

# Ergonomia 2007

## Módulo: Fisiologia do trabalho

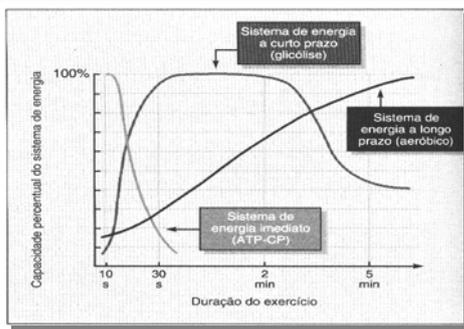
Paulo Cesar B. Bento

## Fisiologia do Trabalho

- **Bioenergética**
- Aspectos cardiovasculares
- Medidas do custo energético do trabalho pelo consumo de O<sub>2</sub>
- Correlação VO<sub>2</sub> x FC
- Estimativa da carga de trabalho com base na FC
- Metabolismo, lactato sanguíneo e fadiga
- **Medidas e avaliação da aptidão cardiorrespiratória**

Paulo Cesar B. Bento

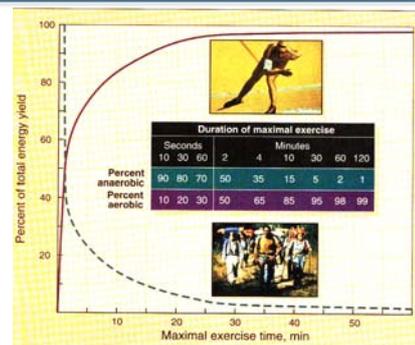
## CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS SISTEMAS DE ENERGIA



(McARDLE, 1998)

Paulo Cesar B. Bento

## PERCENTUAL DE RENDIMENTO ENERGÉTICO



(McARDLE, 1998)

Paulo Cesar B. Bento

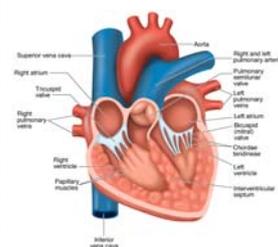
## Fisiologia do Trabalho

**Sistema circulatório** > 03 componentes

- Bomba: Coração
- Sistema de canais: vasos sanguíneos
- Meio líquido: sangue

Paulo Cesar B. Bento

## Coração



- 02 átrios > câmaras receptoras
- 02 ventrículos > unidades de envio
- É a principal bomba de todo o sistema vascular

