



LAPHY-CARPHY

EMRP-USP

*AVALIAÇÃO
CARDIOPULMONAR
E PARÂMETROS
UTILIZADOS NA
AVALIAÇÃO
TERAPÊUTICA*



O que mede a
avaliação
cardiopulmonar?

- **Capacidade de exercício do indivíduo através da avaliação concomitante dos parâmetros:**
 - **Cardiovasculares**
 - **Respiratórios**
 - **Metabólicos**
 - **Musculares**

De que forma?

- ❑ Capacidade de exercício do indivíduo.
 - ❑ Volume ventilado (Performance respiratória)
 - ❑ Consumo de Oxigênio
 - ❑ Produção de Dióxido de Carbono
 - ❑ Performance cardíaca

De que forma?

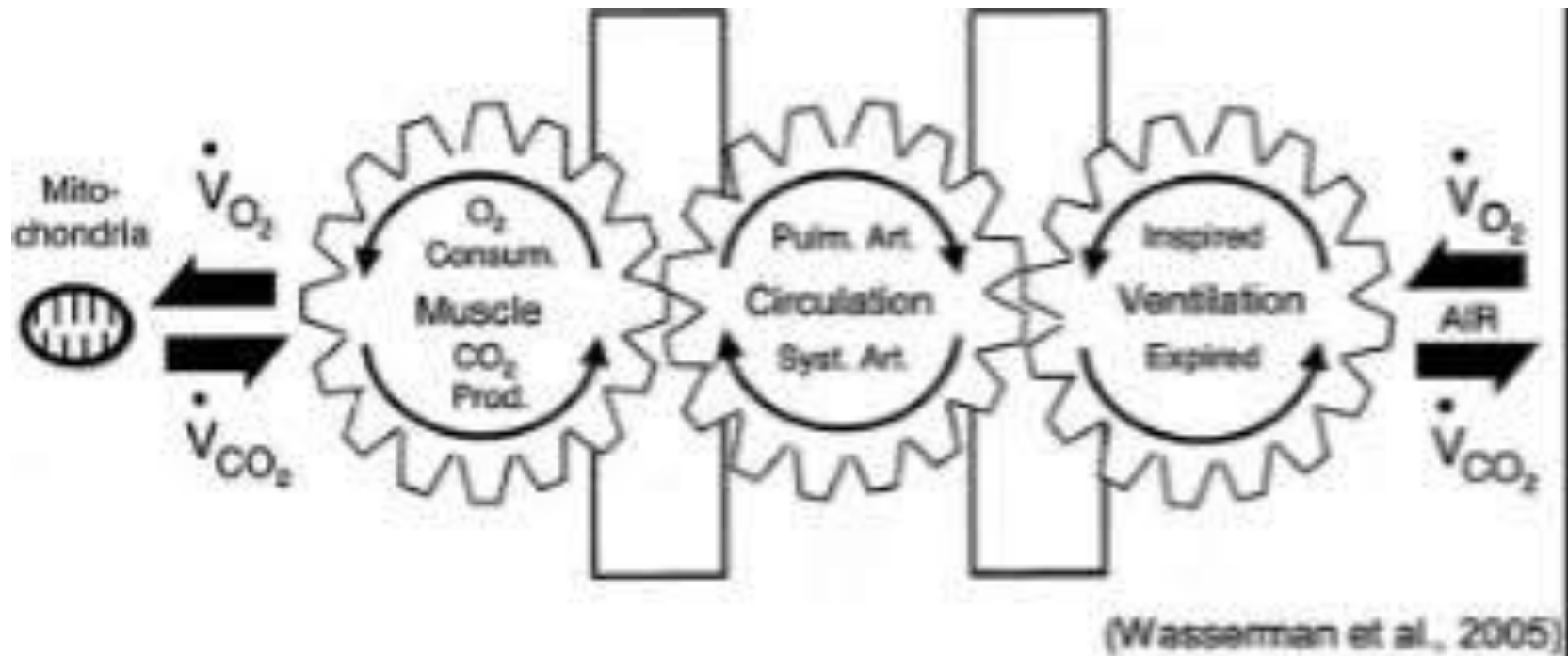
- ❑ Capacidade de exercício do indivíduo.
 - ❑ Volume ventilado

❑ Consumo de Oxigênio

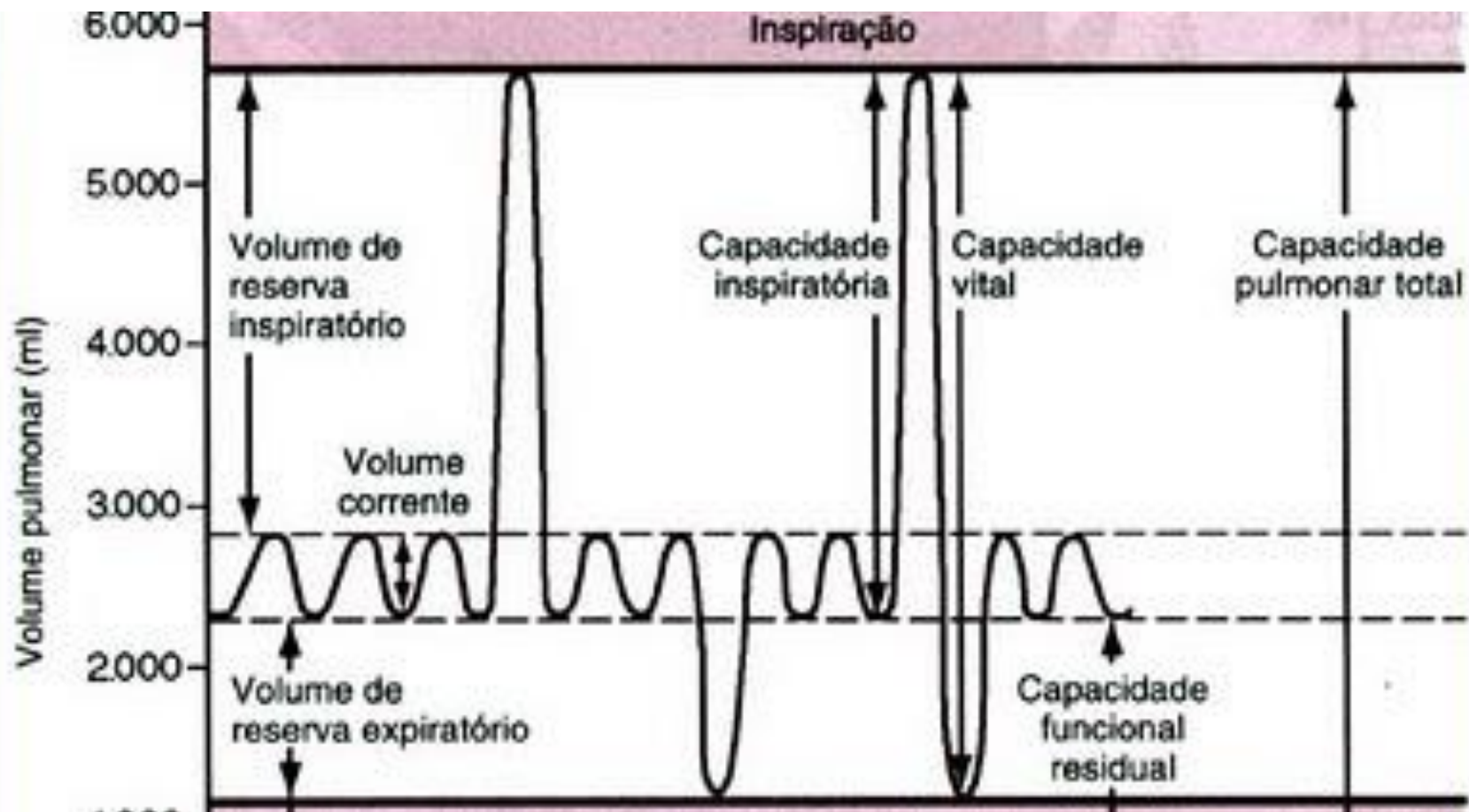
- ❑ Produção de Dióxido de Carbono
- ❑ Performance cardíaca

Avaliação Cardiopulmonar

“Teste de esforço”

