutamente constante, mas é um pouco mais alta quando o peixe está na água do mar do que quando na água doce.

# As variáveis fisiológicas são sempre defendidas?

(a) Reguladores hiperisomóticos



(b) Reguladores hiper-hiposmótico

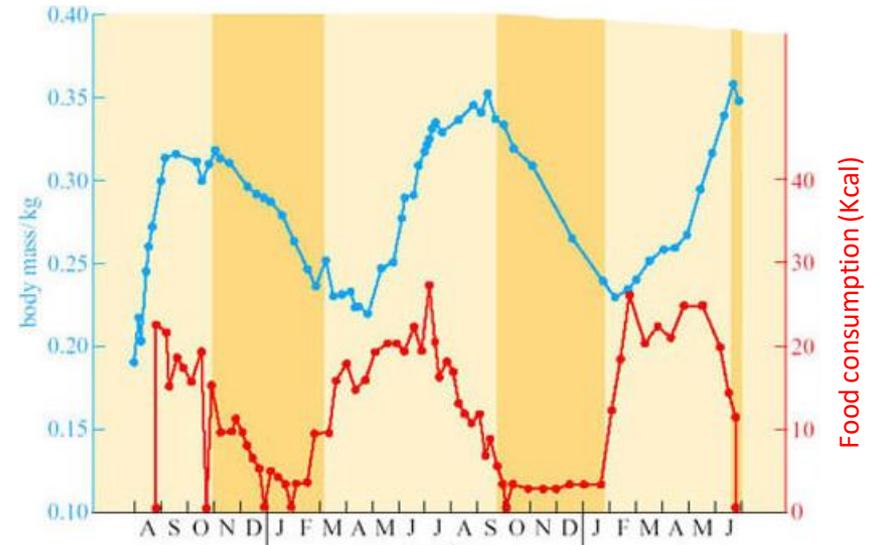


**Figura 27.10 Tipos de regulação osmótica** Para cada animal mostrado, a pressão osmótica é mostrada no gráfico como uma função da pressão osmótica da água ambiente. Cada linha pontilhada é uma linha de igualdade entre a pressão osmótica do sangue e a pressão osmótica do ambiente (linha isosmótica). (a) Três espécies de reguladores hiperisomóticos. Esta regulação é típica de animais de água doce que entram em águas salobras (carpa); e também ocorre em vários caranguejos de praia ou estuário (siri-zul, *Callinectes sapidus*) e em alguns anelídeos e anfípodas (*Gammarus oceanicus*). (b) Quatro espécies de reguladores hiper-hiposmóticos. Este tipo de regulação ocorre em vários caranguejos de praia (o caranguejo-violinista, *Uca pugilator*, e o caranguejo *Pachygrapsus crassipes*), caranguejos semiterrestres (caranguejo-fantasma, *Ocypode cursor*), camarões costeiros e animais adaptados à salinidade de ambientes interiores (artêmia, *Artemia salina*), assim como peixes migratórios eurialinos. (Segundo Hill e Wyse, 1989; D'Orazio e Holliday, 1985; Greenaway, 1988; Kirschner, 1991.)

# Os pontos de ajuste podem ser variáveis?



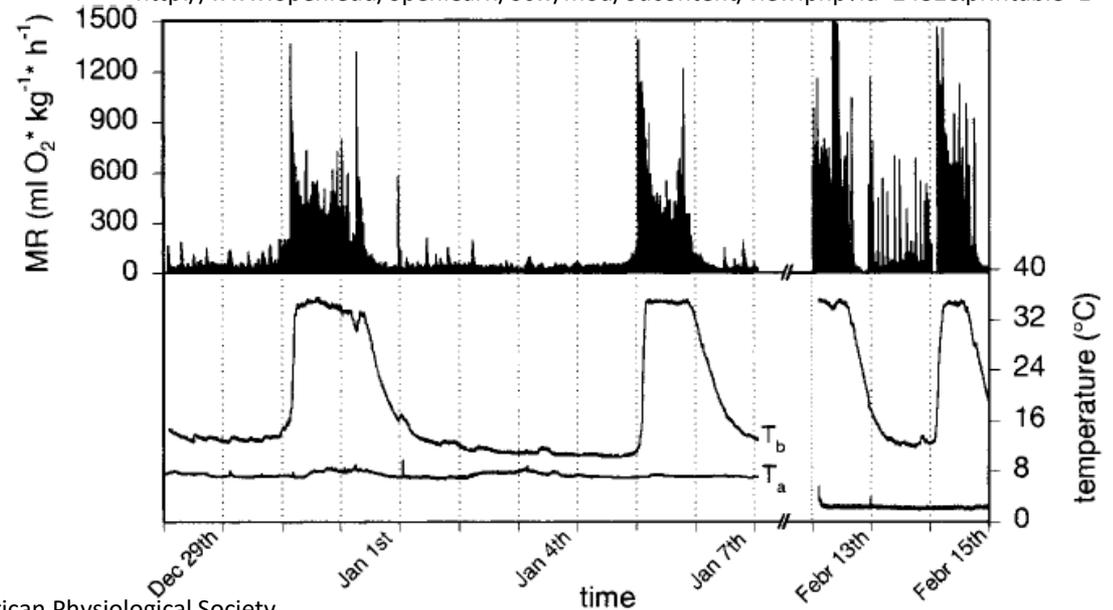
<http://faculty.ucr.edu/~chappell/INW/mammals/AGS.shtml>



