



# **AVALIAÇÃO CARDIOPULMONAR E PARÂMETROS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO TERAPÊUTICA**



# PRESSÕES PARCIAIS DOS GASES RESPIRATÓRIOS AO NÍVEL DO MAR

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

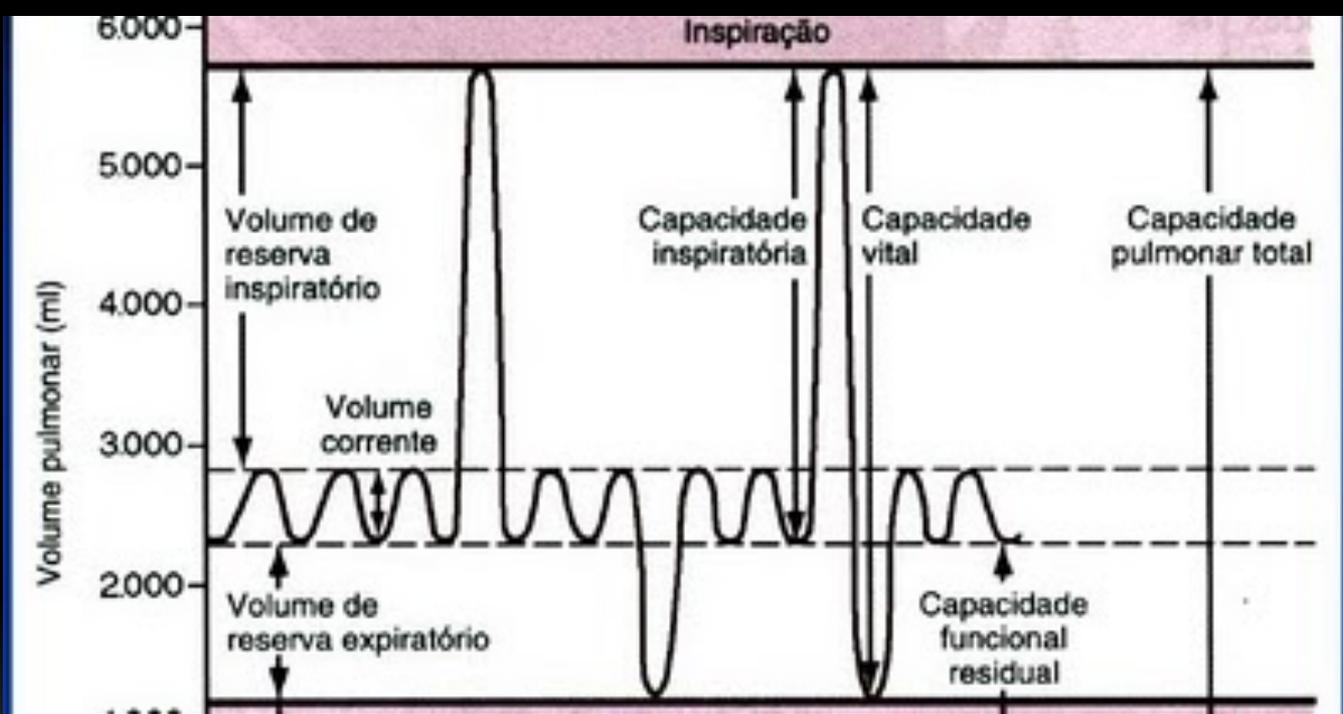
altitude : 800 m

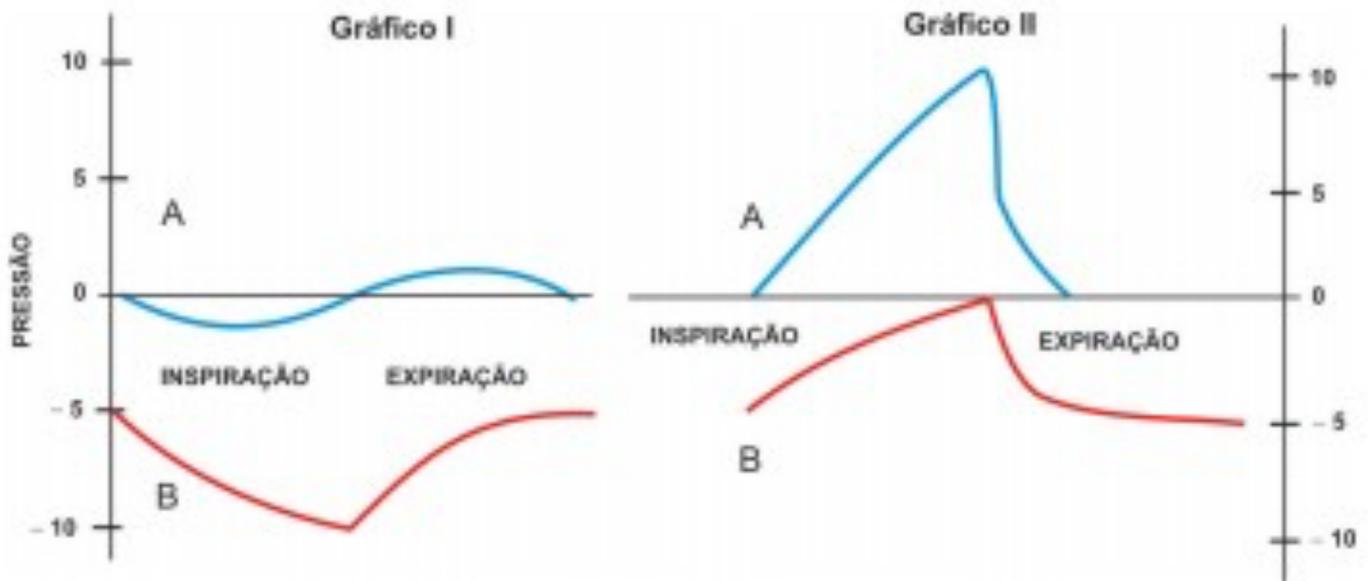
altitude : 2 m

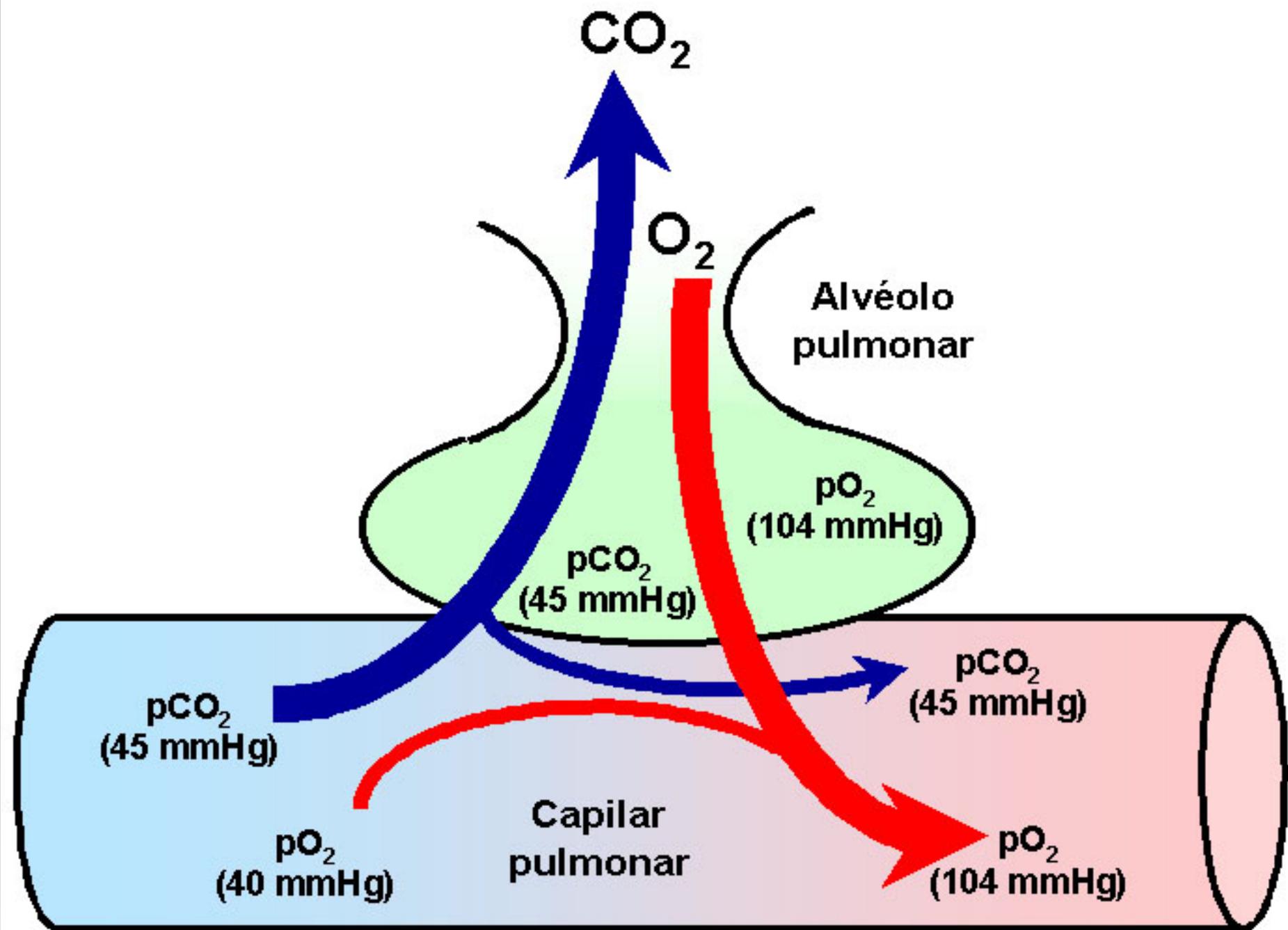
temperatura : 18° C

temperatura : 20° C

temperatura : 22° C







# 0 que mede a ergoespirometria?

- ❑ 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
  - ❑ 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

# Consumo de Oxigênio:

□  $\text{VO}_2$

□  $\text{VO}_2$  pico

□  $\text{VO}_2$  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

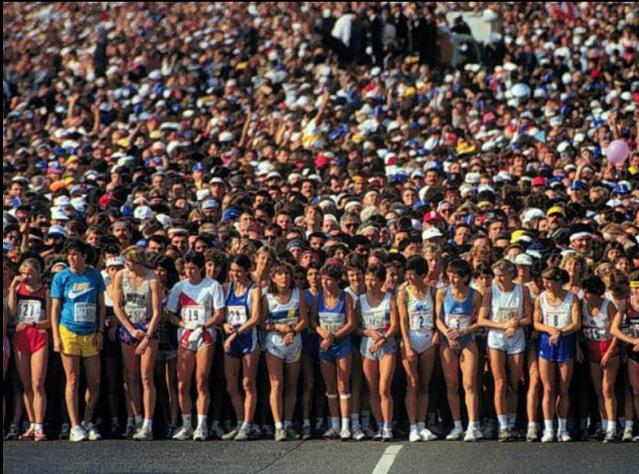
