

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**UTILIZAÇÃO DE TESTES DE CAMINHADA PARA
AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AERÓBIA**

GUILHERME MORAIS PUGA

**BRASÍLIA
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Guilherme Morais Puga

**UTILIZAÇÃO DE TESTES DE CAMINHADA PARA
AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AERÓBIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (UCB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Carmen Silvia Grubert Campbell

**BRASÍLIA
2007**

AGRADECIMENTOS

Lembro-me de quando formei em Educação Física e disse que era um privilegiado por ter sido muito bem orientado e auxiliado dentro e fora da universidade, o que me possibilitou graduar com objetivos traçados e com possibilidade de alcançá-los. Pois bem, a obtenção do título de mestre era um sonho e um objetivo traçado que se concretizou. Assim gostaria de agradecer a todos que me apoiaram e me auxiliaram para conquista de mais esse desafio.

Aos meus pais, devo dizer que serei eternamente grato a eles, pois eles sempre me deram apoio em minha trajetória de vida em qualquer situação, e devo dizer que o apoio deles foi, é e será fundamental para todas minhas conquistas seja acadêmicas, profissionais, afetivas ou de vida. Sou uma pessoa privilegiada por ter sido muito bem educado por eles em todos os sentidos.

À minha família, que teve uma participação fundamental nesta minha caminhada. Meus avós Alaor, Titita, Maurílio e Aglai, sempre cuidaram e me ensinaram lições de vida, além do eterno carinho que sempre me proporcionaram. Minha tia Verinha que sempre me apoiou e me orientou na minha carreira acadêmica, e sempre me acolheu em sua casa com todo carinho. Minha tia Maria Lúcia, que me apoiou em Brasília me acolhendo em sua casa e me dando apoio durante minha passagem por essa cidade, assim como meu tio Junior, tia Tereza e tia Marise, e minha tia Carmem que mesmo de longe torceu para que tudo desse certo. Meus irmãos Henrique e Fernanda que sempre tiveram do meu lado e sempre pude contar com eles, principalmente quando precisei ficar um tempo em sua casa. E todos meus primos Isadora, Gustavo, Rafael, Dolores, Neto, Diego, Moema, Carolina, Maurílio Neto, Fabiana, Renata, Daniel e Mariane, que são além de familiares amigos que sempre pude confiar.

Ao meu amigo, professor e orientador Guilherme De Agostini, que além da grande amizade, me orientou e me ensinou com seu enorme conhecimento multidisciplinar, principalmente da fisiologia do exercício, e treinamento esportivo.

Aos meus grandes amigos e parceiros acadêmicos e científicos João Elias e Cristiano Lino, que sempre tiveram do meu lado desde a graduação até hoje, e tenho certeza que juntos seremos grandes professores, orientadores, e cientistas, além de grandes amigos pela vida toda.

À Universidade Federal de Uberlândia, que me proporcionou fazer a graduação. Aos meus professores da Faculdade de Educação Física que acreditaram e me ensinaram, em especial ao professor Sergio Pepato, que foi meu primeiro orientador, e incentivador, acreditando e dando grande credibilidade para que eu chegasse hoje aqui. Tenho certeza que em algum lugar ele está feliz por mais essa conquista na minha vida. Além de meus colegas de graduação e de profissão, que tornaram da FAEFI minha segunda casa, e onde tenho grandes amigos até hoje.

Não poderia de deixar de agradecer meus amigos que fiz em várias cidades e instituições pelo Brasil. Aos meus amigos e colegas da graduação, mestrado, doutorado e professores da Unesp de Rio Claro que sempre me ajudaram e me acolheram naquela cidade com grande carinho, em especial ao professor Eduardo Kokubun, que me co-orientou e teve papel fundamental no meu mestrado, e aos colegas de seu laboratório que sempre me acolheram e ajudaram quando precisei, em especial a minha querida amiga Paula, amiga pra todas as horas e todas as situações, e ao Rodrigo, e Pri Nakamura. Ao professor Sebastião Gobbi, e colegas de seu laboratório, em especial ao meu amigo Marcio Sussumu. Enfim a todos os amigos que fiz em minha curta, mas marcante passagem por essa cidade.

Aos meus orientadores Carmen Campbell e Herbert Simões, que confiaram e acreditaram em mim, e me ensinaram e orientaram muito dentro de minha vida acadêmica, profissional e pessoal. Sinto-me privilegiado de fazer parte deste grupo de estudo e pesquisa da Universidade Católica de Brasília e tenho certeza que sempre vou poder contar com eles, e sempre serei eternamente grato à formação que me proporcionaram.

Aos meus colegas da Universidade Católica de Brasília estudantes da graduação, mestrado, doutorado e professores, que me ensinaram e contribuíram para minha formação. Especialmente aqueles que além de colegas tornaram-se amigos, Rafilks, Paulo, Juliano, Gisela, Wolysson, Rafael Sotero, Sergio, Márcio, Laila, Wesley, Emerson, Kleber, Marina, Daisy, Renato André, e todos aqueles que sabem que fizeram e fazem parte desta minha fase da vida, e espero fazer parte por um longo tempo.

À Universidade Católica de Brasília por ter oferecido e proporcionado meu mestrado, em especial ao coordenador da pós-graduação prof. Ricardo Jacó. A CAPES que me deu suporte financeiro para realização do mestrado. A todos os voluntários que confiaram e proporcionaram que eu realizasse o estudo, e que não citarei os nomes por questões éticas.