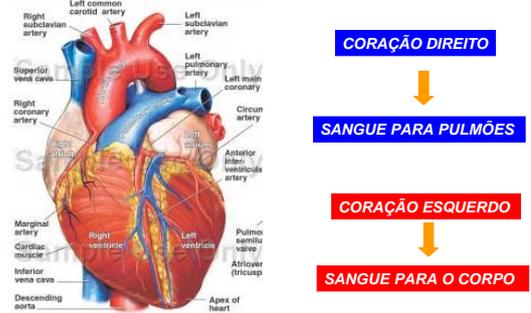
Paulo Cesar B. Bento

## Sistema vascular



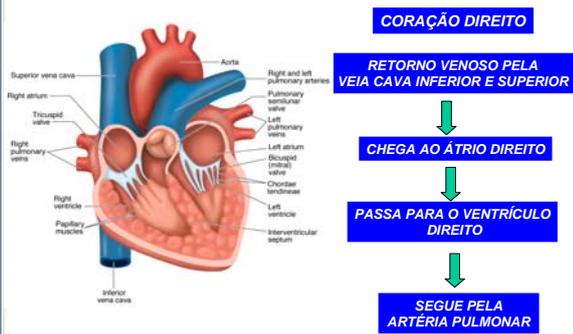
Paulo Cesar B. Bento

## Fisiologia do Trabalho



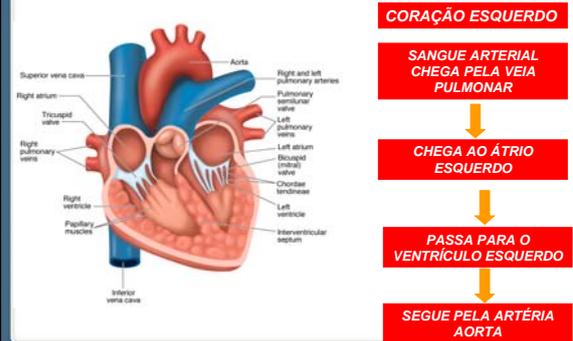
Paulo Cesar B. Bento

## Fisiologia do Trabalho



Paulo Cesar B. Bento

## Fisiologia do Trabalho



Paulo Cesar B. Bento

## Miocárdio

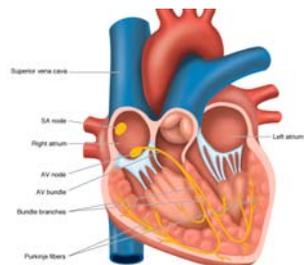
- No músculo cardíaco as fibras são anatomicamente interconectadas;
- Conectadas término-terminalmente pelos discos intercalares;
- O coração se contrai como uma grande fibra.



Paulo Cesar B. Bento

## Controle intrínseco

- Nodo sinoatrial (SA)
- Nodo atrioventricular
- Feixe atrioventricular (His)
- Fibras de Purkinje



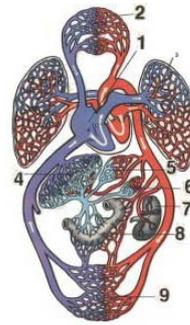
Paulo Cesar B. Bento

## Controle extrínseco

- Sistema nervoso parassimpático ( redução dos bpm)
- Sistema nervoso simpático (aumento dos bpm)
- Sistema endócrino (adrenalina e noradrelina) > aumento dos bpm > situações de estresse

Paulo Cesar B. Bento

## Sistema cardiovascular



### CORAÇÃO + TRAMA VASCULAR

- 1- Coração esquerdo (átrio, ventrículo, aorta)
- 2- Artérias (cerebrais)
- 3- Arteriolas ou capilares (pulmonares)
- 4- Vênulas (hepáticas)
- 5- Veias (renais)
- 10- Coração direito (átrio, ventrículo e cava)

Paulo Cesar B. Bento

## ADAPTAÇÃO CARDIOVASCULAR AO EXERCÍCIO

-As duas principais alterações cardiovasculares que ocorrem durante o exercício são representadas pelo aumento do débito cardíaco e pela alteração da distribuição do fluxo sanguíneo, que se afasta de órgãos inativos dirigindo-se para os músculos esqueléticos ativos.

-A redistribuição do fluxo sanguíneo durante o exercício implica na vasoconstrição das arteriolas que irrigam as áreas inativas do corpo e a vasodilatação nos músculos ativos causado por aumento da temperatura local e nos níveis de CO<sub>2</sub> e redução do O<sub>2</sub> no sangue.

Paulo Cesar B. Bento

## DÉBITO CARDÍACO

Débito cardíaco é definido como a quantidade de sangue bombeada por minuto pelo coração, mais especificamente pelo ventrículo esquerdo;

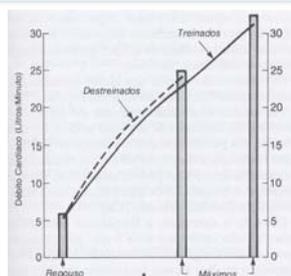
Durante o exercício o débito cardíaco pode aumentar em até 5 ou 6 vezes quando comparados aos valores de repouso (30L min);

Atletas altamente treinados que se sobressaem em provas de endurance muscular podem atingir valores de até 40 L min;

$$DC = VE \times FC$$

Paulo Cesar B. Bento

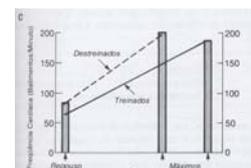
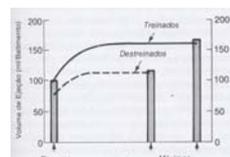
## DÉBITO CARDÍACO



FOX EL; BOWERS,R; FOSS,M. *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos*. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1991.