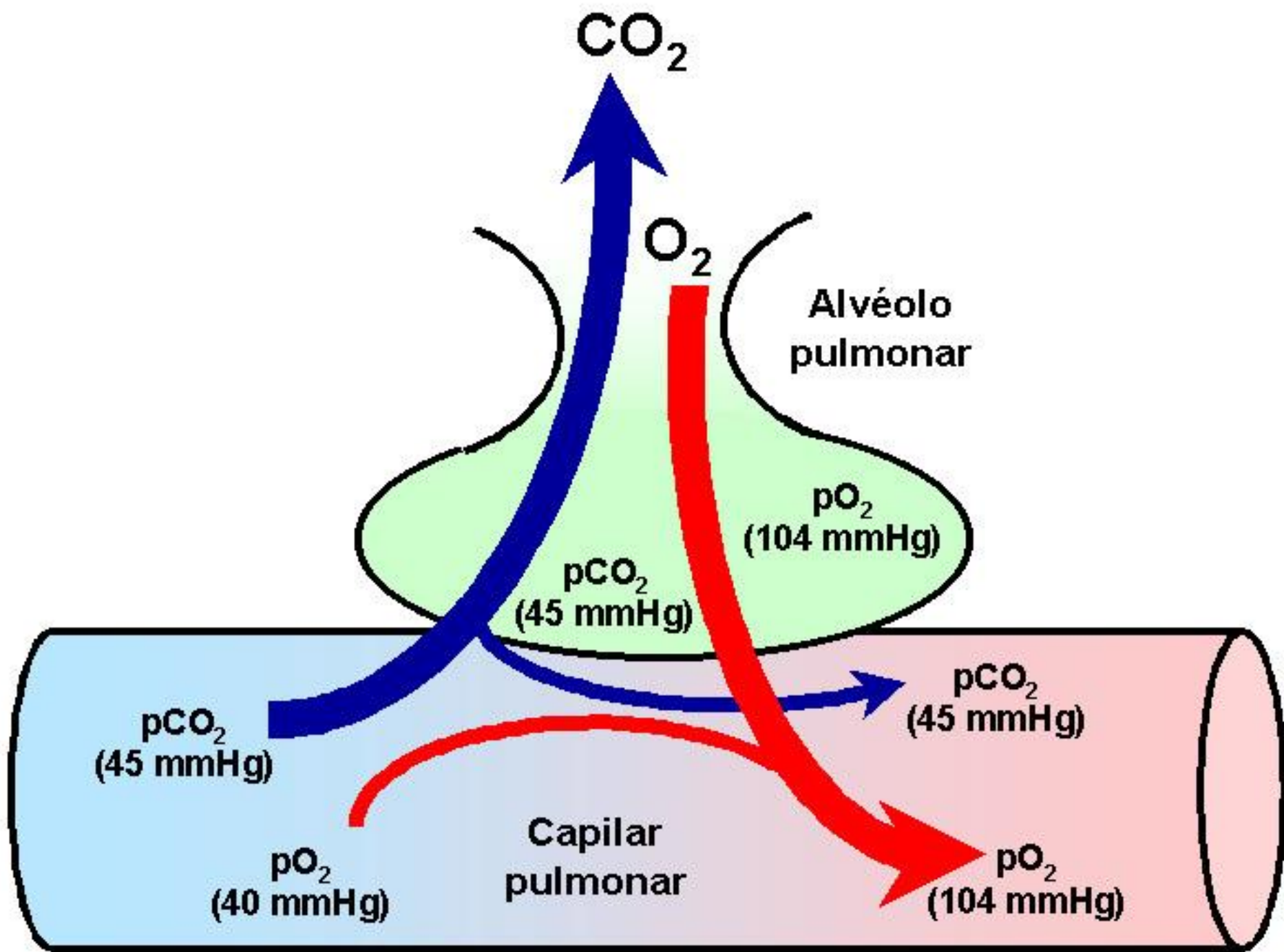






PRESSÕES PARCIAIS DOS GASES RESPIRATÓRIOS AO NÍVEL DO MAR

GÁS	AR ATM mmHg	AR UMID mmHg	AR ALV mmHg	AR EXP mmHg
N ₂	597 78,6%	563 74,1%	569 74,9%	566 74,5%
O ₂	159 20,8%	149 19,6%	104 13,6%	120 15,7%
CO ₂	0,3 0,04%	0,3 0,04%	40 5,3%	27 3,6%
H ₂ O	3,7 0,5%	47 6,2%	47 6,2%	47 6,2%
TOTAL	760 100%	760 100%	760 100%	760 100%



2.000 metros

Campos do Jordão

São Paulo

Santos

1.000

0

altitude : 1700 m

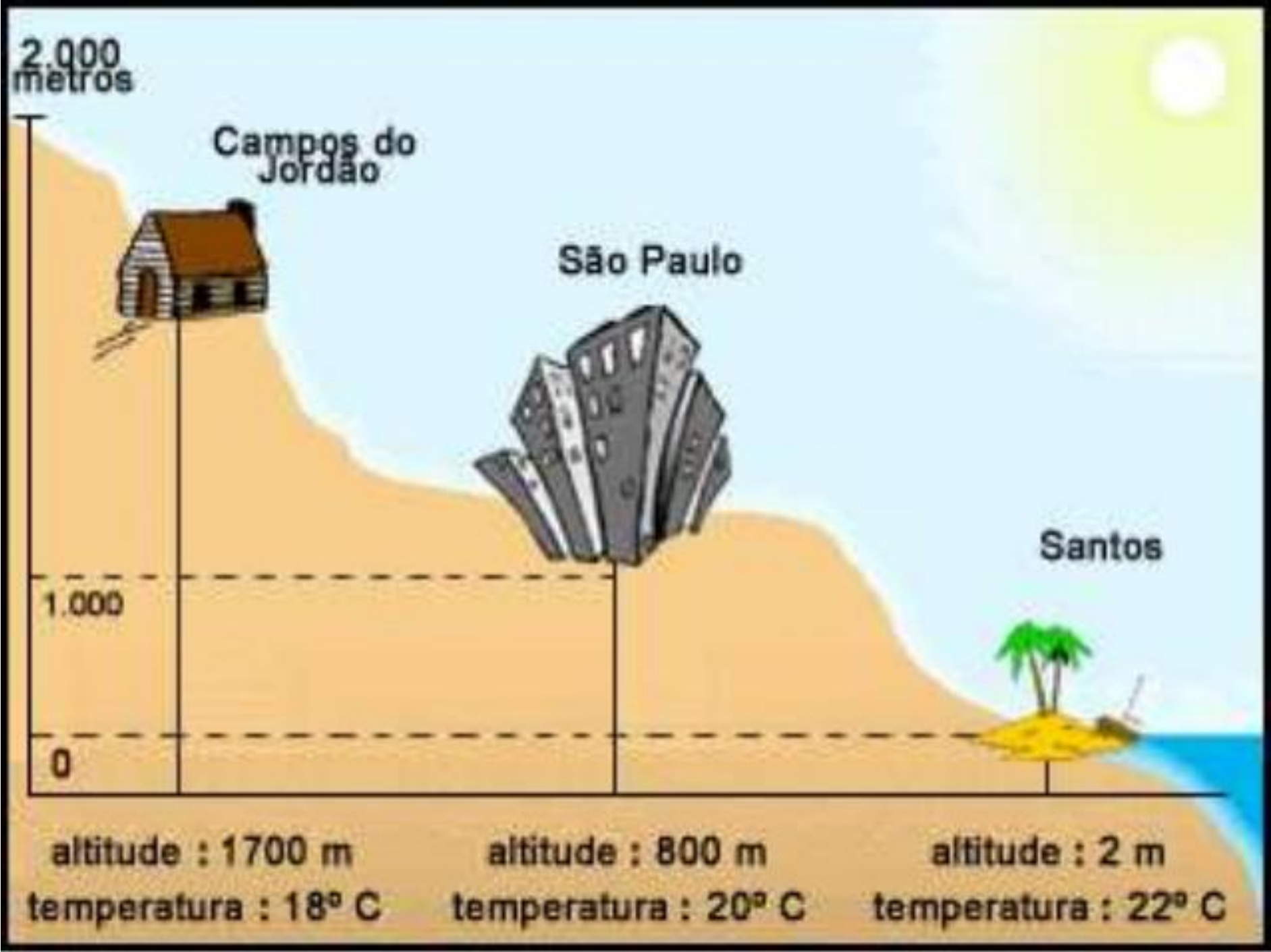
altitude : 800 m

altitude : 2 m

temperatura : 18° C

temperatura : 20° C

temperatura : 22° C



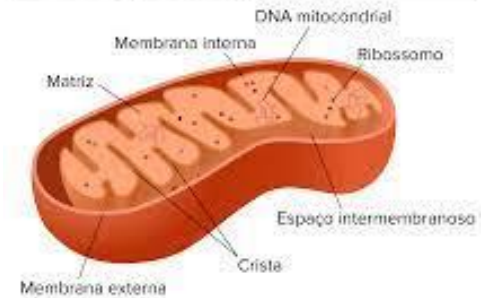
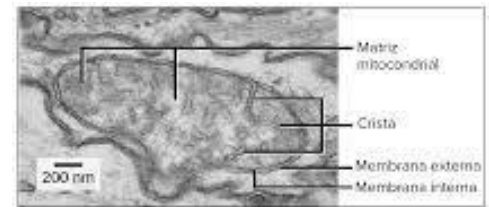
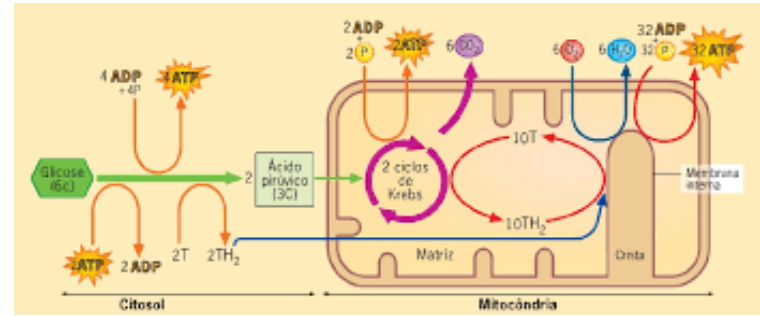
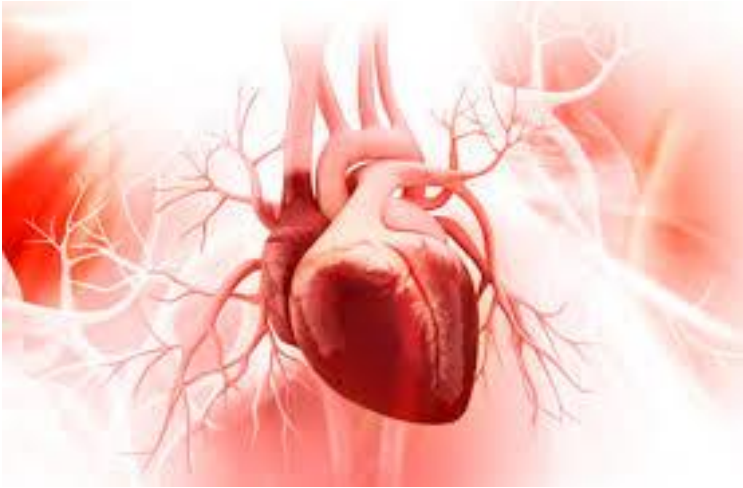
Consumo de Oxigênio:

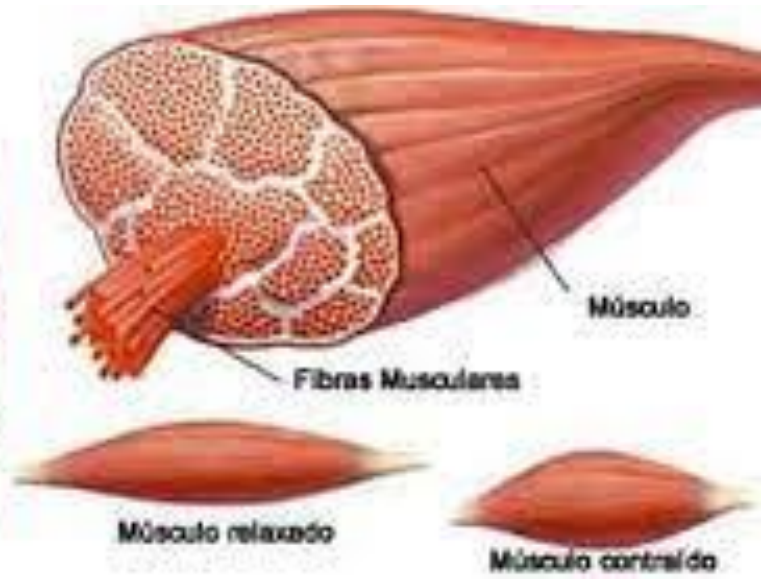
□ VO_2

□ VO_2 pico

□ VO_2 Máximo







Indicações :