Enfim, a todos os colegas, amigos, professores e familiares, que fizeram parte e contribuíram para minha formação e obtenção do título de mestre em Educação Física.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA | 4 |
| 3. OBJETIVOS..... | 6 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 4.1) Domínios de intensidade e sua relação com parâmetros fisiológicos:..... | 7 |
| 4.2 Utilização do limiar anaeróbio para avaliação da aptidão aeróbia:..... | 10 |
| 4.3) Potência/Velocidade Crítica e Capacidade de Trabalho Anaeróbia: | 13 |
| 4.4) Relação entre frequência cardíaca, consumo de oxigênio e intensidade de exercício..... | 22 |
| 5. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 24 |
| 5.1) Amostra: | 24 |
| 5.2) Procedimentos:..... | 25 |
| 5.2.1) <i>Familiarização dos voluntários:</i> | 26 |
| 5.2.2) <i>Eletrocardiograma (ECG) de repouso e esforço:</i> | 27 |
| 5.2.3) <i>Exercício preparatório:</i> | 28 |
| 5.3) Etapa 1 de testes: Determinação dos parâmetros da potência crítica:..... | 28 |
| 5.3.1) <i>Teste progressivo-regressivo:</i> | 28 |
| 5.3.2) <i>Determinação dos pontos de recuperação da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio no teste progressivo-regressivo:</i> | 31 |
| 5.3.3) <i>Teste de carga constante para determinação da ICrit:</i> | 33 |
| 5.3.4) <i>Determinação da Inclinação Crítica (ICrit):</i> | 34 |
| 5.4) Etapa 2 de testes: Teste de identificação do máximo estado estável de lactato (MEEL): | 35 |
| 5.5) Coleta e análise da lactatemia e glicemia:..... | 37 |

| | |
|--|-----|
| 5.6) Coleta e análise das variáveis ventilatórias:..... | 37 |
| 5.7) Tratamento estatístico: | 38 |
| 6.0) RESULTADOS:..... | 39 |
| 6.1) Resultados do teste para determinação da ICrit: | 39 |
| 6.2) Resultados do teste progressivo regressivo:..... | 44 |
| 6.3) Resultados do teste de identificação do máximo estado estável de lactato:..... | 52 |
| 6.4) Comparação entre os resultados do teste de Inclinação Crítica e os pontos de recuperação da frequência cardíaca e consumo de oxigênio:..... | 58 |
| 6.5) Comparação entre os resultados dos parâmetros da potência crítica com o teste de identificação do máximo estado estável de lactato. | 61 |
| 7.0) DISCUSSÃO: | 63 |
| 8.0) CONCLUSÕES: | 88 |
| 9.0) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:..... | 89 |
| 10.0) ANEXOS..... | 102 |
| 10.1) Anexos I - Questionário – Anamnese | 102 |
| 10.2) Anexo II - Antropometria..... | 105 |
| 10.3) Anexo III - Recomendações para os dias das sessões experimentais | 107 |
| 10.4) Anexo IV – Termo de Consentimento livre e esclarecido | 108 |
| 10.5) Anexo V – Ficha de coleta de dados | 112 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Características individuais dos voluntários participantes do estudo..... | 24 |
| Tabela 2: Valores individuais dos tempos de exaustão nas três intensidades 18%, 20% e 22%, e das inclinações correspondentes a ICrit (%) determinada pelos métodos linear Inclinação-tempo ⁻¹ (linear 1), hiperbólico linearizado Tempo ⁻¹ -Inclinação (linear 2) e Hiperbólico..... | 40 |
| Tabela 3: Matriz da correlação das estimativas das ICrit estimadas pelos modelos Linear Inclinação-Tempo ⁻¹ (Linear 1), modelo Hiperbólico Linearizado (Linear 2) e hiperbólico..... | 40 |
| Tabela 4: Valores individuais da estimativa, erro padrão da estimativa (EPE), valor de t, nível de p, limite de confiança inferior (IC inferior) e limite de confiança superior (IC superior) da aplicação do modelo hiperbólico para estimativa da ICrit.. | 43 |
| Tabela 5: Valores de R ² das estimativas da ICrit estimadas pelos modelos Linear Inclinação-Tempo ⁻¹ (Linear 1) e modelo Hiperbólico Linearizado (Linear 2)..... | 43 |
| Tabela 6: Valores individuais do tempo total de teste, número de estágios, tempo de duração da fase de ascendência, e ponto de estabilização (PE) para a FC e VO ₂ no teste progressivo-regressivo. | 45 |
| Tabela 7: Valores individuais do tempo (s) e % de inclinação correspondente ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC) e ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO ₂). | 45 |
| Tabela 8: Valores individuais do tempo de duração da fase descendente, de estabilidade, do tempo correspondente ao ponto de recuperação (PR-FC e PR-VO ₂), e do valor correspondente na fase estável da frequência cardíaca e consumo de oxigênio..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Tabela 9: Valores individuais de inclinação, percepção subjetiva de esforço, frequência cardíaca, e consumo de oxigênio, referentes primeiro estágio, estágio onde ocorreu a inclinação pico, e estágio final..... | 48 |
| Tabela 10: Valores individuais de inclinação, lactatemia, glicemia, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço, consumo de oxigênio, ventilação pulmonar, produção de gás carbônico e razão de trocas respiratórias correspondentes à média entre o 10° e 30° min na intensidade do máximo estado estável de lactato..... | 53 |
| Tabela 11: Valores individuais das variações (Δ) de lactatemia, glicemia, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço, consumo de oxigênio, ventilação pulmonar, produção de gás carbônico e razão de trocas respiratórias, entre o 10° e 30° minutos do teste retangular na intensidade do máximo estado estável de lactato..... | 54 |
| Tabela 12: Matriz da correlação das estimativas das inclinações correspondentes a inclinação Crítica (ICrit), ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC) e ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO ₂)..... | 59 |
| Tabela 13: Matriz da correlação das estimativas das inclinações correspondentes a inclinação Crítica (ICrit), ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC), ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO ₂), e ao máximo estado estável de lactato. | 62 |
| Tabela 14: Comparação entre os valores médios das inclinações correspondentes a inclinação Crítica, Máximo estado estável de lactato e Inclinação pico no teste progressivo-regressivo..... | 67 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Protocolos intermitentes com o primeiro “tiro” com duração de t_{lim} contínuo dividido por 2 ($t_{lim}c/2$) e o segundo “tiro” até a exaustão: (A) recuperação ativa na PCrit e (B) recuperação passiva (NAKAMURA, 2001)..... 19
- Figura 2:** Representação esquemática da variação de potência e o tempo tolerável até a exaustão (adaptado de FUKUBA *et al.*, 2003). W^{\prime} representa a capacidade de trabalho anaeróbia (CTAn), e PCrit representa a potência crítica..... 20
- Figura 3:** Figura demonstrativa da relação entre incremento e decremento de intensidade do teste progressivo-regressivo ao longo do tempo. Cada estágio teve duração de 1 minuto, e o acréscimo e decréscimo de carga foi de 1% por estágio. O pico de inclinação foi individual e correspondente a uma percepção subjetiva de esforço de 17 na escala de Borg, 1982..... 29
- Figura 4:** Escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) utilizada no estudo (Borg, 1982)..... 30
- Figura 5:** Exemplo da determinação do PE-FC e PR-FC de um voluntário através do ajuste matemático..... 32
- Figura 6:** Figura ilustrativa dos modelos hiperbólico à esquerda (A) e linear à direita (B), utilizados para determinação da ICrit..... 35
- Figura 7:** Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas de ICrit resultantes da aplicação do modelo Linear Inclinação-Tempo⁻¹ (Linear 1) e modelo Hiperbólico..... 41
- Figura 8:** Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas de ICrit resultantes da aplicação do modelo Linear Inclinação-Tempo⁻¹ (Linear 1) e modelo Hiperbólico Linearizado (Linear 2)..... 42