# Prescrição de exercícios terapêuticos:

- ❑ 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 relativa do ar.



# Equipamentos de exercício

- ✓ Cicloergômetro de frenagem eletromagnética;
- ✓ Esteira rolante com velocidade e inclinação variáveis;



✓ 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**

<b>Medicação</b>	<b>Dias de suspensão prévia</b>
AAS	1
Amiodarona	30
$\beta$ -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  $\beta$ -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 ( $CM_5$ )

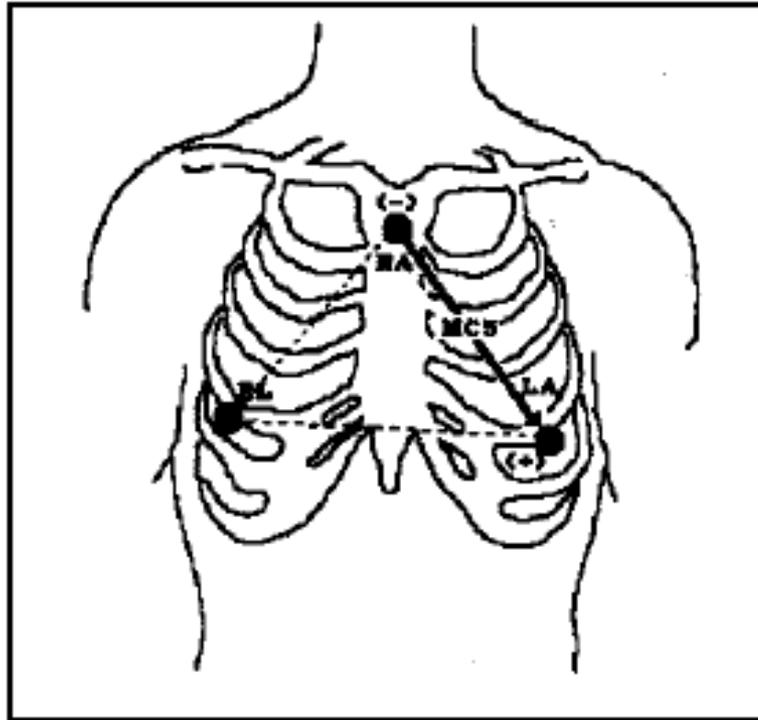


Fig. 1 - Derivação  $CM_5$ , com o eletrodo negativo (RA = braço direito) próximo à fíbula (manúbrio), e o positivo (LA = braço esquerdo) em  $V_5$ . O eletrodo comum (RL = perna direita) é normalmente posicionado próximo a  $V_5R$ .