Paulo Cesar B. Bento

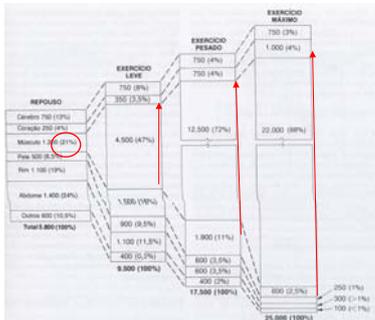
## DÉBITO CARDÍACO



FOX EL; BOWERS,R; FOSS,M. *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos*. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1991.

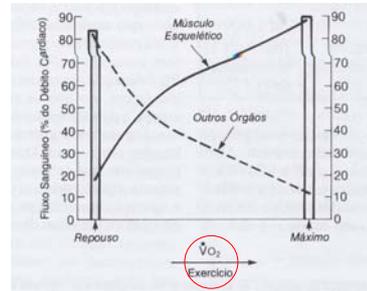
Paulo Cesar B. Bento

## Redistribuição de fluxo sanguíneo



Paulo Cesar B. Bento

## Redistribuição de fluxo sanguíneo



Paulo Cesar B. Bento

## Aptidão cardiorespiratória

### Variáveis para avaliação e prescrição

FC máx  
FC Res

VO<sub>2</sub> Máx

Demanda Energética

PSE

Limiar de Lactato

Limiar Ventilatório

Economia de Movimento

Paulo Cesar B. Bento

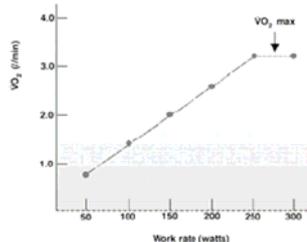
## Aptidão Cardiorespiratória

- Resistência cardiorespiratória é a capacidade de todo o corpo sustentar o exercício prolongado.
- Medida mais utilizada: VO<sub>2</sub>máx ou Potência Aeróbia Máxima
- Vo2máx**: maior taxa de consumo de oxigênio que pode ser atingida durante o exercício máximo exaustivo. (captação; transporte e utilização por unidade de tempo)

Paulo Cesar B. Bento

## Aptidão Cardiorespiratória

VO<sub>2</sub> máx. - Taxa máxima de oxigênio que o corpo pode consumir durante o exercício.