| | |
|--|----|
| Figura 9: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas de ICrit resultantes da aplicação do modelo Linear Hiperbólico e modelo Hiperbólico linearizado (Linear 2)..... | 42 |
| Figura 10: Exemplo das respostas do consumo de oxigênio e frequência cardíaca ao longo do tempo de um voluntário (BI) no teste progressivo-regressivo, e aplicação da regressão linear multissegmentar, com identificação dos pontos de estabilização e recuperação dessas variáveis..... | 49 |
| Figura 11: Distribuição dos valores preditos e observados na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores do VO ₂ do teste progressivo regressivo do voluntário BI..... | 50 |
| Figura 12: Distribuição dos resíduos na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores do VO ₂ do teste progressivo regressivo do voluntário BI..... | 50 |
| Figura 13: Distribuição dos valores preditos e observados na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores da FC do teste progressivo regressivo do voluntário BI..... | 51 |
| Figura 14: Distribuição dos resíduos na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores da FC do teste progressivo regressivo do voluntário BI..... | 51 |
| Figura 15: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas do ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC) e o ponto de recuperação do VO ₂ (PR-VO ₂)..... | 52 |
| Figura 16: Cinética do lactato na intensidade do máximo estado estável de lactato para todos voluntários..... | 55 |
| Figura 17: Cinética do lactato na intensidade com 1% de inclinação acima da intensidade do máximo estado estável de lactato para todos voluntários..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 18: Respostas médias (\pm DP) do consumo de oxigênio (A), ventilação pulmonar (B), produção de gás carbônico (C), e razão de trocas respiratórias (D) durante o teste retangular de 30 minutos na intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato..... | 56 |
| Figura 19: Respostas médias (\pm DP) da lactatemia (A), glicemia (B) e frequência cardíaca (C) durante o teste retangular de 30 minutos na intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato..... | 57 |
| Figura 20: Respostas médias (\pm DP) da percepção subjetiva de esforço durante o teste retangular de 30 minutos na intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato..... | 58 |
| Figura 21: Comparação entre a inclinação Crítica (ICrit), com as inclinações correspondentes ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC), e o ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO ₂) determinados no teste progressivo regressivo..... | 59 |
| Figura 22: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas da Inclinação Crítica (ICrit) e do ponto de recuperação do VO ₂ (PR-VO ₂)..... | 60 |
| Figura 23: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas da Inclinação Crítica (ICrit) e do ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC)..... | 60 |
| Figura 24: Comparação entre a inclinação Crítica (ICrit), inclinações correspondentes ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC), ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO ₂) e ao máximo estado estável de lactato. | 61 |
| Figura 25: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas da Inclinação Crítica (ICrit) e do máximo estado estável de lactato (MEEL)..... | 62 |