- ❑ Diagnóstico
- ❑ Prescrição de exercícios terapêuticos
- ❑ Avaliação em atletas
 - ❑ Prescrição de treinamento
 - ❑ Verificação da eficácia do treinamento

Indicações :

- ❑ Diagnóstico

- ❑ Prescrição de exercícios terapêuticos

- ❑ Avaliação em atletas

 - ❑ Prescrição de treinamento

 - ❑ Verificação da eficácia do treinamento

Diagnóstico:

- ❑ Doença arterial coronariana, isquemias
- ❑ Insuficiência cardíaca congestiva
- ❑ Arritmias
- ❑ Hipertensão arterial
- ❑ Insuficiência arterial periférica

Diagnóstico – Contra-indicações

- **Angina instável progressiva ou de repouso;**
- **Arritmias paroxísticas em crise;**
- **Arritmias ventriculares complexas não controladas;**
- **Miocardites e pericardites agudas;**
- **Infarto agudo do miocárdio em evolução instável;**
- **Estenose aórtica grave;**

Indicações:

- ❑ Diagnóstico

- ❑ Prescrição de exercícios terapêuticos

- ❑ Avaliação em atletas

 - ❑ Prescrição de treinamento

 - ❑ Verificação da eficácia do treinamento

Prescrição de exercícios terapêuticos:

- ❑ Pacientes isquêmicos
- ❑ Pacientes com insuficiência cardíaca
- ❑ Arrítmicos
- ❑ Hipertensos
- ❑ Insuficiência arterial periférica
- ❑ Obesidade
- ❑ Sedentários com mais de 35 anos

Indicações:

- ❑ Diagnóstico

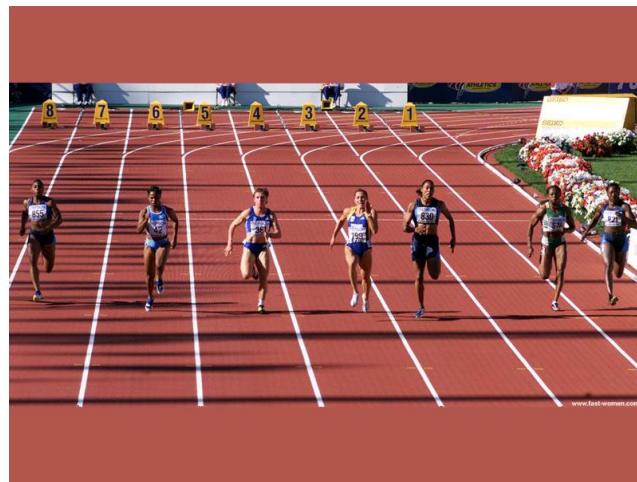
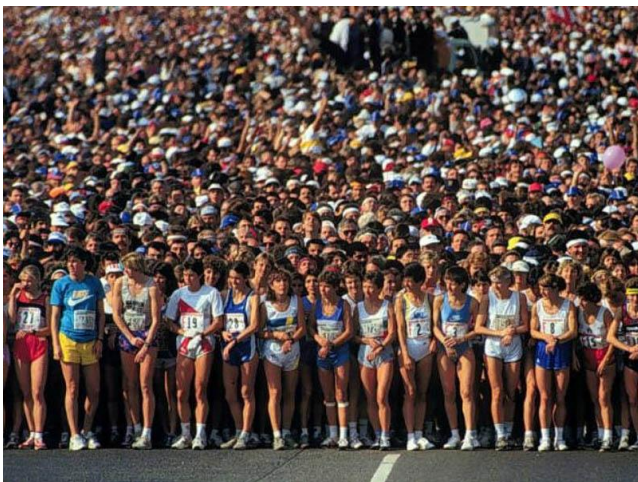
- ❑ Prescrição de exercícios terapêuticos

- ❑ **Avaliação em atletas**

 - ❑ **Prescrição de treinamento**

 - ❑ **Verificação da eficácia do treinamento**

Avaliação da performance:



METODOLOGIA

- ❑ Condições básicas para a programação do teste

- ❑ Equipe de profissionais;

- ❑ Área física

- ✓ Luminosidade;
 - ✓ Ventilação;
 - ✓ Dimensões;
 - ✓ Temperatura;
 - ✓ Umidade



- ✓ **Cicloêrgometro de frenagem eletromagnética;**
- ✓ **Esteira rolante com velocidade e inclinação**



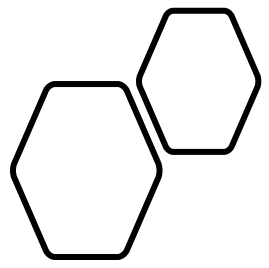
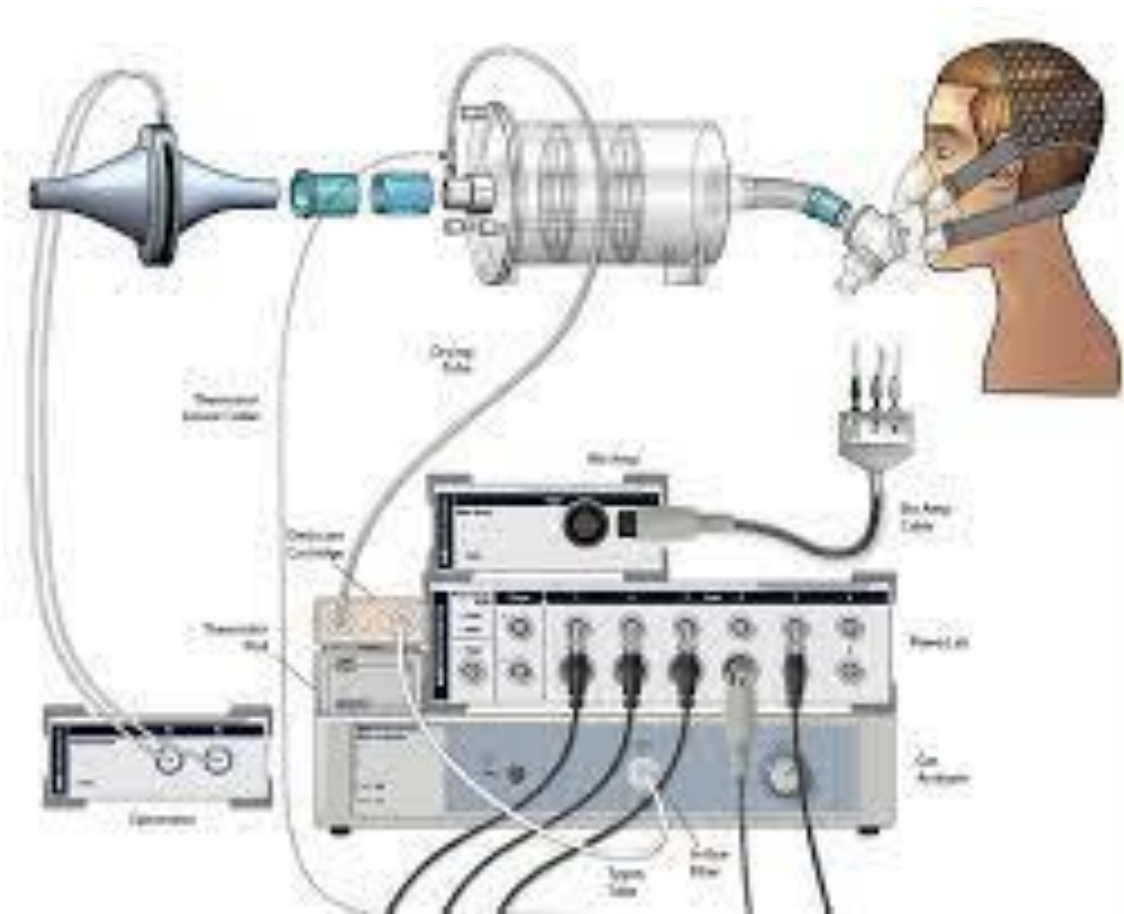
✓ Ergômetros de manivela;



- ✓ **Exercícios ao ar livre - Sistema de telemetria;**









Orientações ao sujeito para o teste de esforço

- ✓ **Vestuário;**
- ✓ **Medidas higiênicas e dietéticas;**
- ✓ **Atividades físicas prévias;**
- ✓ **Suspensão da medicação.**

**Tempo de suspensão dos medicamentos para a realização dos TE,
quando a principal finalidade é diagnóstica**

Medicação	Dias de suspensão prévia
AAS	1
Amiodarona	30
β -bloqueadores	De 4 a 8
Bloqueadores canais de cálcio	De 1 a 4
Dipiridamol	1
Digoxina	De 7 a 10
Inibidores da ECA	1
Diuréticos	3
Anti-arrítmicos	De 3 a 5
Nitrato	1
Metil-dopa e clonidina	1

Obs: considerando-se que o fenômeno de rebote pode ser evidenciado na suspensão dos β -bloqueadores e de alguns agentes anti-hipertensivos, solicita-se a necessidade de retirada gradual do fármaco antes do exame.