## Sistema de três derivações

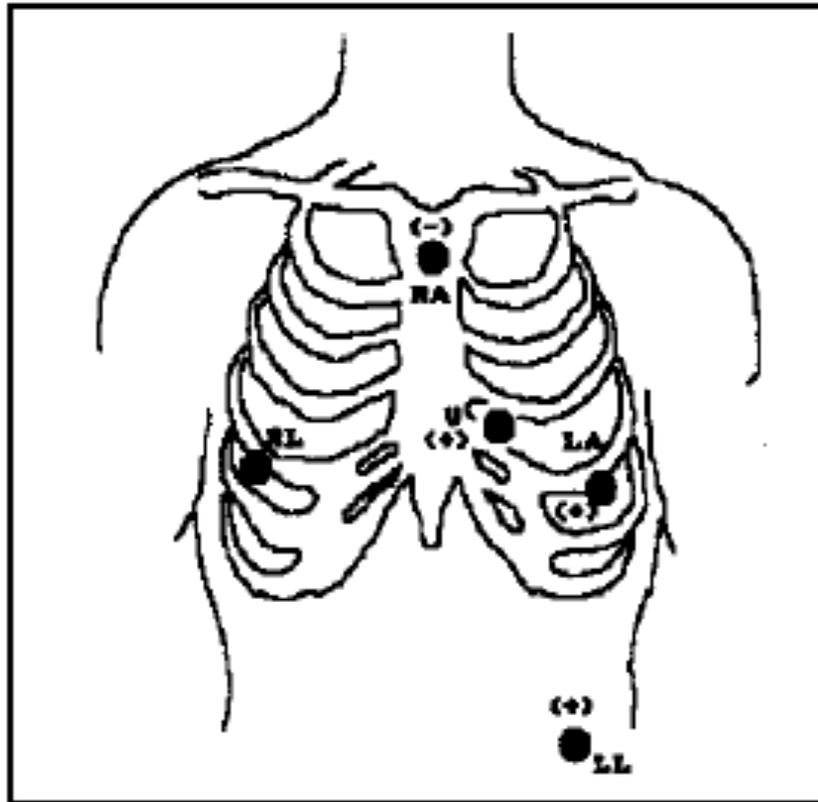


Fig. 2 - Sistema de três derivações, com  $CM_3$ , aVF e  $V_2$  modificadas. Além da derivação  $CM_3$  (que mede a diferença de potencial entre braços direito e esquerdo - RA e LA), adiciona-se aVF (obtida entre RA - braço direito e LL - perna esquerda) e  $V_2$  (obtida em  $V_2$ ).

## Sistema de 12 derivações

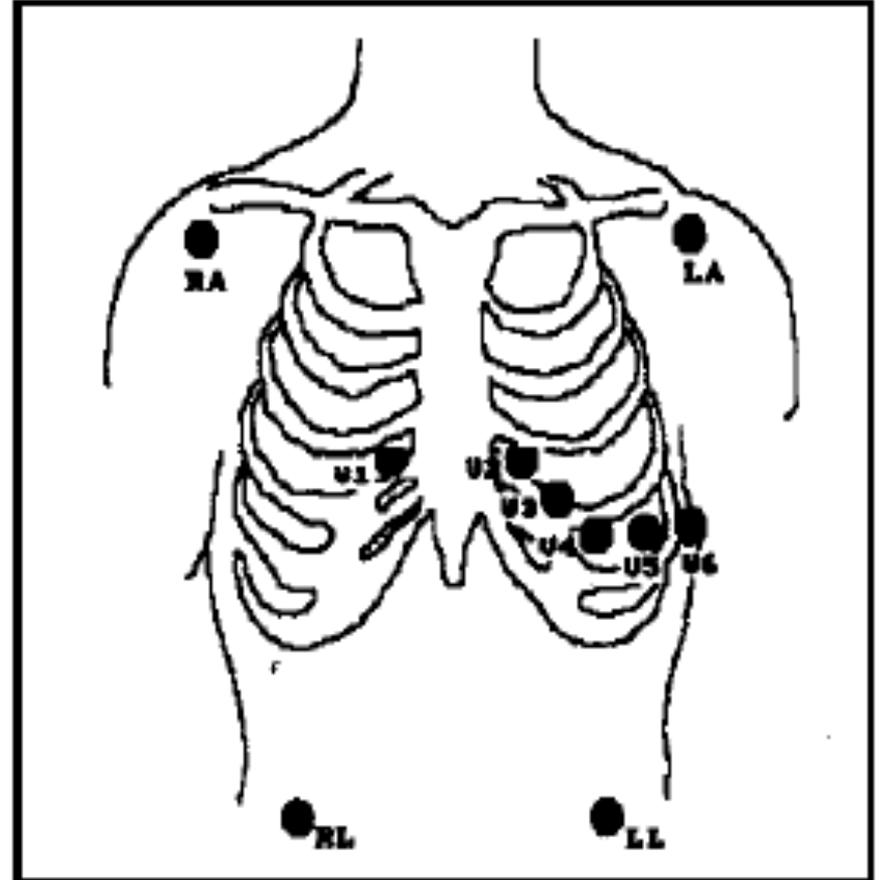


Fig. 3 - sistema de 12 derivações segundo Mason e Likar.