LISTA DE ABREVIACOES:

| | |
|--------------------|---|
| [Lac] | Concentração de Lactato |
| [Pi] | Fosfato inorgânico |
| [pir] | Concentração de piruvato |
| ApAer | Aptidão Aeróbia |
| ATP | Adenosina Trifosfato |
| CCAn | Capacidade de corrida Anaeróbia |
| CTAn | Capacidade de Trabalho Anaeróbia |
| ECG | Eletrocardiograma |
| FC | Freqncia Cardíaca |
| GM ₃ | Protocolo de Glicose Mínima de 3 coletas |
| GM ₆ | Protocolo de Glicose Mínima de 6 coletas |
| IAT | Limiar Anaeróbio Individual |
| ICrit | Inclinação Crítica |
| IGT | Limiar Glicmico Individual |
| LAn | Limiar Anaeróbio |
| LFEMG | Limiar de Fadiga Eletromiográfica |
| LG | Limiar Glicêmico |
| LL | Limiar de Lactato |
| LM | Lactato Mínimo |
| LV | Limiar Ventilatório |
| MEEL | Máxima estado estável de lactato |
| OBLA | Inicio do acúmulo de lactato sangneo |
| PCrit | Potência Crítica |
| PE | Ponto de estabilização |
| PE-VO ₂ | Ponto de estabilização do Consumo de Oxigênio |
| PE-FC | Ponto de estabilização da Freqncia Cardíaca |
| PR | Ponto de recuperação |
| PR-FC | Ponto de recuperação da Freqncia Cardíaca |
| PR-VO ₂ | Ponto de recuperação do Consumo de Oxigênio |
| PSE | Percepção Subjetiva de Esforço |
| RER | Razão de trocas respiratórias |

| | |
|-------------|---|
| t | Tempo de duração |
| t_{lim} | Tempo máximo de exaustão na potência realizada |
| V_{Crit} | Velocidade Critica |
| VE | Ventilação Pulmonar |
| VE/VO_2 | Equivalente Respiratório de Oxigênio |
| VE/VCO_2 | Equivalente Respiratório de Gás Carbônico |
| VO_2 | Consumo de Oxigênio |
| VO_{2max} | Consumo Máximo de Oxigênio |
| W | Trabalho Realizada |
| W^* | Estoque finito de reserva de trabalho anaeróbia |
| W_a | Assíntota da relação hiperbólica entre $W-t$ |
| W_{lim} | Potência Realizada |
| $W-t$ | Relação entre potência-tempo |

RESUMO

Vários autores têm interesse em investigar a avaliação da aptidão aeróbia (ApAer) por meio de diferentes metodologias que, na maioria das vezes, requerem alto custo e elevado dispêndio de tempo. Dentre os métodos mais simples e acessíveis utilizados, o modelo da Potência Crítica (PCrit) vem sendo bastante estudado e relacionado com o máximo estado estável de lactato sanguíneo (MEEL). A possibilidade de identificação destes parâmetros através da caminhada como forma de exercício, bem como sua relação com domínios de intensidade de exercício, pode estender mais a aplicação da avaliação da ApAer para populações especiais. Sendo assim o objetivo do presente estudo foi verificar a possibilidade de avaliação da ApAer, em testes de caminhada com sobrecarga em inclinação da esteira, com protocolos invasivos e não-invasivos, e relacionar as intensidades relativas ao modelo da PCrit e MEEL com os domínios de intensidade de exercício. Fizeram parte deste estudo 12 indivíduos, saudáveis e fisicamente ativos ($23,2\pm 3$ anos; $74,0\pm 8$ kg; $176,8\pm 4$ cm). Os voluntários realizaram todos os testes em esteira ergométrica, com velocidade fixa de caminhada ($5,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) e incremento de intensidade com inclinação da esteira. Os testes foram divididos em 2 etapas. A etapa 1 consistia da determinação dos parâmetros da potência crítica ($n=12$) e na etapa 2 consistia na determinação do MEEL ($n=11$). Na etapa 1 os indivíduos realizaram um teste progressivo-regressivo com carga inicial de 7% de inclinação da esteira, incrementos de 1% por minuto, e pico de inclinação correspondente a PSE de 17, com subsequente decréscimo de 1% por minuto até a inclinação inicial. Nesse protocolo, a cinética do consumo de oxigênio (VO_2) e da frequência cardíaca (FC) durante o teste apresentava uma fase de ascendência, estabilização e queda, com consequente possibilidade de identificação dos pontos de estabilização (PE), e de recuperação (PR) destas variáveis. Além disso, eles realizaram 3 testes retangulares com inclinação e velocidade fixa a 18, 20 e 22%, para estimativa da inclinação crítica (ICrit) por 3 modelos (hiperbólico, linear Inclinação-tempo⁻¹ e hiperbólico linearizado). Na etapa 2 os indivíduos realizaram testes retangulares de 30 min até identificar a intensidade correspondente ao MEEL, com coletas de sangue nos minutos 10, 20 e 30 de exercício. Durante todos os testes as variáveis ventilatórias foram coletadas por um analisador de gases (Cortex Biofysik mod. Metalyzer 3B). Os resultados demonstraram que foi possível identificar esses parâmetros em testes de caminhada. Os modelos lineares Inclinação-tempo⁻¹ ($16,0\pm 1\%$) e hiperbólico linearizado ($15,9\pm 1\%$) superestimaram a estimativa da ICrit do modelo hiperbólico ($15,4\pm 1\%$). A análise de variância não demonstrou diferença entre as intensidades correspondentes à ICrit ($15,4\pm 1$) determinada pelo modelo hiperbólico e os PR- VO_2 ($14,4\pm 2\%$) e PR-FC ($14,8\pm 2\%$). Apesar da análise estatística não demonstrar diferença entre a ICrit ($15,4\pm 1$), e MEEL ($14,1\pm 1\%$), a análise de Bland Altman demonstrou uma variação individual grande nas estimativas destes parâmetros. Podemos concluir que o modelo da PCrit, quando corretamente estimada, parece representar uma intensidade sustentável de exercício relacionada com o MEEL, e onde acima desta ocorre uma utilização das reservas da capacidade anaeróbia, e abaixo desta representaria uma intensidade sustentada pela ressíntese de ATP com grande contribuição do metabolismo aeróbio.