Condição básica para a realização do teste

Fase pré-teste

- **Dados da ficha cadastral;**
- **Peso e estatura;**
- **Tricotomia, se necessária;**
- **Desengorduramento da pele;**
- **Eletrodos;**
- **Repouso preliminar;**
- **Anamnese dirigida;**
- **Ausculta pulmonar;**
- **ECG clássico de 12 derivações;**
- **Medidas da PA.**

Escolha dos sistemas de registro e monitorização

Sistema de uma derivação (CM_5)

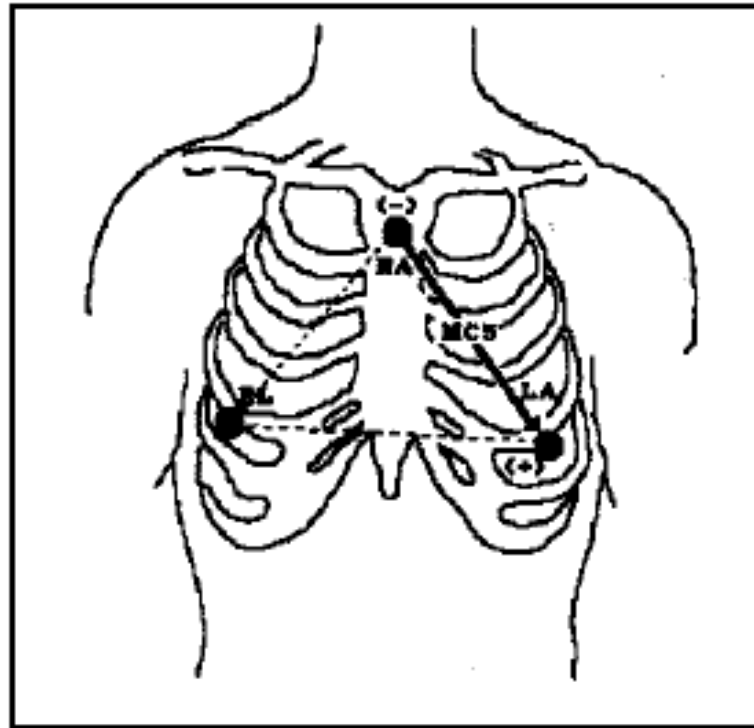


Fig. 1 - Derivação CM_5 , com o eletrodo negativo (RA = braço direito) próximo à fíbula (manúbrio), e o positivo (LA = braço esquerdo) em V_5 . O eletrodo comum (RL = perna direita) é normalmente posicionado próximo a V_5R .

Sistema de três derivações

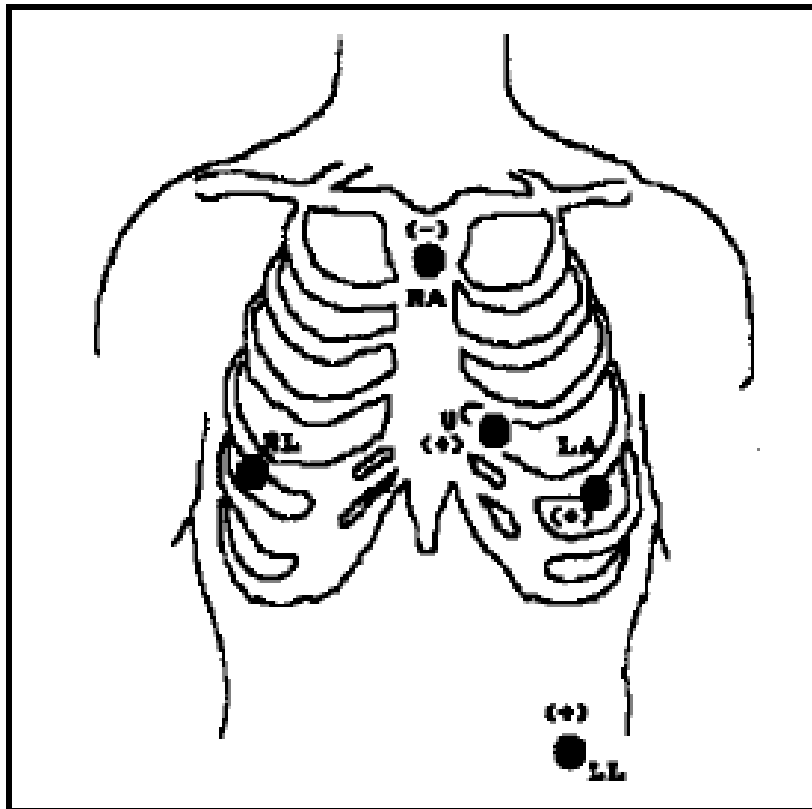


Fig. 2 - Sistema de três derivações, com CM_3 , aVF e V_2 modificadas. Além da derivação CM_3 (que mede a diferença de potencial entre braços direito e esquerdo - RA e LA), adiciona-se aVF (obtida entre RA = braço direito e LL = perna esquerda) e V_2 (obtida em V_2).

Sistema de 12 derivações

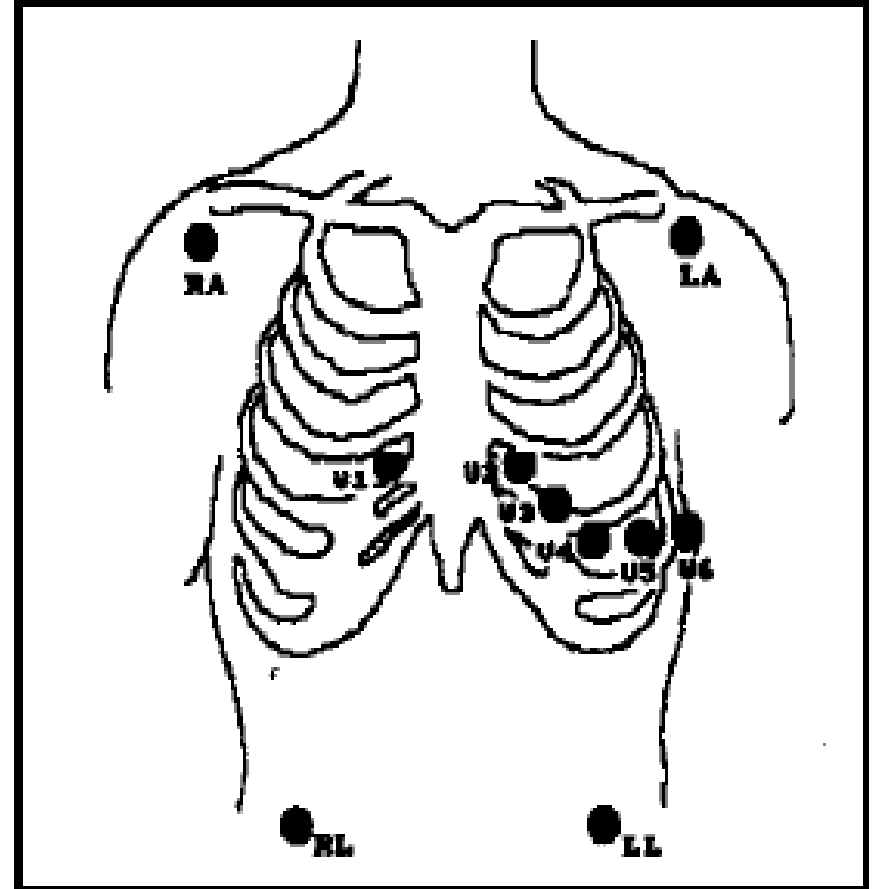


Fig. 3 - sistema de 12 derivações segundo Mason e Likar.

Sistema modificado de 12 derivações

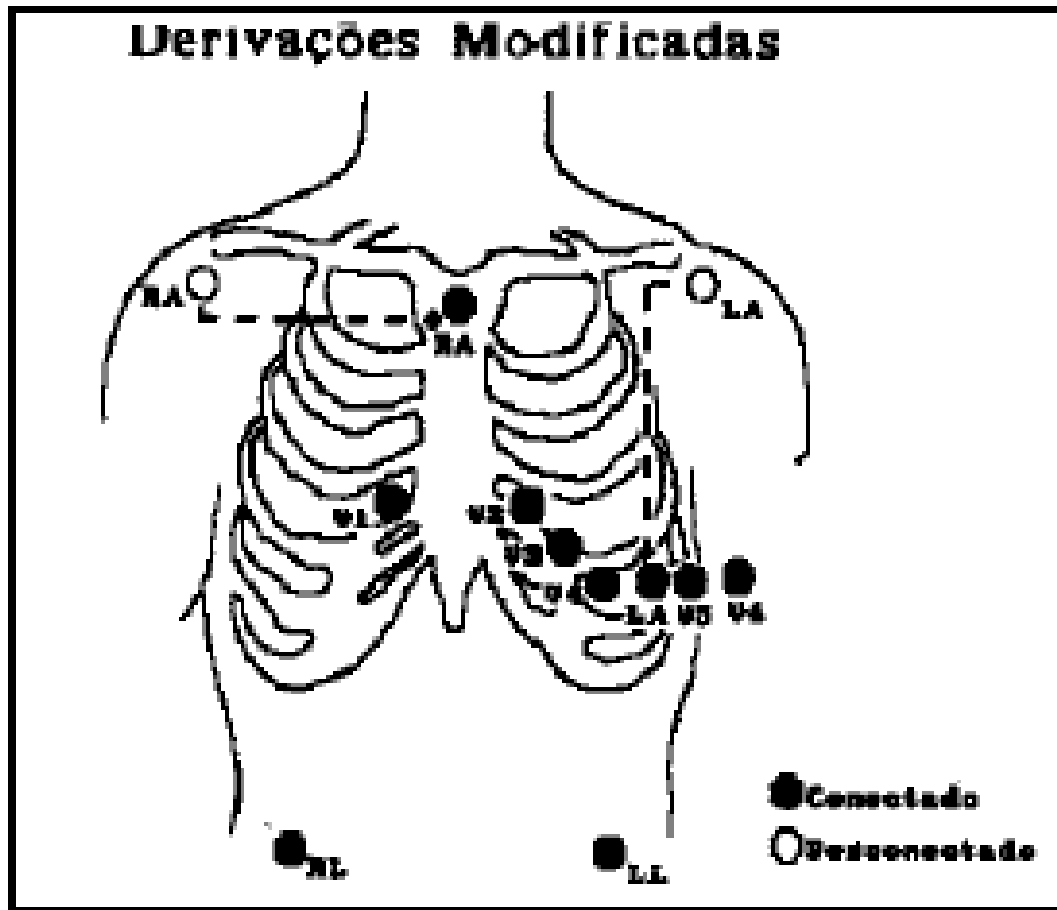
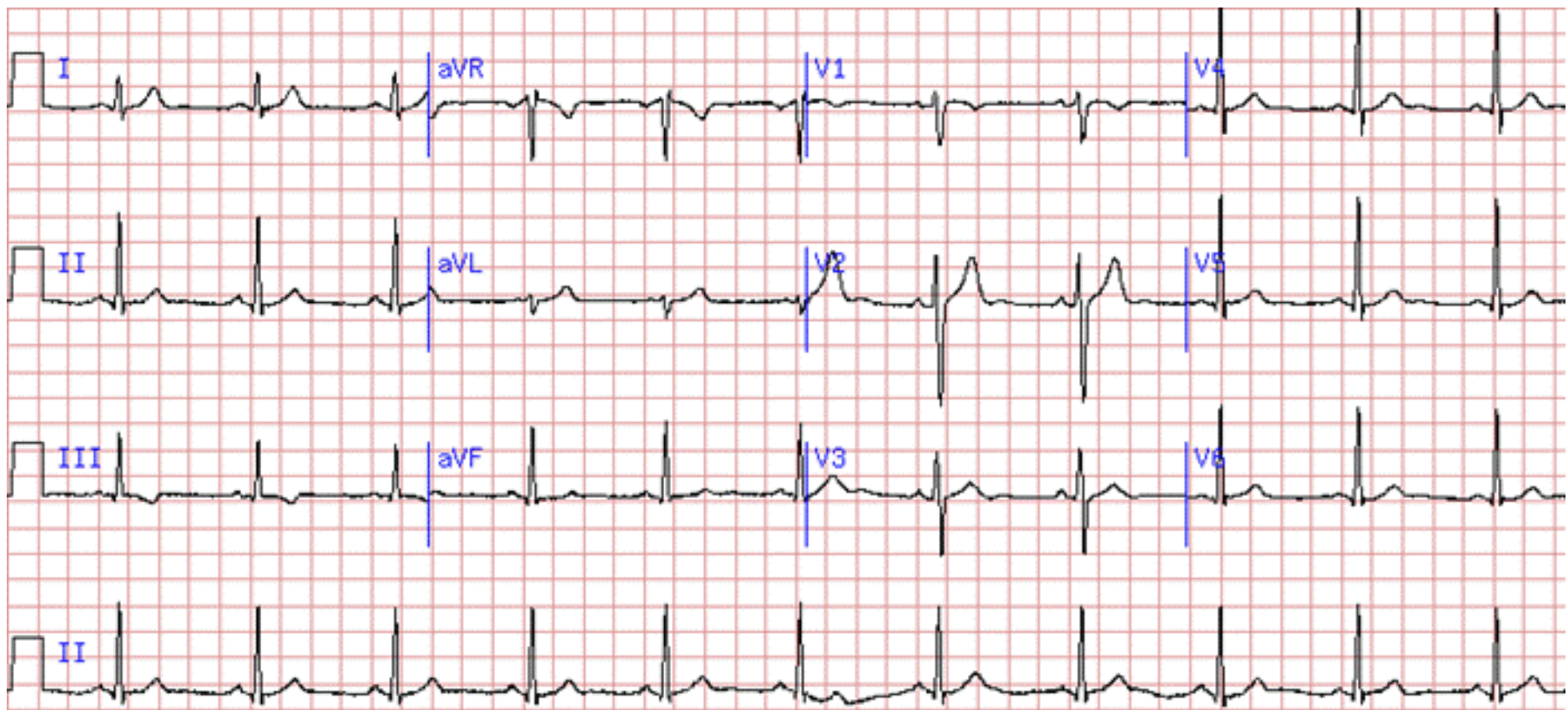