Paulo Cesar B. Bento

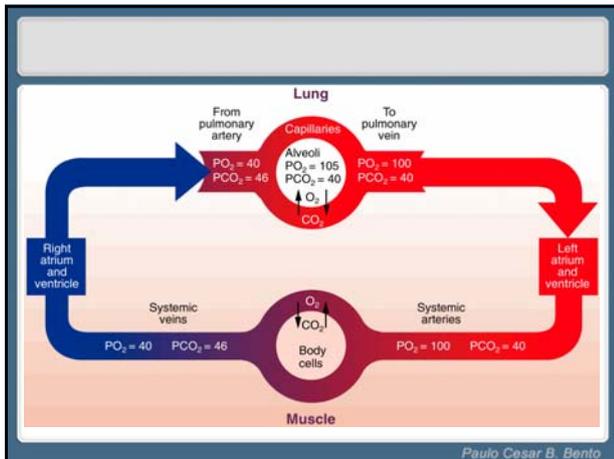
## Aptidão Cardiorespiratória

Captação de O<sub>2</sub> → Sist. Respiratório

Transporte O<sub>2</sub> → Sist. Cardiovascular

Consumo de O<sub>2</sub> → Metabolismo celular

Paulo Cesar B. Bento



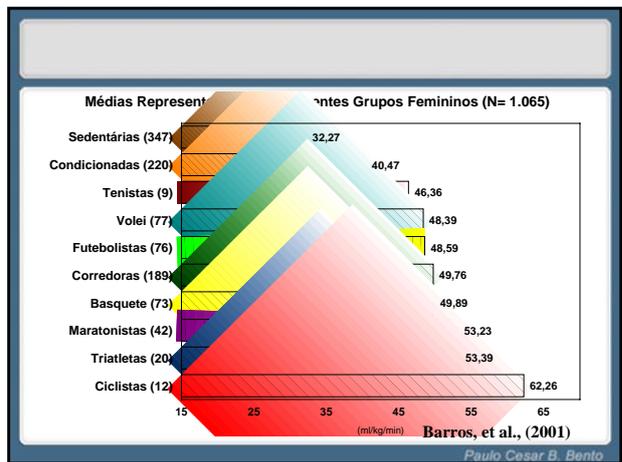
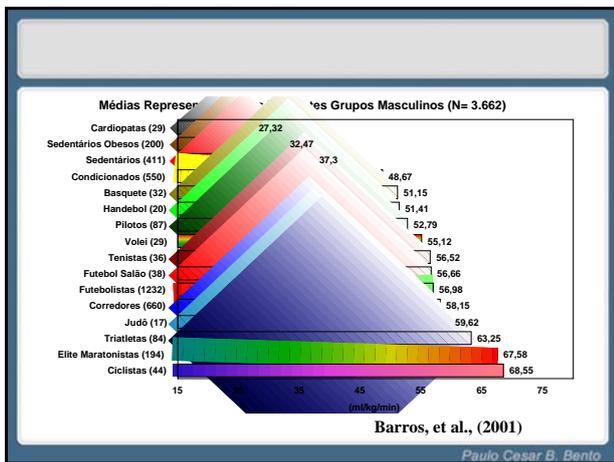
### Sistema de transporte de O<sub>2</sub>

- Funções compartilhadas pelo sistema cardiovascular e respiratório

$$Vo_2 = VE \times FC \times a-vO_2$$

(EQUAÇÃO DE FICK)

*Paulo Cesar B. Bento*



### FC durante trabalho físico

% VO <sub>2</sub> máx	% FCmáx
28	50
42	60
56	70
70	80
83	90
100	100

*Paulo Cesar B. Bento*

### TAXA DE ESFORÇO PERCEBIDO (TEP), BORG (1982)

TAXA DE ESFORÇO PERCEBIDO (TEP) DE BORG
6
7 MUITO, MUITO LEVE
8
9 MUITO LEVE
10
11 LEVE
12
13 MODERADO
14
15 FORTE
16
17 MUITO FORTE
18
19 MUITO, MUITO FORTE
20

*Paulo Cesar B. Bento*

**Classificação da intensidade do exercício com 20 a 60 min de duração comparando três métodos**

**Intensidade relativa (%)**

F.C.máx	$\dot{V}O_2$ max / F.C.res.	T.E.P	Classificação
< 35%	< 30%	< 9	Muito Leve
35-59%	30-49%	10-11	Leve
60-79%	50-74%	12-13	Moderado
80-89%	75-84%	14-16	Intenso
≥ 90%	≥ 85%	> 16	Muito intenso

Adaptado de Pollock and Wilmore (1990).

Paulo Cesar B. Bento

**FC durante trabalho físico**

- FC de repouso
- FC média durante o trabalho
- FC de trabalho (FC média trabalho – FC de repouso)
- Soma dos pulsos de recuperação (final do trabalho até atingir valores de repouso). Obs: posição do corpo