## Sistema modificado de 12 derivações

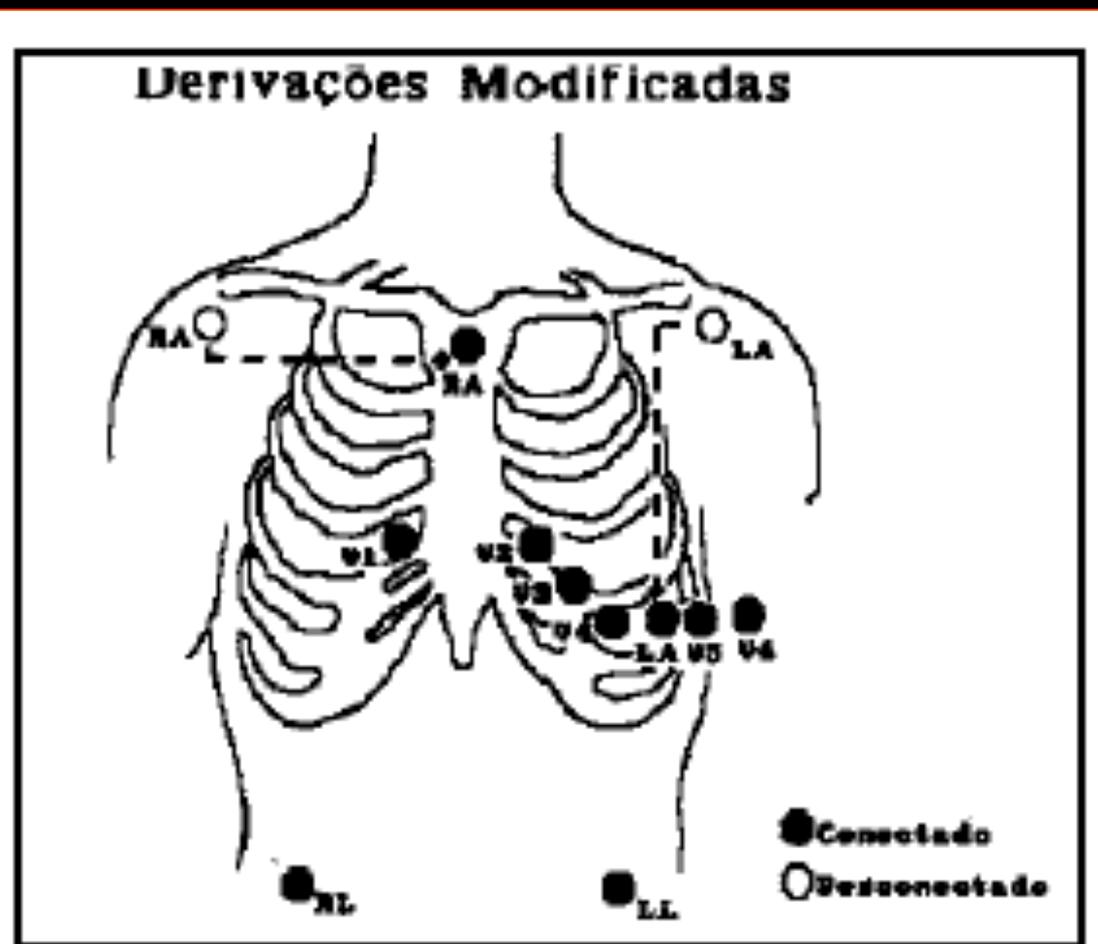
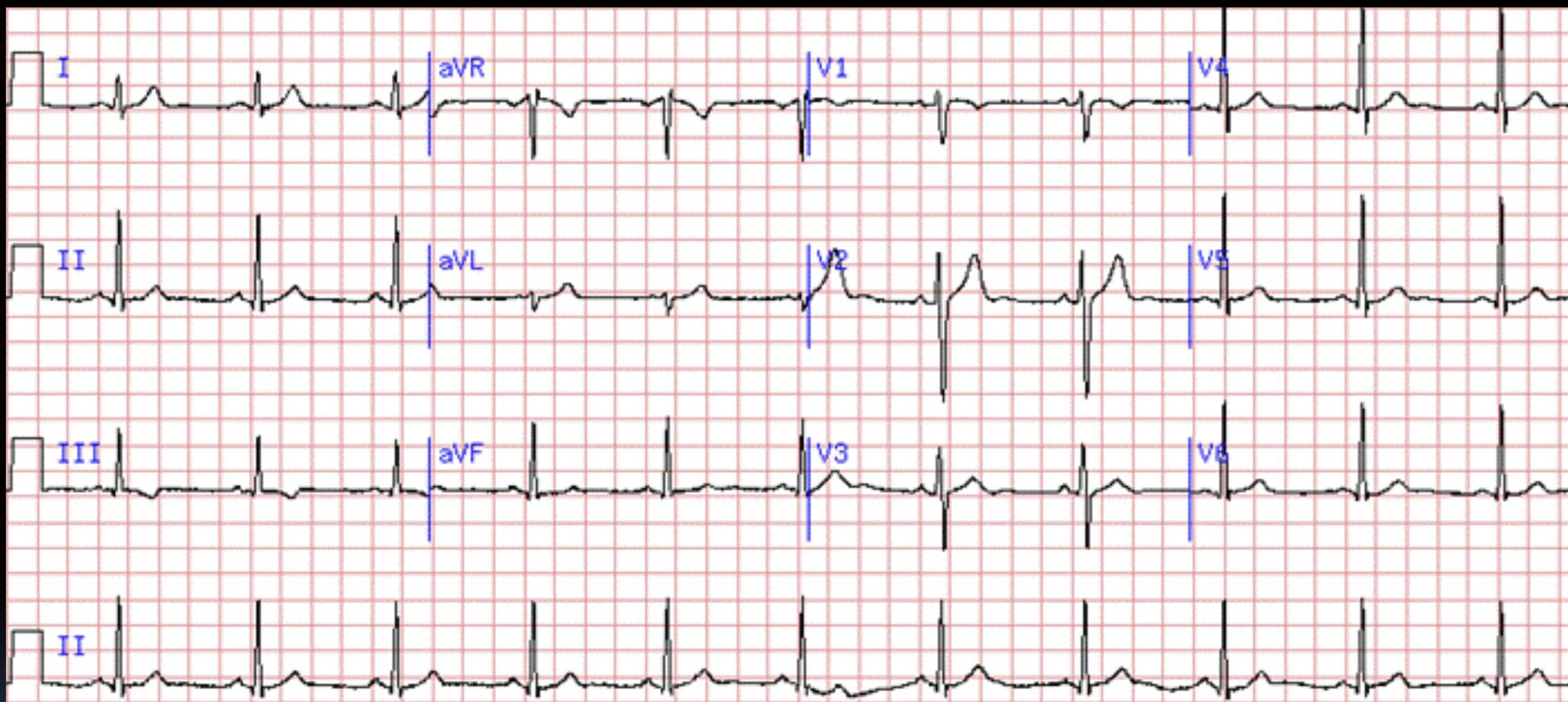


Fig. 4 - Sistema modificado de 12 derivações, com manutenção da derivação  $CM_5$ , registrada através da derivação  $D_1$ . As 11 derivações restantes são também modificadas, devido à alteração no formato original do triângulo de Einthoven.



## Fases de esforço e recuperação

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

## Frequência cardíaca

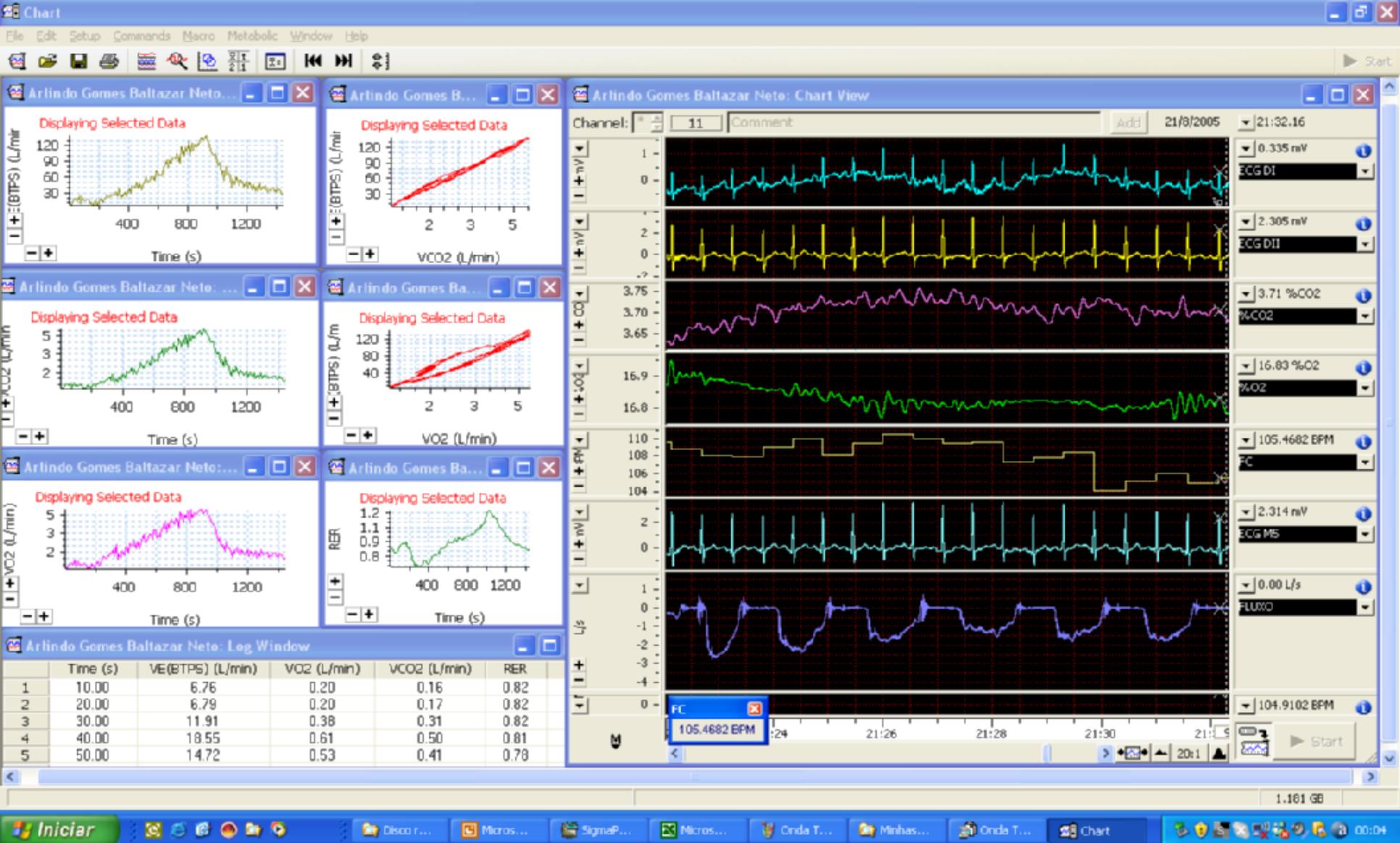
- ✓ Observação contínua no monitor ou no ECG;
- ✓ Após o esforço (4 a 10 min);
- ✓ Cálculo da FC máxima:

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.

## Crítérios de interrupção do esforço

- ✓ Elevação PAD – 120mmHg nos normotensos;
- ✓ Elevação PAD – 140mmHg nos hipertensos;
- ✓ 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	<b>muito fácil</b>
8	-
9	<b>fácil</b>
10	-
11	<b>relativamente fácil</b>
12	-
13	<b>ligeiramente cansativo</b>
14	-
15	<b>cansativo</b>
16	-
17	<b>muito cansativo</b>
18	-
19	<b>exaustivo</b>
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		
...		
•	Máximo absoluto	O mais intenso possível

## 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
<b>Aspectos técnicos</b>		
Ausculta cardiopulmonar	Possível	Mais difícil
Medida da PA	Mais fácil	Mais difícil
Qualidade do traçado de ECG	Melhor	Pior
<b>Aspectos fisiológicos</b>		
VO <sub>2</sub> 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
<b>Aspectos do cliente</b>		
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  $VO_{2máx} = 12 \times W + 300/\text{peso}(\text{kg})$

# Testes de esteira motorizada

## Protocolo de Bruce

BRUCE						
Estágio	km/h	MPH	Inclin %	Minutos	VO <sub>2</sub>	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; VO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>	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; VO<sub>2</sub> o consumo de oxigênio (ml/kg/min) e MET o consumo de oxigênio em unidades metabólicas.

## Testes de esteira motorizada

<b>Protocolo de Ellestad</b>					
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 <sub>2</sub>	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; VO<sub>2</sub> 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 → LAII ou ponto de comp. ácido-metabólico;
- ✓ Pode atingir 200l/min (atletas);
- ✓ FR x VC;
- ✓ Proporcional à  $VCO_2$ .

## Frequência respiratória (FR)

- ✓ Repouso – 12 a 18rpm;
- ✓ No teste pode chegar à 50 rpm;

## Volume corrente (VC)

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

## Consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ )

✓ Capacidade de transporte de  $O_2$  no sangue: capilarização; capacidade oxidativa periférica; tamanho de massa muscular envolvida; altitude; etc.

✓  $\dot{V}O_{2\text{máximo}}$ ;

✓  $\dot{V}O_{2\text{máximo}} \times \dot{V}O_{2\text{pico}}$ .

## Produção de $CO_2$ ( $\dot{V}CO_2$ )

✓  $\uparrow$  quase linear à carga imposta;

✓ relação entre FC, VE e  $\dot{V}O_2$ .

## Equivalente ventilatório ( $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ )

✓  $VE/\dot{V}O_2$  e  $VE/\dot{V}CO_2$ ;

✓ 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 ( $VO_{2max}$ em ml/kg/min)

<b>Idade</b>	<b>Muito fraca</b>	<b>Fraca</b>	<b>Regular (média)</b>	<b>Boa</b>	<b>Excelente</b>
--------------	--------------------	--------------	------------------------	------------	------------------

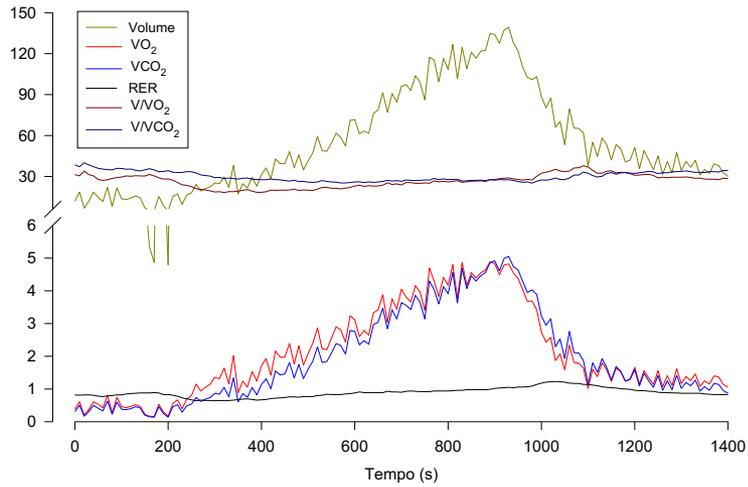
### Mulheres

<b>20 – 29</b>	<b>&lt; 24</b>	<b>24 – 30</b>	<b>31 – 37</b>	<b>38 – 48</b>	<b>49 ou &gt;</b>
<b>30 – 39</b>	<b>&lt; 20</b>	<b>20 – 27</b>	<b>28 – 33</b>	<b>34 – 44</b>	<b>45 ou &gt;</b>
<b>40 – 49</b>	<b>&lt; 17</b>	<b>17 – 23</b>	<b>24 – 30</b>	<b>31 – 41</b>	<b>42 ou &gt;</b>
<b>50 – 59</b>	<b>&lt; 15</b>	<b>15 – 20</b>	<b>21 – 27</b>	<b>28 – 37</b>	<b>38 ou &gt;</b>
<b>60 – 69</b>	<b>&lt; 13</b>	<b>13 – 17</b>	<b>18 – 23</b>	<b>24 – 34</b>	<b>35 ou &gt;</b>