Fig. 4 - Sistema modificado de 12 derivações, com manutenção da derivação CM_1 , registrada através da derivação D_1 . As 11 derivações restantes são também modificadas, devido à alteração no formato original do triângulo de Einthoven.



Fases de esforço e recuperação

- ✓ Coleta de dados;
- ✓ Controles clínicos e eletrocardiográfico.

Frequência cardíaca

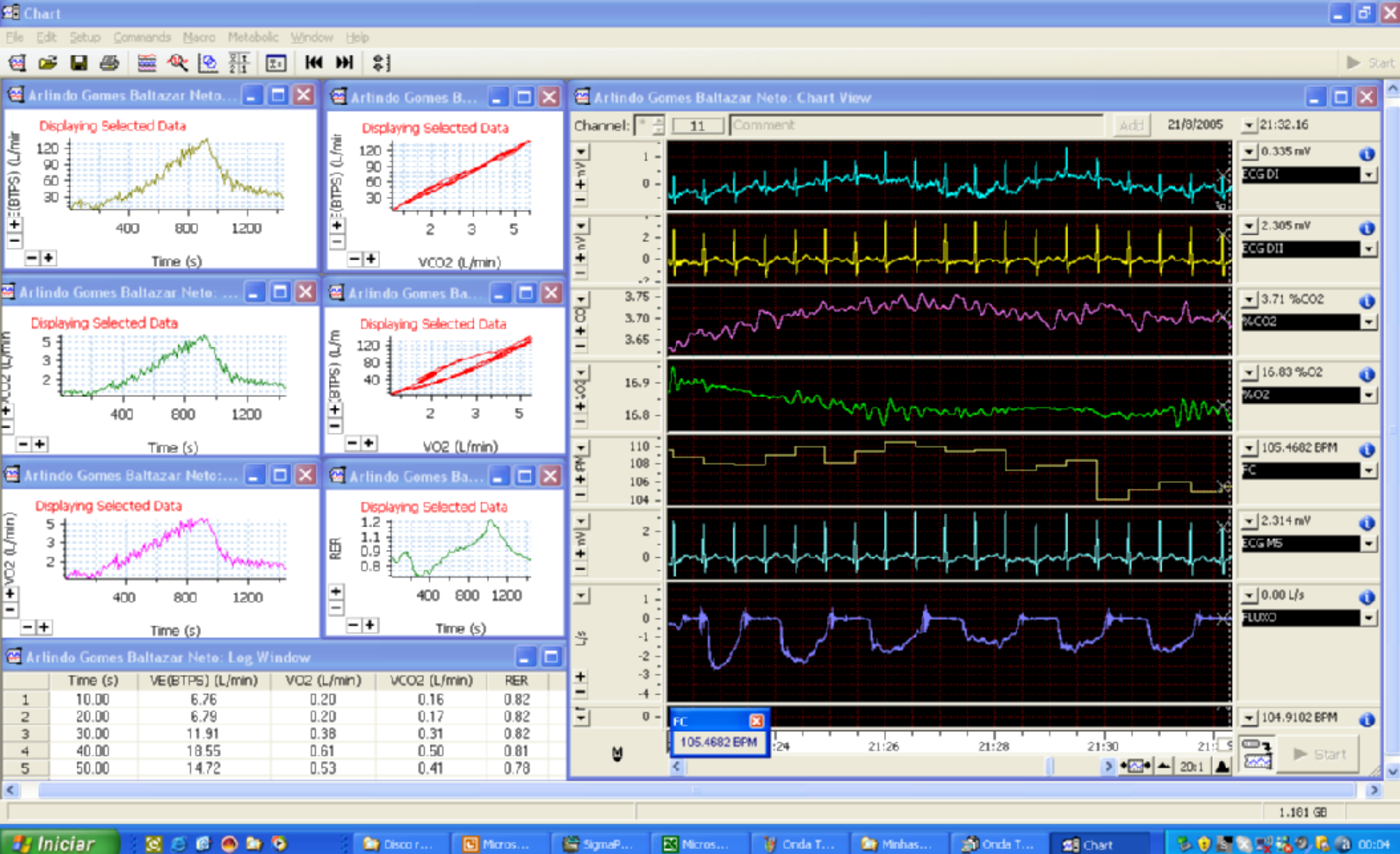
- ✓ Observação contínua no monitor ou no ECG;
- ✓ Após o esforço (4 a 10 min);
- ✓ Cálculo da FC máxima:

a. Lange e Andersen:

$$FC_{\text{máx}} = [208 - (\text{idade} \times 0,7)] \text{ bpm } (\pm 12 \text{ bpm});$$

b. Karvonen:

$$FC_{\text{máx}} = (220 - \text{idade}) \text{ bpm } (\pm 12 \text{ bpm})$$



Dados da frequência cardíaca, por meio do eletrocardiograma, batimento a batimento, em tempo real, obtida a partir dos intervalos R-R na condição de exercício. As linhas verticais delimitam o início e o final do exercício físico dinâmico.

Pressão arterial sistêmica

- **Aferida a cada minuto ou a cada mudança de estágio;**
- **Período de recuperação.**

Outras medidas

- **Análise de gases expirados;**
- **Análise sanguínea;**
- **Dosagem de lactato sanguíneo.**

Registros eletrocardiográficos

- **Controle (repouso);**
- **Hiperventilação;**
- **Durante cada estágio do exercício;**
- **Durante a fase de recuperação.**

Sinais e sintomas

- **Palidez;**
- **Sudorese;**
- **Tontura;**
- **Dispnéia.**

Critérios de interrupção do esforço

- **Elevação PAD –normotensos;**
- **Elevação PAD – hipertensos e DCVs;**
- **Queda da PAS;**
- **Elevação acentuada da PAS – 260mmHg;**
- **Manifestação clínica de desconforto torácico;**
- **Dispnéia desproporcional à intensidade do esforço.**

Sensação subjetiva de cansaço

- **Utilização de escalas para percepção do esforço.**

ESCALA DE BORG

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (Borg & Noble, 1974)

6	-
7	muito fácil
8	-
9	fácil
10	-
11	relativamente fácil
12	-
13	ligeiramente cansativo
14	-
15	cansativo
16	-
17	muito cansativo
18	-
19	exaustivo
20	-

ESCALA CR10 DE BORG

0	Absolutamente nada	“Sem D”
0,3		
0,5	Extremamente fraco	Apenas perceptível
0,7		
1	Muito Fraco	
1,5		
2	Fraco Leve	
2,5		
3	Moderado	
4		
5	Forte Intenso	
6		
7	Muito forte	
8		
9		
10	Extremamente forte	“D Máx.”
11		
...		