ABSTRACT

Many authors had investigated the physical fitness assessment (PF) by different methods, which always are expensive and spend a lot of time. Among the simplest and cheapest methods, the critical power (CP) has been studied for many authors and has a relationship with the maximal lactate steady state (MLSS). The possibility of identifying these parameters during walking tests, as well as their relation with exercise intensity domain, can extend the PF assessment to special population. The aim of this study was to verify the possibility of assessing PF assessment through a walking test with uploads in treadmill inclination, and to verify the relationship among PC, MLSS and exercise intensity domain. Eleven healthy and recreational subjects participated in this study (23.3±3yr; 74.0±8kg; 176.8±4cm). All the tests were performed in a treadmill with fixed walking velocity (5.5 km·h⁻¹) and treadmill inclination increment intensity. The tests were divided in 2 parts. The first was to determine the CP parameters (n=12) and the second was to determine the MLSS (n=11). In the first part, all the subjects did a progressive regressive test with a 7% treadmill inclination as the initial load, 1% increment per minute and with the peak intensity corresponding to 17 of RPE in Borg Scale, with a subsequent decrement of 1% per minute until the initial intensity. In this protocol, the oxygen uptake (VO₂) and heart rate (HR) kinetics during the test had an ascending, a steady state and a descending phase, that allowed us to identify the steady state point (SP) and the recovery point (RP). More over, they did 3 constant load tests with an inclination of 18%, 20% and 22%, to make it possible to estimate the critical inclination (IC) by 3 methods (hyperbolic, linear inclination-time⁻¹ and hyperbolic-linear). During the second part of the tests, the subjects did constant load tests of 30 minutes until the identification of MLSS, with blood collections at the 10th, 20th and 30th minutes of exercise. During the entire test, the ventilatory parameters were measured (Cortex Biofysik mod. Metalyzer 3B). Our results show that it was possible to identify these parameters during walking tests. The linear model (16.0±1%) and hyperbolic-linear model (15.9±1%) underestimated the ICrit by hyperbolic model (15.4±1%). The statistical analysis did not show any difference between ICrit by hyperbolic model and RP-VO₂ (14.4±2%) and RP-HR (14.8±2%). Although the statistical analysis did not show differences between MLSS (14.1±1%) and ICrit (15.4±1), the Bland Altman analysis showed high individual differences between these parameters. It can be concluded that the CP model, when correctly estimated, seems to indicate a sustainable exercise intensity that represents the MLSS, above which intensity the anaerobic stores are used, and below which intensity the exercise can be sustained by the contribution of aerobic metabolism.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da aptidão aeróbia (ApAer) tem sido amplamente utilizada por pesquisadores, treinadores e profissionais da área da saúde, pois ela proporciona uma prescrição mais adequada de intensidades de exercícios para diversas populações. Assim, vários autores têm interesse em investigar a avaliação da aptidão aeróbia por meio de diferentes metodologias que, na maioria das vezes, requerem alto custo e elevado dispêndio de tempo.

Alguns estudos têm objetivado investigar métodos para determinação do equilíbrio dinâmico metabólico, a fim de avaliar a ApAer, envolvendo técnicas simples e de ampla aplicação à população incluindo indivíduos sedentários, inativos e populações especiais como idosos, obesos, diabéticos e hipertensos.

A utilização de protocolos que avaliem a ApAer através da caminhada como forma de exercício, é muito importante pois é o gesto motor mais utilizado pela população, devido sua melhor acessibilidade. Além disso, o Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM) reporta não ter contra-indicações dessa atividade para nenhuma população (ACSM, 2000).

Diversos estudos utilizaram testes de caminhadas para avaliar a ApAer em diferentes populações como pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) (IRRIBERI *et al.*, 2002; CARTER, *et al.*, 2003), obesos (HULENS *et al.*, 2003), cardiopatas (ENG *et al.*, 2002) e idosos (RICKLI E JONES 1998; KERVIO, CARRE E VILLE, 2003).

Segundo Gubin e Judge (1987), testes de exercícios de caminhada podem ser utilizados tanto para diagnóstico, quanto para a mensuração da aptidão funcional. Esse diagnóstico pode ser para dor, palpitação, pressão arterial elevada, e aptidão física.

Dentre os métodos utilizados para a avaliação da ApAer, o modelo da Potência Crítica (PCrit), proposto na década de 60 por Monod e Sherrer, vem sendo bastante estudado, levando em conta o trabalho gerado (W) e o tempo de duração (t) do exercício em diferentes intensidades.

Essa relação entre potência-tempo ($W-t$) de exaustão em exercícios de alta intensidade, foi primeiramente descrita por Hill em 1927, e posteriormente caracterizada pela relação hiperbólica entre taxa de trabalho realizado e tempo de exaustão, identificada por Monod e Sherrer (1965). A assíntota desta relação representa hipoteticamente a mais alta carga de trabalho onde ocorre um estado estável das trocas de gases pulmonares, do estado ácido-básico sanguíneo, e da concentração de lactato [Lac], refletindo a máxima potência que pode ser sustentada sem uma contínua e progressiva contribuição anaeróbia.