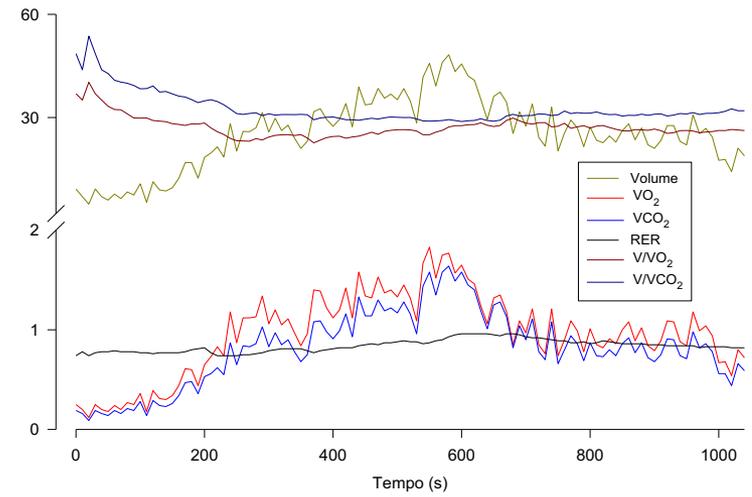
### Homens

<b>20 – 29</b>	<b>&lt; 25</b>	<b>25 – 33</b>	<b>34 – 42</b>	<b>43 – 52</b>	<b>53 ou &gt;</b>
<b>30 – 39</b>	<b>&lt; 23</b>	<b>23 – 30</b>	<b>31 – 38</b>	<b>39 – 48</b>	<b>49 ou &gt;</b>
<b>40 – 49</b>	<b>&lt; 20</b>	<b>20 – 26</b>	<b>27 – 35</b>	<b>36 – 44</b>	<b>45 ou &gt;</b>
<b>50 – 59</b>	<b>&lt; 18</b>	<b>18 – 24</b>	<b>25 – 33</b>	<b>34 – 42</b>	<b>43 ou &gt;</b>
<b>60 – 69</b>	<b>&lt; 16</b>	<b>16 – 22</b>	<b>23 – 30</b>	<b>31 – 40</b>	<b>41 ou &gt;</b>