**ESCALA
MODIFICADA
DE BORG**

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

Figura 1 - Escala Modificada de Borg

Ergômetros

Análise comparativa entre cicloergômetro e esteira rolante

Aspectos operacionais	Cicloergômetro	Esteira rolante
Custo	Muito menor	Muito maior
Dimensões	Menores	Maiores
Nível de ruído	Menor	Maior
Manutenção	Mais fácil	Mais difícil
Aspectos técnicos		
Ausculta cardiopulmonar	Possível	Mais difícil
Medida da PA	Mais fácil	Mais difícil
Qualidade do traçado de ECG	Melhor	Pior
Aspectos fisiológicos		
VO ₂ máximo	Menor	Maior
FC máxima	Menor	Maior
PAS máxima	Maior	Menor
DP máximo	Similar	Similar
Limiar anaeróbico	Menor	Maior
Estimativa do gasto energético	Mais precisa	Menos precisa
Aspectos do cliente		
Risco de acidentes	Menor	Maior
Insegurança/medo	Menor	Maior
Adaptação/facilidade	Menor	Maior

*Cicloergômetro clássico, usando somente MMII, de frenagem mecânica ou eletromagnética. FC – frequência cardíaca; PAS – pressão arterial sistólica; DP – duplo produto.

Teste em bicicleta ergométrica

- ✓ Protocolo de Balke:
 - a. Incremento de cargas de 25W a cada 2 min;
 - b. Indivíduos jovens e hígidos - iniciar com 50W;
 - c. Indivíduos limitados – iniciar com carga livre;
 - d. Demais indivíduos – começar com 25W.
 - e. Estimativa do $\text{VO}_{2\text{máx}} = 12 \times W +$

Testes de esteira motorizada

Protocolo de Bruce

BRUCE

Estágio	km/h	MPH	Inclin %	Minutos	VO ₂	MET
1	2,4	1,7	10	3	17,0	5,5
2	4,0	2,5	12	3	24,5	7
3	5,5	3,4	4	3	35,0	10
4	6,7	4,2	16	3	45,5	13
5	8,0	5,0	18	3	56,0	16
6	8,8	5,5	20	3	66,5	19
7	9,6	6,0	22	3	77,0	22

km/h e MPH representam a velocidade da esteira; Inclin % a elevação da rampa em relação à horizontal; VO₂ o consumo de oxigênio (ml/kg/min) e MET o consumo de oxigênio em unidades metabólicas.

Protocolo de Ellestad

ELLESTAD

Estágio	km/h	MPH	Inclin %	Minutos	VO ₂	MET
1	2,4	1,7	10	3	17,5	5
2	4,8	3,0	10	2	24,5	7
3	6,4	4,0	10	2	31,5	9
4	8,0	5,0	10	3	42,0	12
5	8,0	5,0	15	2	49,0	14
6	9,6	6,0	15	3	56,0	17

km/h e MPH representam a velocidade da esteira; Inclin % a elevação da rampa em relação à horizontal; VO₂ o consumo de oxigênio (ml/kg/min) e MET o consumo de oxigênio em unidades metabólicas.

Testes de esteira motorizada

Protocolo de Ellestad					
Estágio	Tempo (Min.)	Velocidade (Km/h)	Velocidade (MPH)	Inclinação (%)	MET's
1	2	2,70	1,70	0,0	1,70
2	2	4,80	3,00	0,0	2,00
3	2	6,40	4,00	3,5	3,00
4	2	8,00	5,00	7,0	4,00
5	2	8,00	5,00	10,5	5,00
6	2	9,60	6,00	14,0	6,00
7	2	11,20	7,00	17,5	7,00
8	2	12,80	8,00	20,0	8,00

Protocolo de Naughton

NAUGHTON

Estágio	km/h	MPH	Inclin %	Minutos	VO ₂	MET
1	1,6	1,0	0	2	5,4	1,5
2	3,2	2,0	0	2	7,0	2,0
3	3,2	2,0	3,5	2	10,5	3,0
4	3,2	2,0	7	2	14,0	4,0
5	3,2	2,0	10,5	2	17,5	5,0
6	3,2	2,0	14	2	21,0	6,0
7	3,2	2,0	17,5	2	24,5	7,0
8	3,2	2,0	20	2	28	8,0

km/h e MPH representam a velocidade da esteira; Inclin % a elevação da rampa em relação à horizontal; VO₂ o consumo de oxigênio (ml/kg/min) e MET o consumo de oxigênio em unidades metabólicas.

Parâmetros ventilatórios e metabólicos

Ventilação pulmonar (VE)

- ✓ Repouso – 7 a 9l/min;
- ✓ Linear → LAlI ou ponto de comp. ácido-metabólico;
- ✓ Pode atingir 200l/min (atletas);
- ✓ FR x VC;
- ✓ Proporcional ao VCO_2 .

Frequência respiratória (FR)

Repouso – 12 a 18rpm;

No teste pode chegar a 50 rpm;

Volume corrente (VC)

- ✓ Repouso – 300 a 600ml/FR;
- ✓ No esforço – complacência pulmonar, DPOC, idade e biotipo.

Consumo de oxigênio (VO_2)

- Capacidade de transporte de O_2 no sangue: capilarização; capacidade oxidativa periférica; massa muscular envolvida; altitude; etc.
- $VO_{2\text{máximo}}$;
- $VO_{2\text{máximo}} \times VO_{2\text{pico}}$.

Produção de CO_2 (VCO_2)

- \uparrow quase linear à carga imposta;
- relação entre FC, VE e VO_2 .

Equivalente ventilatório (VO_2 e VCO_2)

- VE/VO_2 e VE/VCO_2 ;
- Importante na detecção dos limiares I e II.

Taxa de equivalência metabólica (MET)

Capacidade de utilização de O_2 pelo indivíduo em repouso ($\cong 3,5\text{ml}/O_2/\text{min}$):
capacidade cardíaca; capilarização;
capacidade oxidativa periférica; altitude;
etc.

Relação de permuta respiratória

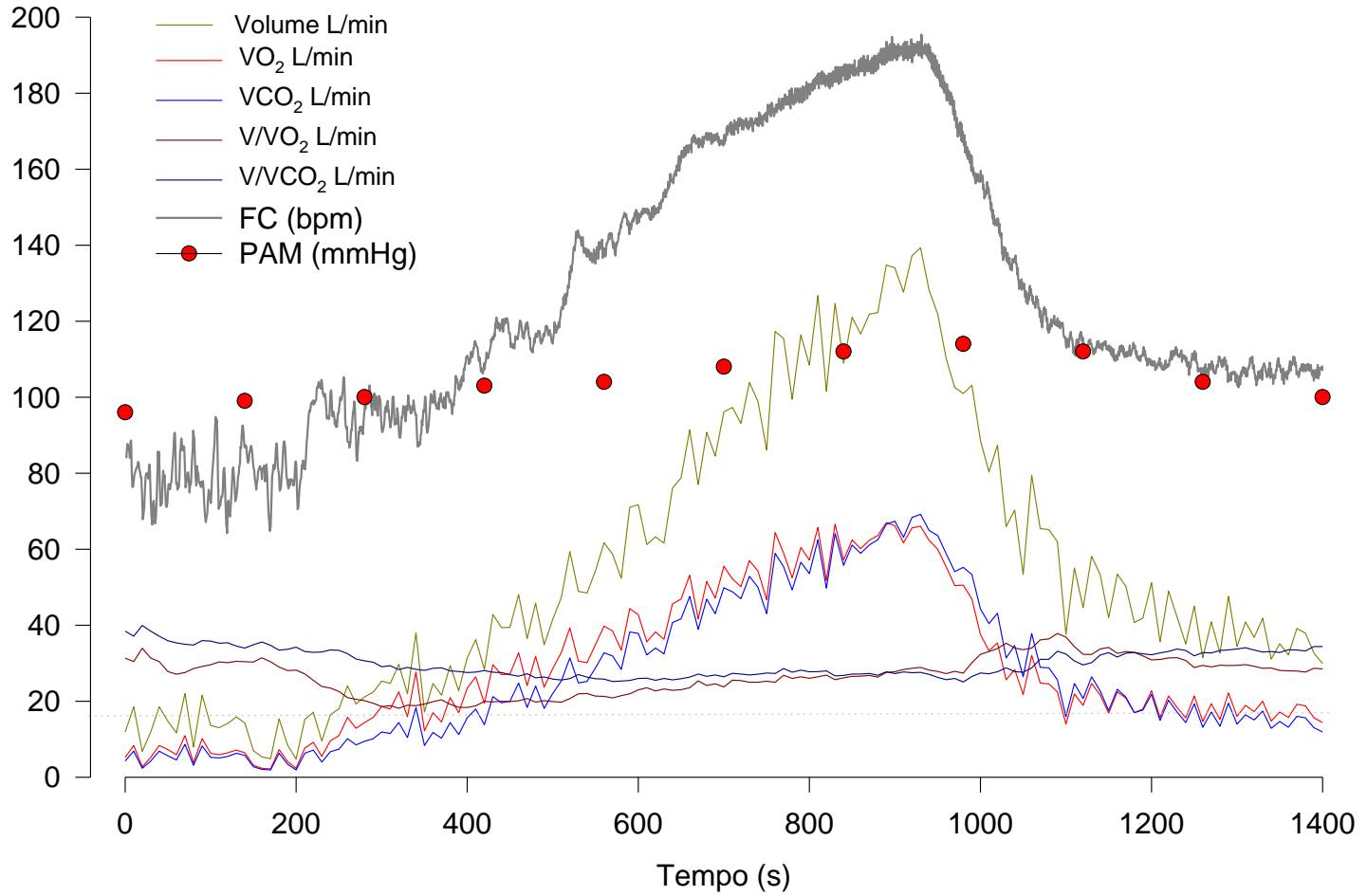
VCO_2/VO_2 ;