Essa relação fornece também um outro parâmetro que pode ser uma estimativa de um estoque finito de energia composta pelos estoques de O_2 , reservas de fosfagênio e fontes derivadas da glicólise anaeróbia, que pode ser chamado de W' . Assim, com o aumento da taxa de trabalho acima da assíntota da relação $W-t$, o tempo de resistência até a exaustão diminui, e juntamente com isso há uma utilização da W' , levando o indivíduo à fadiga e posterior exaustão (GAESSER e POOLE, 1996; WALSH, 2000).

Deste modo, modelo da Potência Crítica (PCrit) possui, quando adequado, a vantagem de identificar tanto parâmetros aeróbios, quanto anaeróbios, como um método simples e de baixo custo, sem utilização de técnicas invasivas. Por isso, a validação e a correlação deste modelo com parâmetros metabólicos e fisiológicos, permitem uma melhor utilização e aplicação prática, com fundamentação teórica.

As respostas de variáveis fisiológicas como a [Lac] e o consumo de oxigênio (VO_2) frente a essa relação $W-t$, permite a delimitação de intensidades de exercício

através de zonas, denominadas domínios de intensidades de exercício (WHIPP, 1987; WHIPP e WARD, 1990; GAESSER e POOLE, 1996), representando um excelente meio para interpretação e adequação de intensidades de exercício, necessárias de acordo com o objetivo da prescrição do exercício ou atividade física, para qualquer indivíduo.

2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Uma correta avaliação da aptidão aeróbia é de fundamental importância para uma prescrição de intensidades de exercício mais precisas. Porém, os protocolos que avaliam a aptidão aeróbia são geralmente máximos e de difícil acesso para populações impossibilitadas de executarem o padrão de corrida, seja por motivos patológicos ou motores. Sendo assim a utilização da inclinação como controlador de intensidade é bastante prático e útil para sedentários, pacientes com deficiências cardio-respiratórias e idosos com limitações articulares, biomecânicas ou funcionais que não conseguem realizar esforços com incrementos de velocidade.

Um protocolo de exercício utilizando um modelo simples, de fácil acesso, e não invasivo, que seja correlacionado com diversos parâmetros fisiológicos de avaliação da aptidão aeróbia, é de fundamental importância para profissionais da área da saúde que trabalham com a avaliação e prescrição do exercício para essas populações.

O modelo da potência crítica chama a atenção, pois pode apresentar aplicações práticas e um impacto teórico importante na relação entre duração e intensidade de exercício, com modelos fisiológicos de fadiga e exaustão.

Mesmo sendo um parâmetro que utiliza métodos simples, não invasivos, e sem necessidade de coleta de variáveis fisiológicas como lactato e consumo de oxigênio, esse modelo pode ser utilizado para determinação de intensidades de exercício onde ocorra ou não um equilíbrio dinâmico entre variáveis fisiológicas que estão diretamente ligadas ao tempo de tolerância ao exercício.

A hipótese proposta pelo modelo da potência crítica é a de que ela demarcaria uma zona de intensidades, de tal forma que exercícios realizados acima desta proporcionariam um desequilíbrio metabólico, com consequente redução do tempo de tolerância ao esforço físico, e/ou interrupção devido à fadiga. Ao mesmo tempo em que

exercícios realizados abaixo desta intensidade permitiriam um equilíbrio dinâmico metabólico, e poderiam ser sustentados por um longo período de tempo sem exaustão.

A confirmação desta hipótese é de fundamental importância para a validação e aplicação deste modelo na avaliação da aptidão aeróbia e na prescrição do exercício, seja visando desempenho ou monitoramento de intensidades seguras para determinadas populações.

3. OBJETIVOS

- Verificar a possibilidade de avaliação da ApAer em testes de caminhada com sobrecarga em inclinação da esteira, com protocolos invasivos e não-invasivos.
- Testar o modelo proposto pela potência crítica de utilização e reposição da capacidade de trabalho anaeróbia em cargas sub e supra potência crítica.
- Verificar a relação entre os parâmetros determinados por meio de modelos matemáticos, com os parâmetros fisiológicos da avaliação da aptidão aeróbia, e sua relação com os domínios de intensidade.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1) Domínios de intensidade e sua relação com parâmetros fisiológicos:

A relação entre tempo de exaustão e intensidade de exercício está altamente ligada às respostas metabólicas, em especial à cinética do consumo de oxigênio e do lactato sanguíneo. Essa relação entre trabalho gerado e duração do exercício ($W-t$) vem sendo descrita desde a década de 20 com os trabalhos de Hill, que verificaram uma relação hiperbólica descrita na seguinte equação:

$$W' = (W - W_a) \cdot t$$

Onde:

t representa o tempo em segundos;

W' representa a quantidade de trabalho (kj) constante que pode ser desempenhado acima da assíntota (reta que não toca na curva da relação hiperbólica entre $W-t$) da potência;

W_a representa a assíntota da relação hiperbólica entre $W-t$.

A W_a pode ser considerada uma taxa sustentável de ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) representada pela taxa de trabalho ou custo de O_2 no exercício. Já a W' compreende em um estoque finito de equivalentes energéticos consistindo nos estoques fosfagênicos, de O_2 venoso e glicólise anaeróbia, sendo equivalente ao déficit de O_2 . Baseado nesta relação, exercícios realizados abaixo ou na W_a podem ser sustentados por um longo período de tempo. Já quando realizado acima, utilizará os estoques finitos da W' , e a fadiga ocorrerá no tempo t (GAESSER e POOLE 1996).