Paulo Cesar B. Bento

**Sobrecarga de Trabalho estimada**

Carga de trabalho	Consumo de O2 (L/min)	Ventilação pulmonar (L/min)	Temperatura retal (°C)	Frequência cardíaca
Muito leve	0,25 – 0,30	6-7	37,5	60 – 70
Baixa	0,50 -1,00	11-20	37,5	75 – 100
Regular	1,00 – 1,50	20-31	37,5 – 38	100 – 125
Alta	1,50 – 2,00	31-43	38 – 38,5	125 – 150
Muito alta	2,00 – 2,50	43-56	38,5 – 39	150 – 175
Extremamente alta	2,50 – 4,00	60-100	Acima 39	Acima de 175

Paulo Cesar B. Bento

**FC durante trabalho físico**

- FC de repouso
- FC média durante o trabalho
- FC de trabalho (FC média trabalho – FC de repouso)
- Soma dos pulsos de recuperação (final do trabalho até atingir valores de repouso). Obs: posição do corpo

Paulo Cesar B. Bento

**Limites aceitáveis de carga**

- FC não deve aumentar continuamente e que a FC de repouso retorne aos valores de repouso (15 min). Steady State.
- Esta carga é chamada de carga limite de trabalho para uma jornada de 8 horas.

Karrasch e Müller (Grandjean, 1998)

Paulo Cesar B. Bento

**Limites aceitáveis de carga**

- Grandjean (1998) propõe:
- Homens: FC de trabalho 35 bpm
- Mulheres: FC de trabalho 30 bpm
- OBS: FC repouso deve ser mensurada na posição sentada.

Paulo Cesar B. Bento

## Fisiologia do Trabalho



Figura 3 - Aumento na Taxa de Pulsação Associado com vários tipos de Esforços (GRANDJEAN, 1988).

Paulo Cesar B. Bento

## Fisiologia do Trabalho

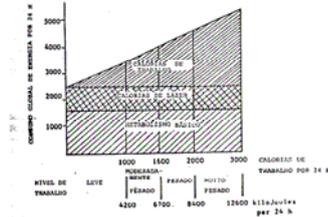


Figura 2 - Consumo global de energia de um homem comparado com o seu consumo trabalhando.

Paulo Cesar B. Bento

## Fisiologia do Trabalho

Tabela 4 - Valores médios de taxa de pulsação e tempo gasto nas atividades do serviço de colheita de sementes.

Atividade	Taxa de Pulsação		Tempo	
	Média	Desvio Padrão	Minutos	%
Escalar	137	9,0	51,2	11,4
Descer	118	6,8	49,4	10,4
Podar	123	7,2	126,4	28,2
Picar	111	8,6	84,8	18,9
Deslocar	106	10,9	38,4	8,6
Pesar	102	11,2	100,8	22,5

AVLIAÇÃO DO ESFORÇO FÍSICO  
DISPENDIDO EM OPERAÇÕES FLORESTAIS:  
UM EXEMPLO NA OPERAÇÃO DE COLHEITA  
DE SEMENTES

FERNANDO SILVA

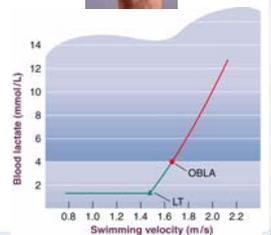
Paulo Cesar B. Bento

## Limiar de lactato

- O limiar de lactato é o ponto no qual o lactato sanguíneo começa a se acumular acima da concentração de repouso.



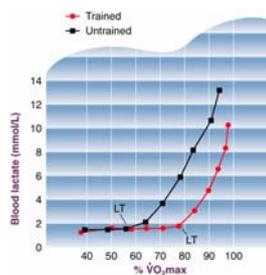
- Acúmulo de lactato sanguíneo é um valor padrão estabelecido em 2,0 ou 4,0 mmol
- Wilmore & Costill, 2001



Paulo Cesar B. Bento

## Limiar de Lactato

- Início do acúmulo de lactato sanguíneo, quando a intensidade do exercício ultrapassa a 50 a 60% do  $VO_2$  max em indivíduos não treinados e 70 a 80% do  $VO_2$  max. em indivíduos treinados em endurance. Wilmore & Costill, 2001



Paulo Cesar B. Bento