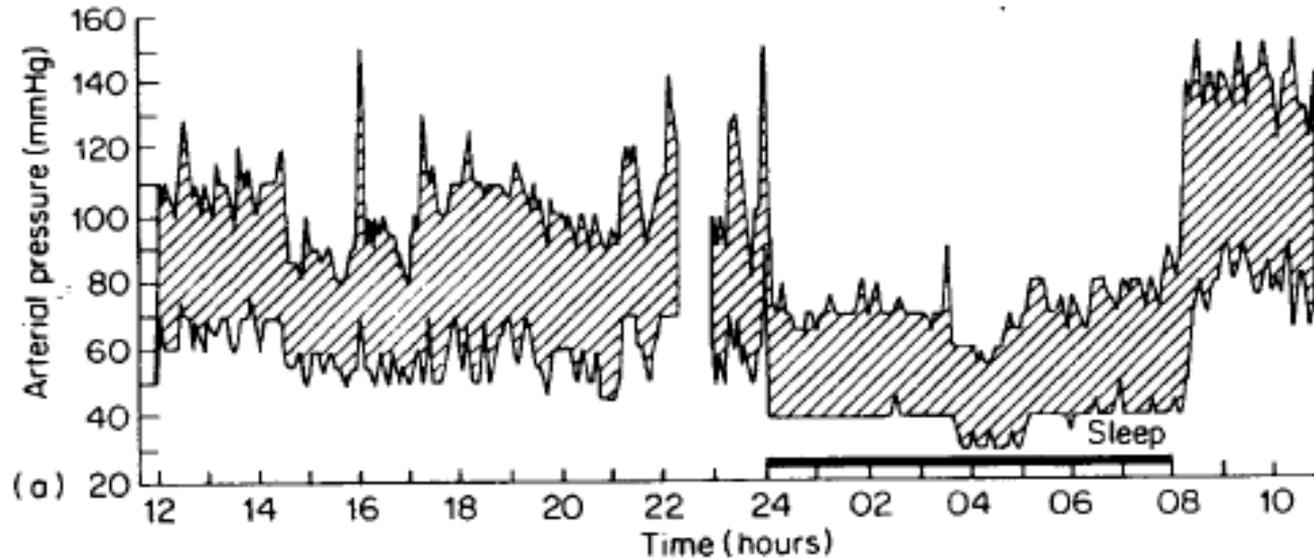
Strumwasser. 1960. Bull. Museum Comp. Zool. **124**. Harvard University

<http://www.open.edu/openlearn/ocw/mod/oucontent/view.php?id=2482&printable=1>

Fig. 2. Time course of weight-specific metabolic rate (MR; *top*) and  $T_b$  and  $T_a$  (*bottom*) over a time period of 13 days.  $T_a$  was decreased from  $\sim 7^\circ\text{C}$  at the end of December through the beginning of January to  $\sim 2.5^\circ\text{C}$  in mid-February.



## Os pontos de ajuste podem ser variáveis?



“to maintain stability an organism must *vary* all the parameters of its internal milieu and match them appropriately to environmental demands” (Sterling & Eyer, 1988).

## Os pontos de ajuste podem ser variáveis?

Quando desidratados, os dromedários toleram ampla variação da temperatura corpórea.