Valores em repouso: 0,75 – 0,85

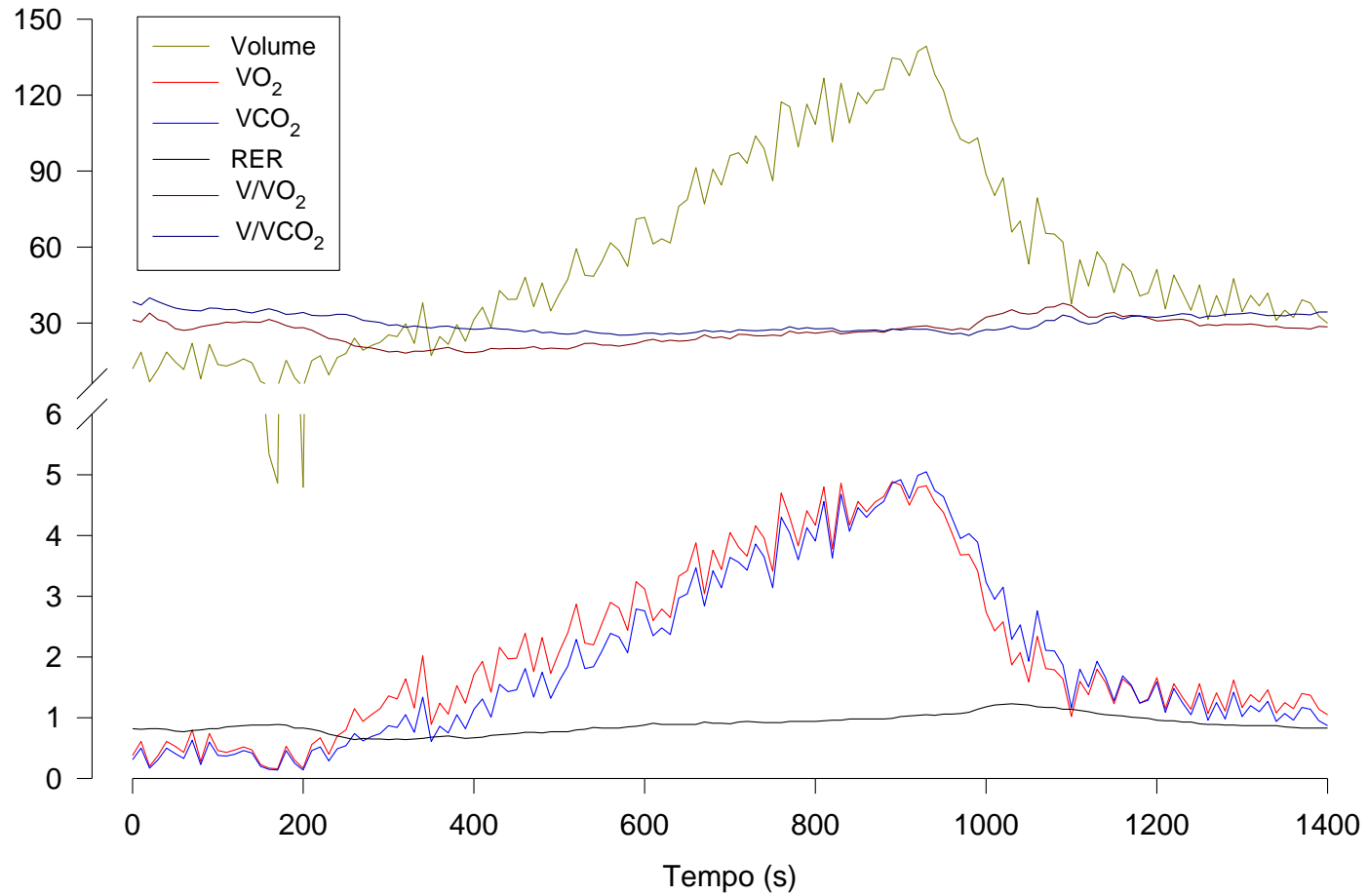
Classificação da capacidade aeróbica baseada no consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$ em ml/kg/min)

<i>Idade</i>	<i>Muito fraca</i>	<i>Fraca</i>	<i>Regular (média)</i>	<i>Boa</i>	<i>Excelente</i>
Mulheres					
20 – 29	< 24	24 – 30	31 – 37	38 – 48	49 ou >
30 – 39	< 20	20 – 27	28 – 33	34 – 44	45 ou >
40 – 49	< 17	17 – 23	24 – 30	31 – 41	42 ou >
50 – 59	< 15	15 – 20	21 – 27	28 – 37	38 ou >
60 – 69	< 13	13 – 17	18 – 23	24 – 34	35 ou >
Homens					
20 – 29	< 25	25 – 33	34 – 42	43 – 52	53 ou >
30 – 39	< 23	23 – 30	31 – 38	39 – 48	49 ou >
40 – 49	< 20	20 – 26	27 – 35	36 – 44	45 ou >
50 – 59	< 18	18 – 24	25 – 33	34 – 42	43 ou >
60 – 69	< 16	16 – 22	23 – 30	31 – 40	41 ou >