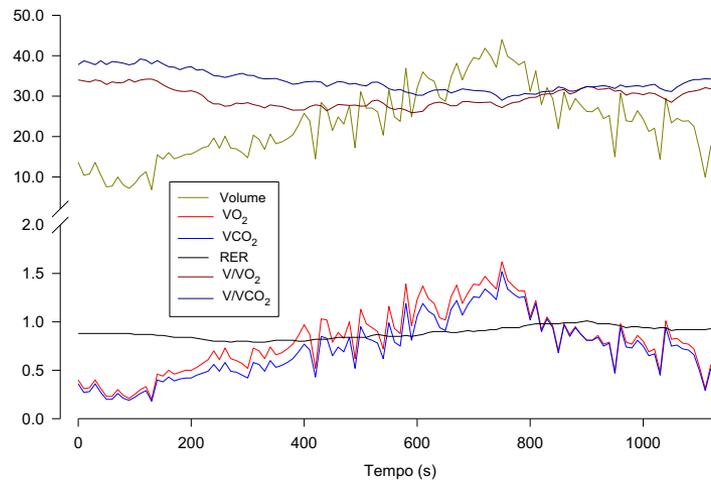
Ergoespirometria de um atleta



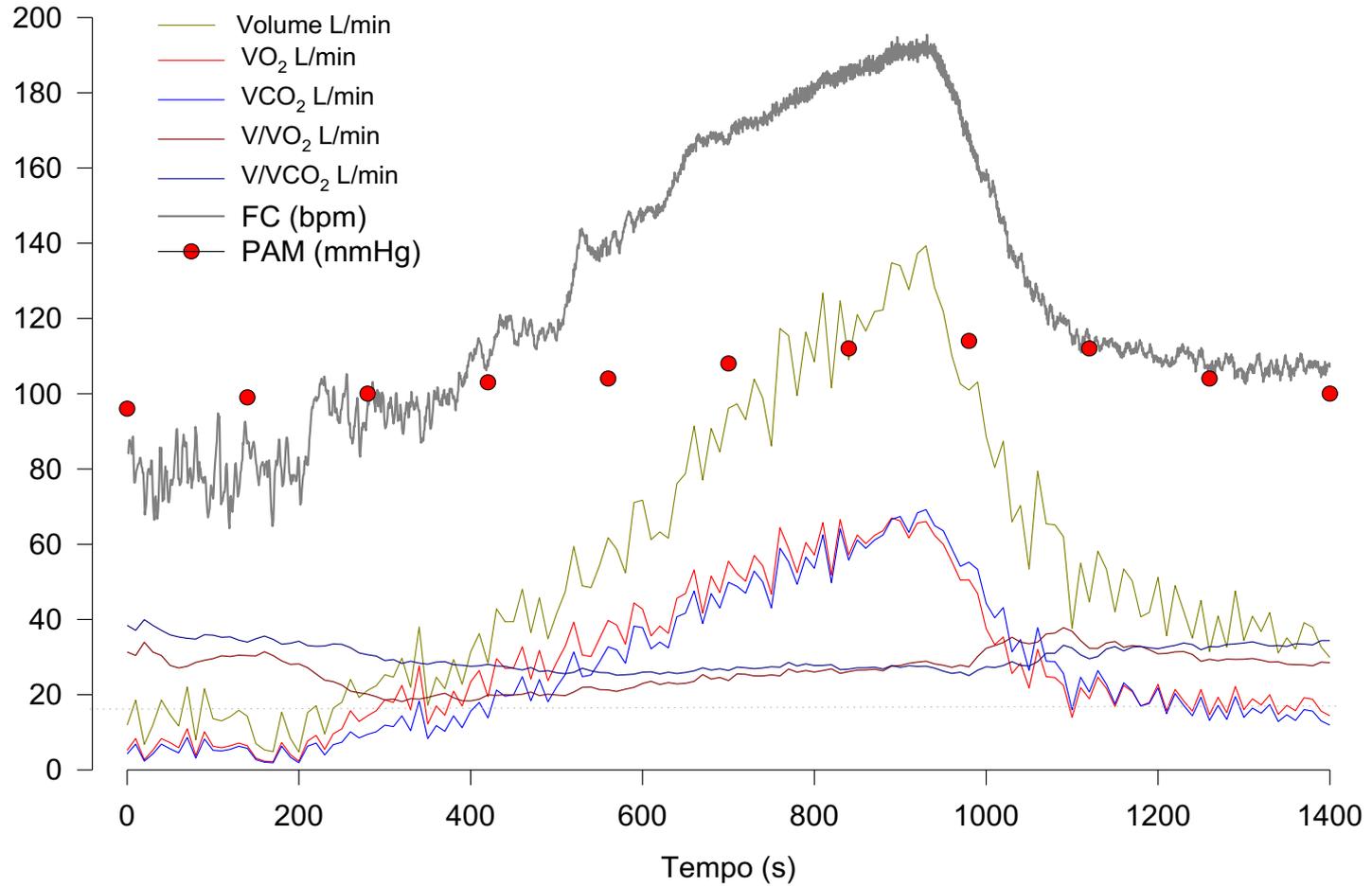
Ergoespirometria de um hipertenso

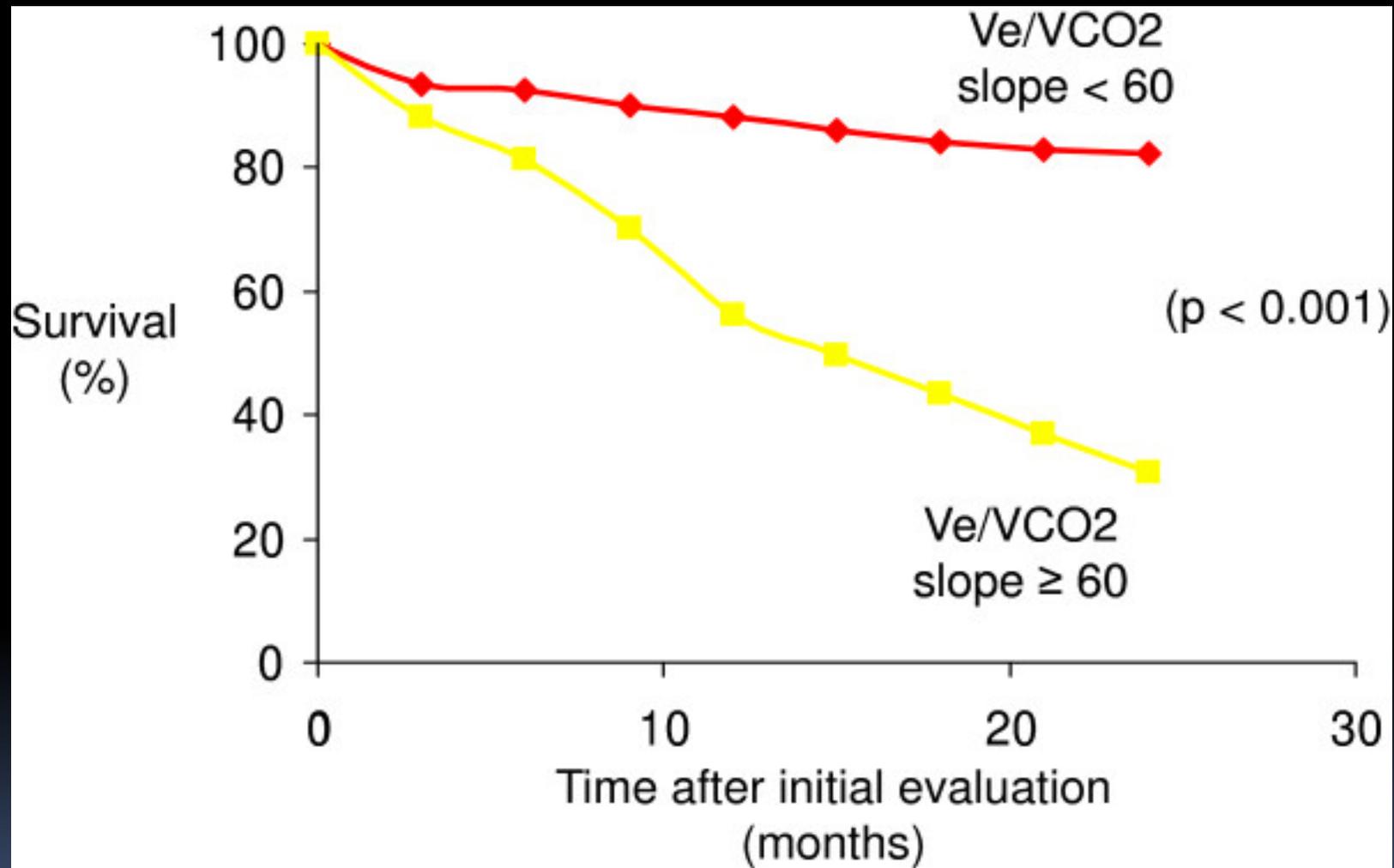


Ergoespirometria e  $\beta$ -bloqueador

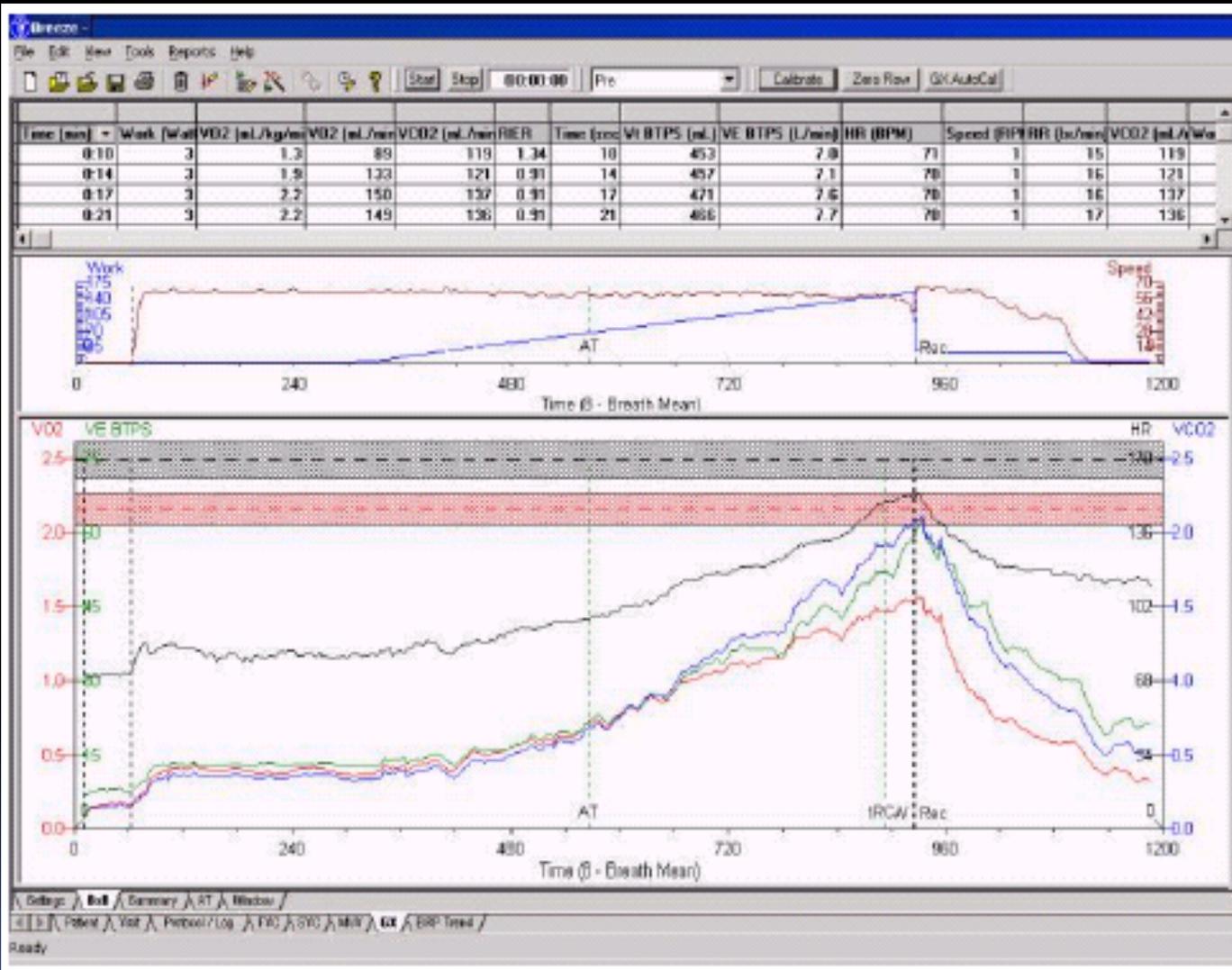


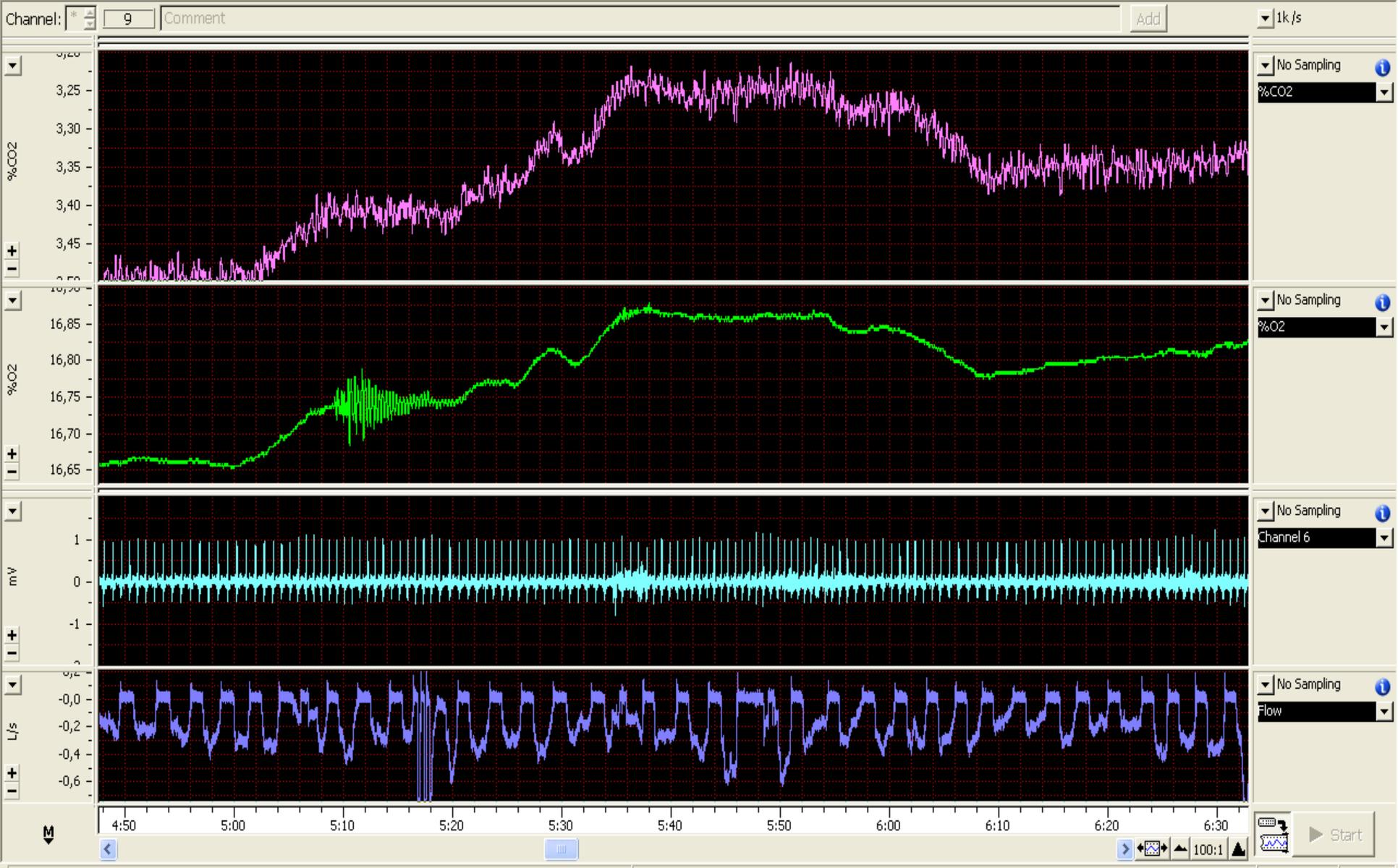
## Ergoespirometria





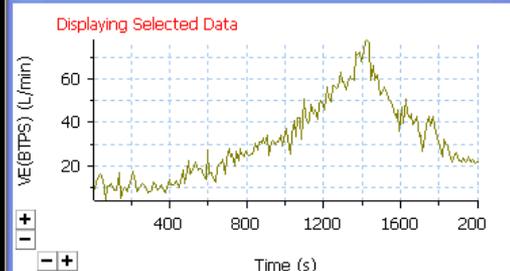