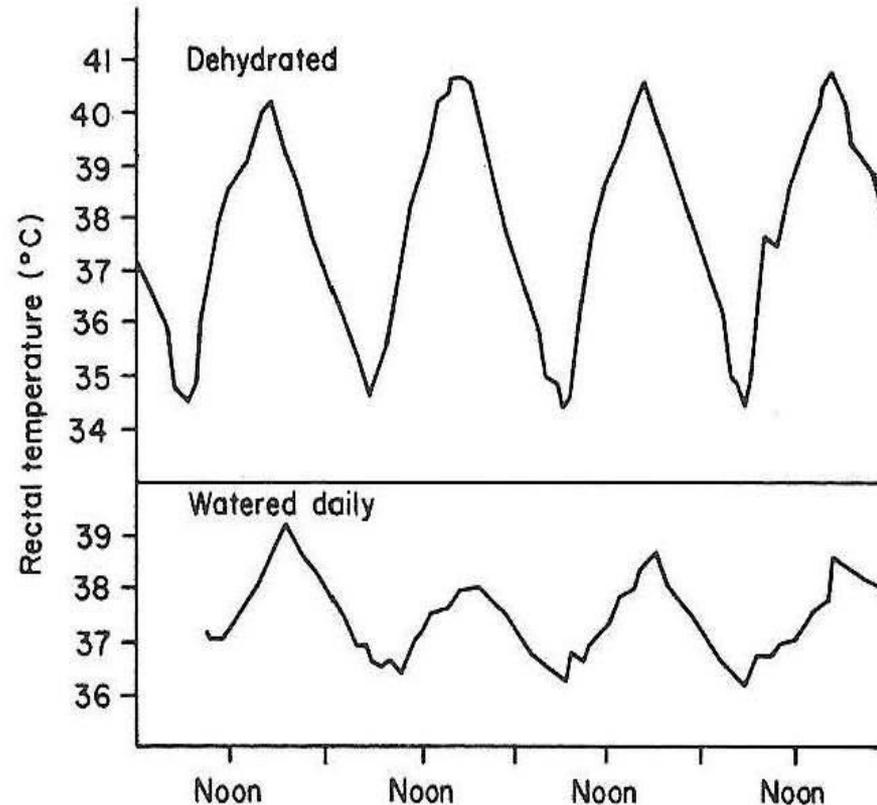
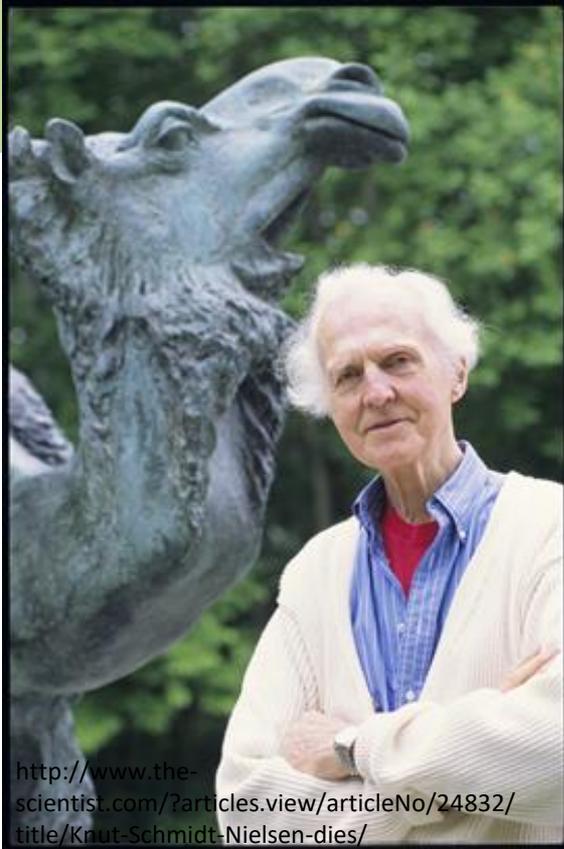


Figure 1–5. Diurnal changes in the rectal temperature of a camel. (Based on Schmidt-Nielsen et al., 1957, adapted from Schmidt-Nielsen, 1964, *Desert Animals: Physiological problems of heat and water*. Oxford University Press.)



<http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/24832/title/Knut-Schmidt-Nielsen-dies/>