As respostas do VO_2 e lactato frente a essa relação entre $W-t$ possibilitaram que Whipp (1987) e Gaesser e Poole (1996) relacionassem as intensidades de exercícios a perfis metabólicos, em três domínios de intensidade. O primeiro é o domínio moderado de exercício, onde todo o trabalho sustentado não induz uma acidose láctica, não ocorrendo um acúmulo de lactato sanguíneo. O limite superior desse domínio

corresponde ao início de acúmulo de lactato sanguíneo, acima dos níveis de repouso. Alguns autores denominam essa intensidade como primeiro aumento da curva do lactato, ou limiar aeróbio (FARREL *et al.*, 1979; SKINNER e MCLELLAN, 1980).

Alguns autores relatam que a cinética de VO_2 neste domínio possui três fases (ASTRAND, 1956; WHIPP *et al.*, 1982). A fase 1 representa um aumento exponencial do VO_2 por volta dos primeiros 15 a 25 segundos iniciais do exercício, e representa um aumento no débito cardíaco e fluxo sanguíneo pulmonar, com pequenas contribuições da alteração no estoque de gás pulmonar, e conteúdo de O_2 venoso.

A fase 2 representa a influência das mudanças metabólicas no músculo, e apresenta um aumento do VO_2 até atingir uma fase estável após o aumento inicial da fase 1. Indivíduos treinados apresentam uma fase 2 mais rápida, devido ao melhor componente aeróbio (GAESSER e POOLE, 1996). O tipo de ergômetro também pode alterar a cinética desta fase 2 nos indivíduos (CARTER *et al.*, 2002). Já a fase 3 representa uma fase estável do VO_2 , e é alcançada aproximadamente após 2 a 3 minutos do início do exercício moderado.

O segundo domínio de intensidade é o domínio intenso de exercício, que se inicia com a mais baixa intensidade onde a produção de lactato excede transitoriamente sua remoção, porém ainda há uma fase estável deste metabólito. O limite superior desse domínio corresponde à máxima intensidade de exercício onde a [Lac] sanguínea apresenta um estado estável (MEEL). Esse limite superior do domínio intenso de exercício teoricamente também corresponderia à assíntota da relação hiperbólica entre $W-t$ de exercício. Isso porque alguns estudos demonstram que essa relação pode superestimar esse limite (SIMÕES *et al.*, 2005). Além disso, o estado de equilíbrio dinâmico metabólico delimitaria também esse domínio do seguinte (GAESSER e POOLE, 1996).

No domínio intenso, como a intensidade de exercício está acima do limiar de lactato (LL), a cinética do VO_2 se torna mais complexa, pois ela apresenta um componente lento depois de alguns minutos de exercício (entre 3 e 10 minutos após o componente rápido). Isso ocasiona uma maior demora para se atingir o estado estável. O estado estável do VO_2 neste domínio é atingido em uma intensidade superior a do domínio moderado (ASTRAND, 1956; WHIPP *et al.*, 1982; WHIPP *et al.* 1990).

O terceiro domínio de intensidade é o domínio severo de exercício, onde não ocorre fase estável do lactato nem de VO_2 . Ambos os parâmetros aumentarão até que ocorra a fadiga, podendo o VO_2 atingir valores máximos, dependendo da duração, e do quanto acima do limite inferior deste domínio, o exercício se encontra (ASTRAND, 1956; POOLE *et al.*, 1988).

O limite superior do domínio de intensidade de exercício severo corresponde ao $\text{VO}_{2\text{max}}$, e exercício desempenhados nesta intensidade terão um tempo de exaustão entre 3 a 7 minutos (MORTON e BILLAT, 2000).

Posteriormente Hill, Poole e Smith (2002) propuseram o domínio de intensidade extremo de exercício, acima do severo, cujas intensidades seriam tão intensas que o indivíduo chegaria à exaustão antes mesmo de atingir o $\text{VO}_{2\text{max}}$. Alguns autores também chamaram esses três primeiros domínios de intensidade de exercício, de domínio moderado, pesado e muito pesado, mas com a mesma relação entre os parâmetros delimitando cada um deles (WHIPP *et al.*, 1990; SIMÕES *et al.*, 2005).

4.2 Utilização do limiar anaeróbio para avaliação da aptidão aeróbia:

Hollmann, entre os anos de 1957 e 1963, introduziu o conceito de início do metabolismo anaeróbio para avaliar a capacidade de desempenho aeróbia cardiopulmonar e periférica, e definiu o ponto onde a ventilação aumenta em maior magnitude que o VO_2 de ponto de ótima eficiência ventilatória (HOLLMANN, 1985).

Em 1964, Wasserman introduziu o termo Limiar Anaeróbio (LAn), e sugeriu que as trocas gasosas fossem usadas para determinar a intensidade correspondente ao início do acúmulo de lactato sanguíneo. Posteriormente, em 1967 e 1973, modificou o conceito do limiar anaeróbio para a intensidade de exercício acima da qual a concentração sanguínea de lactato aumenta de forma progressiva e a ventilação pulmonar se intensifica também de maneira desproporcional ao oxigênio consumido. Já em 1984, Wasserman aprimorou a avaliação do limiar anaeróbio por técnicas não invasivas, utilizando a avaliação das trocas gasosas.

Alguns autores posteriormente propuseram a avaliação desse parâmetro através do MEEL sanguíneo, denominando este como uma intensidade em que ocorria um equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo (MADER *et al.*, 1976; KINDERMANN, SIMON KEUL, 1979; SJÖDIN e JACOBS, 1981). O MEEL é considerado atualmente padrão ouro na avaliação da intensidade correspondente ao máximo equilíbrio dinâmico metabólico (MADER *et al.*, 1976; TEGTBUR, BUSSE e BRAUMANN, 1993; BENEKE, 2003; BILLAT, *et al.*, 2003) ou intensidade correspondente à assíntota da relação entre $W-t$ (GAESSER e POOLE, 1996).