# ILUSTRAÇÃO DA TELA DO SOFTWARE BREEZE SUÍTE 5.3.007



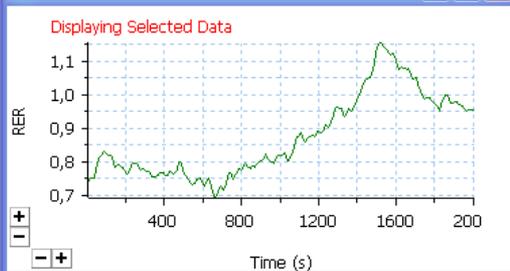




Luciana1: VE(BTPS) vs Time\*



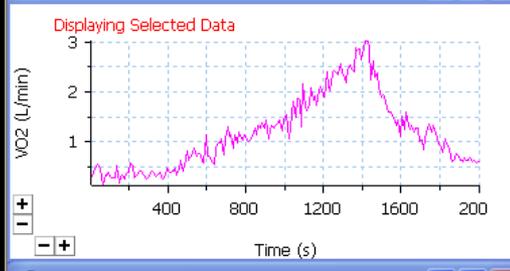
Luciana1: RER vs Time\*



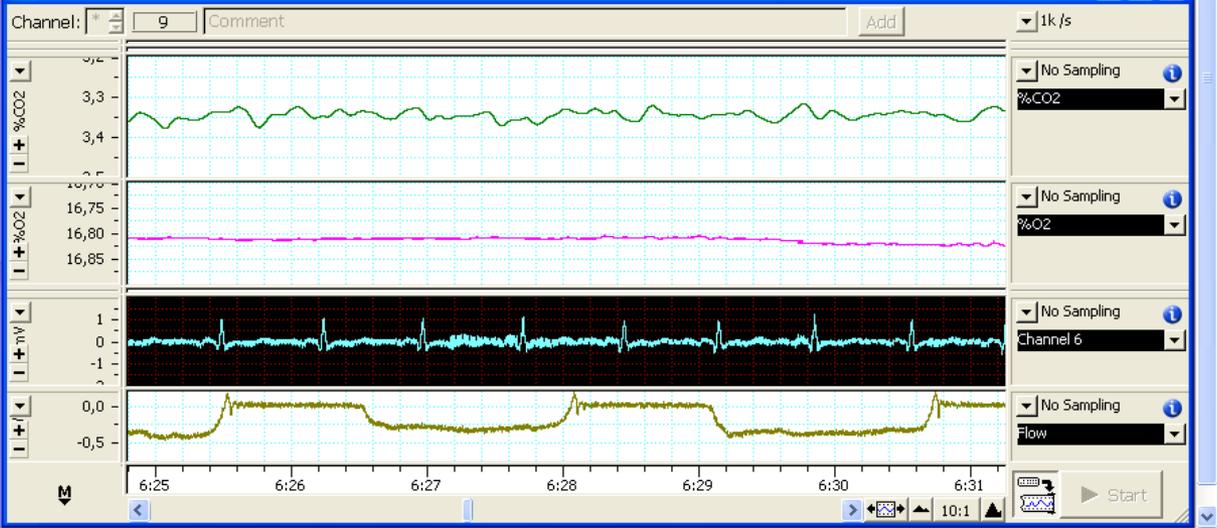
Luciana1: Log Window\*

	Time (s)	VE(BTPS) (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

Luciana1: VO2 vs Time\*



Luciana1: Chart View\*



***FIM***