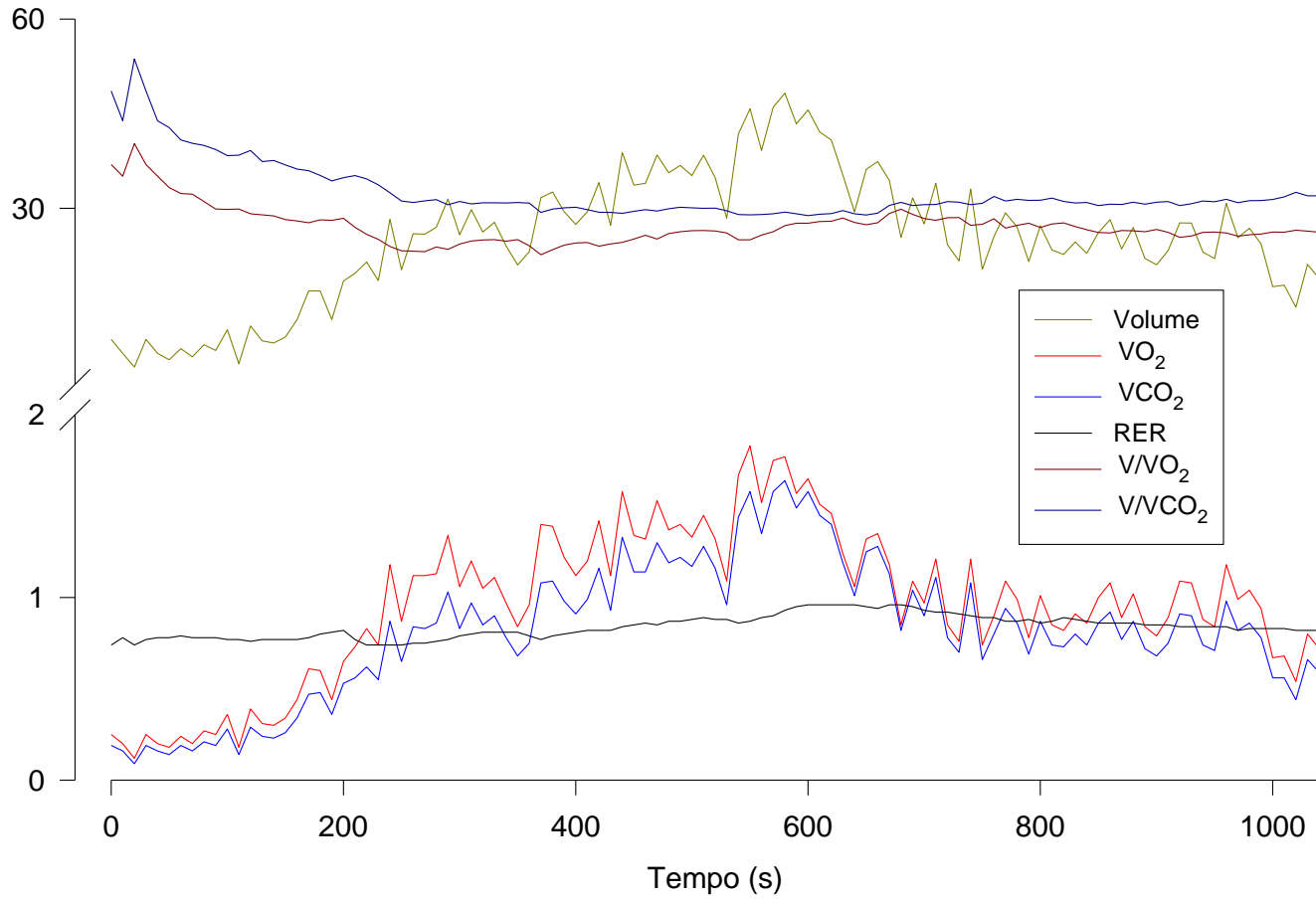
Ergoespirometria



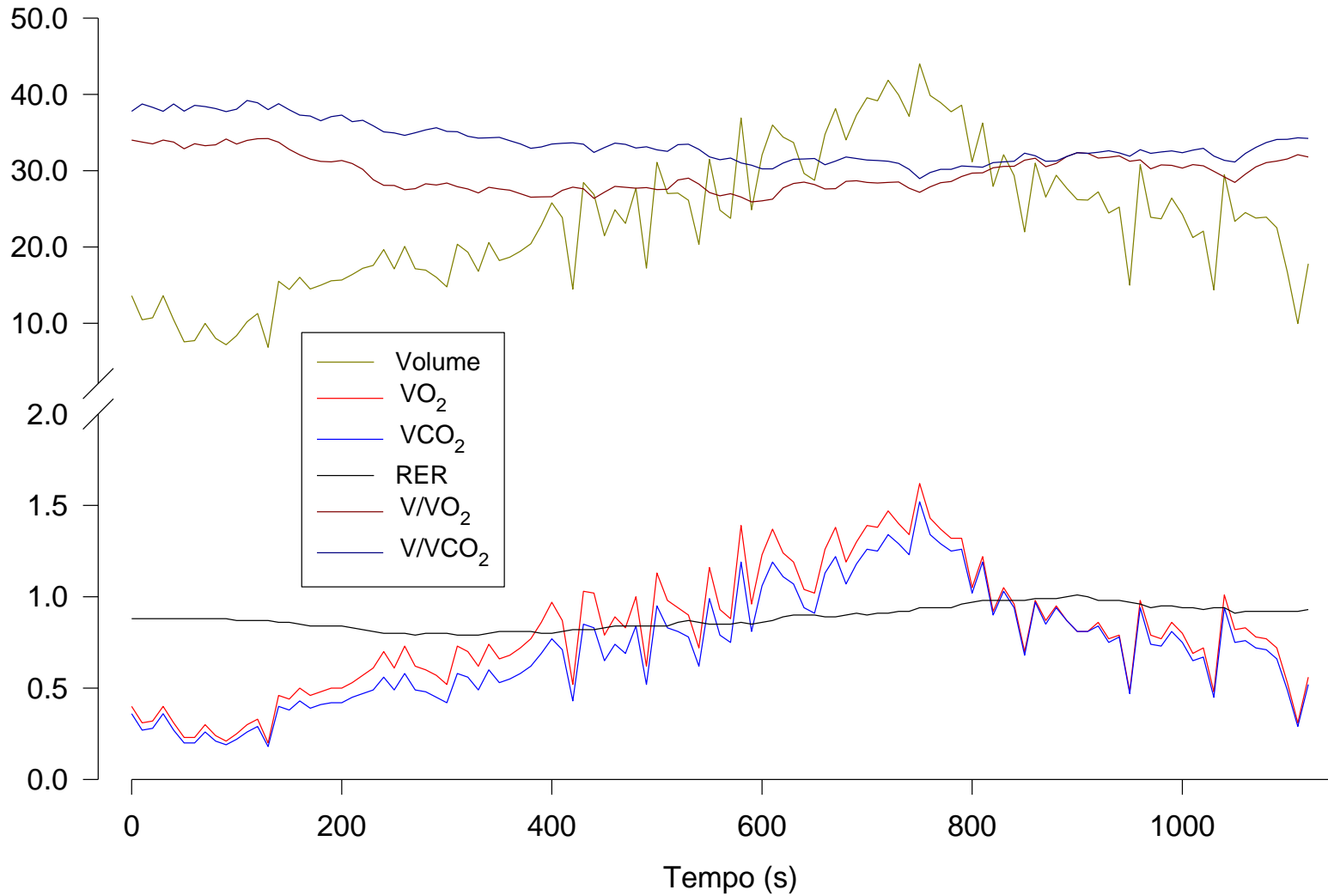
Ergoespirometria de um atleta

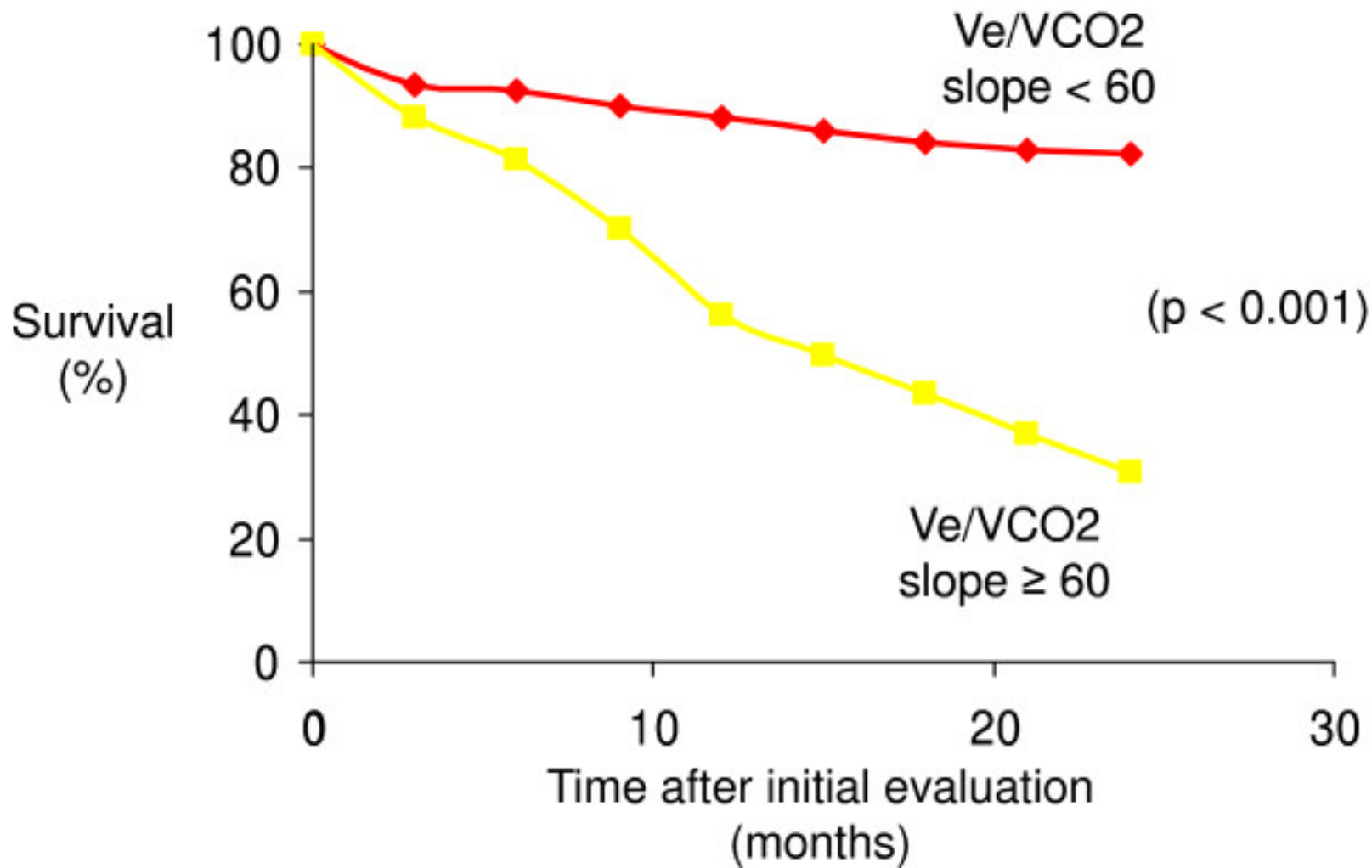


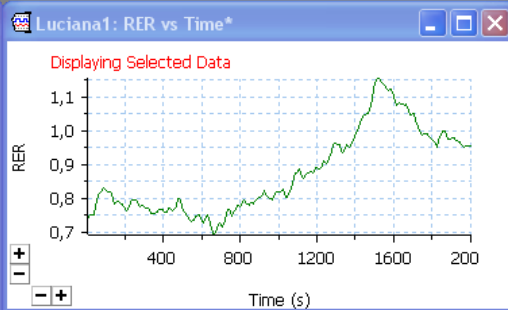
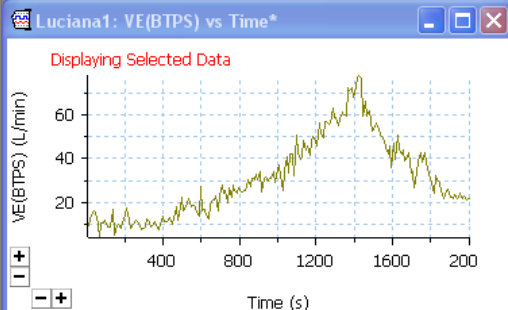
Ergoespirometria de um hipertenso



Ergoespirometria e β -bloqueador

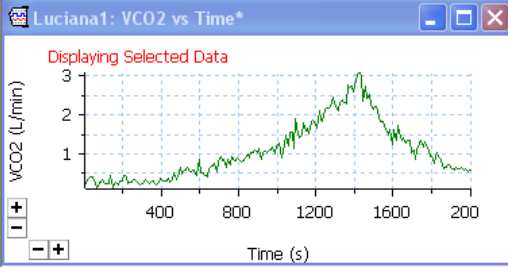
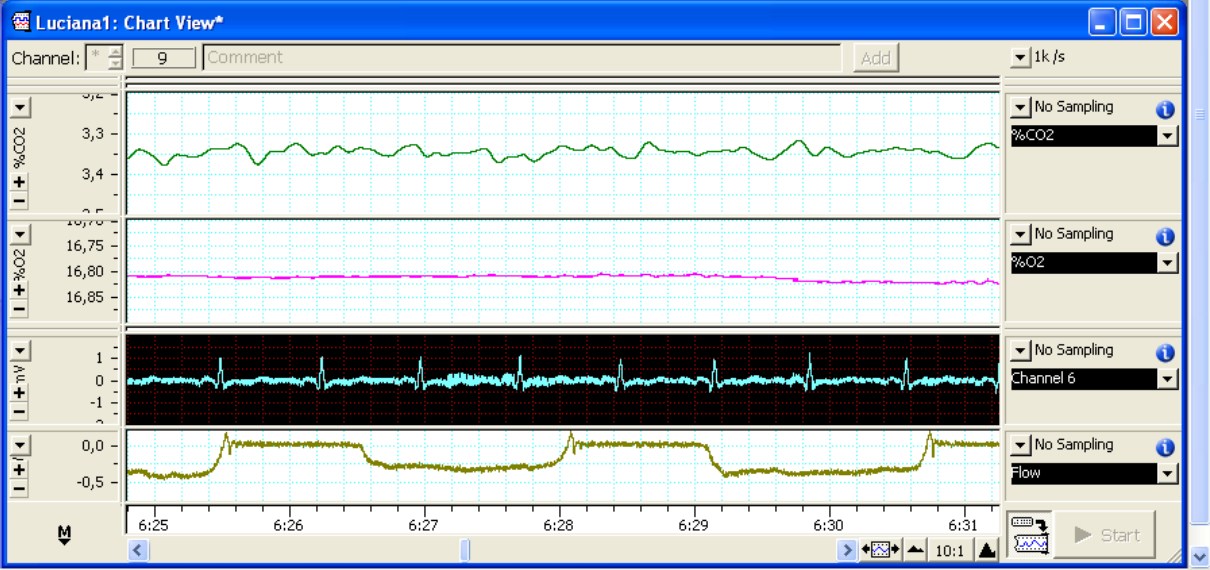
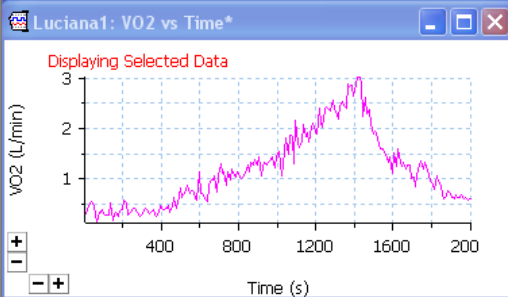






Luciana1: Log Window*

	Time (s)	VE(BTSP) (L/min)	VO2 (L/min)	VCO2 (L/min)	RER
1	10,00	8,82	0,30	0,22	0,74
2	20,00	11,30	0,38	0,29	0,75
3	30,00	13,63	0,46	0,34	0,75
4	40,00	15,61	0,52	0,39	0,75
5	50,00	15,26	0,51	0,40	0,77
6	60,00	9,63	0,33	0,26	0,80
7	70,00	3,58	0,12	0,10	0,81
8	80,00	10,02	0,32	0,26	0,82
9	90,00	9,95	0,32	0,27	0,83
10	100,00	11,45	0,37	0,30	0,83
11	110,00	7,99	0,26	0,21	0,82



FIM

Boa noite!