Baseado nestes pressupostos, Heck *et al.* (1985) justificou a utilização do MEEL empregando-se a concentração fixa de lactato de 4 mM em exercício de 30 minutos de duração, para avaliação da transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio. Apesar de este protocolo ser bastante utilizado, é também bastante criticado por diversos autores na

literatura atual, pois esse valor de 4mM foi a média dos valores de lactato sanguíneo encontrada neste estudo, e portanto essa avaliação deveria ser individual.

Stegmann, Kindermann e Schnabel (1981), analisando esse comportamento individual da lactatemia durante a intensidade correspondente ao MEEL, verificaram que havia grande diferença entre os voluntários (1,4 a 7,5 mM) para se considerar protocolos de concentrações fixas como bons índices de avaliação ApAer. Assim, propuseram um modelo matemático de determinação do limiar anaeróbio individual, o IAT, bastante utilizado hoje em dia.

Outros autores propuseram diferentes técnicas e protocolos alternativos para avaliação do limiar anaeróbio. Tegtbur, Busse e Braumann (1993), propõem uma interessante metodologia de determinação do MEEL. Nesta metodologia, inicialmente realizam-se esforços intensos para elevar a lactatemia, e logo após uma pausa de 8 minutos, inicia-se um teste progressivo com corridas de 800m. Com a realização das primeiras cargas progressivas, existe uma diminuição do lactato até que se atinja um valor mínimo, a partir do qual, começa a existir um aumento da sua concentração na corrente sanguínea. Segundo os autores, este protocolo permite detectar a intensidade de exercício correspondente ao MEEL. A grande vantagem deste teste é a possibilidade de avaliar o metabolismo aeróbio e anaeróbio em um só teste (MACINTOCH, ESAÚ e SVEDHAL, 2002). Esse protocolo foi até aplicado em cardiopatas (TEGTBUR *et al.*, 2001).

Já Mazzeo e Marshall (1989), analisando o comportamento das catecolaminas durante o exercício de cargas progressivas, observaram que o comportamento do lactato é muito semelhante ao das catecolaminas, podendo utilizar o ponto de inflexão da concentração de adrenalina, ou limiar de adrenalina, para a predição do limiar anaeróbio.

Simões *et al.* (1999) propuseram que a utilização de dosagens glicêmicas em teste incremental, permite a determinação do limiar anaeróbio metabólico, sendo que a intensidade de corrida correspondente à menor concentração de glicose sanguínea durante a realização de 8 séries progressivas de 800m, é denominada como a intensidade do limiar glicêmico individual (IGT) e correspondente ao limiar anaeróbio individual (IAT).

Outros autores propuseram um método para estimar o limiar anaeróbio através da frequência cardíaca (CONCONI *et al.*, 1982). Neste protocolo, os indivíduos fazem um exercício incremental em pista até o máximo. A frequência cardíaca responde inicialmente de forma linear em relação à intensidade de exercício, até que atinge um ponto onde esta resposta linear é perdida. A intensidade associada a esse ponto é considerada como equivalente ao LAn pelos autores.

O LAn tem sido bastante utilizado por pesquisadores, fisiologistas, preparadores físicos e médicos, pois possui grande aplicabilidade na prescrição adequada da intensidade de exercício, predição do desempenho e avaliação dos efeitos do treinamento aeróbio (DENADAI, 1999).

Entretanto, um dos maiores problemas relacionados à determinação e utilização do Limiar Anaeróbio ocorre em função do grande número de terminologias empregadas pelos pesquisadores para identificar fenômenos semelhantes (WILMORE e COSTILL, 1994).

O LAn também pode ser representado como uma intensidade de exercício correspondente à transição aeróbia-anaeróbia (termo esse já não muito utilizado pelos atuais estudiosos da área) onde a partir dela o fornecimento de energia para contração muscular seria realizado predominantemente pelo metabolismo anaeróbio (HECK *et al.*, 1985; JACOBS, 1986; SIMÕES, 1997), ou segundo Billat (1996), uma intensidade de

exercício onde passa a ocorrer o acúmulo de lactato associada à acidose metabólica, possivelmente iniciando um processo de fadiga ou queda de desempenho físico.

4.3) Potência/Velocidade Crítica e Capacidade de Trabalho Anaeróbia:

Monod e Scherrer (1965), analisando grupos musculares sinergistas, propuseram um modelo teórico matemático da relação hiperbólica entre a potência muscular desenvolvida e tempo máximo de exaustão (t_{lim}) de grupos musculares isoladas, onde o organismo dispõe de um estoque limitado de fontes energéticas para atender às necessidades do exercício realizado em intensidades superiores a um valor crítico.

A partir dos achados deste estudo, Moritani *et al.* (1981) validou a Potência Crítica (PCrit) como um índice aeróbio, encontrando uma alta correlação ($r = 0,93$) deste parâmetro com o LAn determinado pelo método ventilatório, em exercício em cicloergômetro. Esses autores utilizaram para isso a relação linear entre trabalho-tempo gerando uma regressão da reta onde a inclinação corresponderia à PCrit e o intercepto-y seria a capacidade de trabalho anaeróbia (CTAn).

Dois modelos lineares para determinação desse parâmetro foram propostos, sendo um a relação entre a potência e o inverso do tempo de exaustão e outro a relação entre o trabalho e o tempo (HILL, 1993).

Assim, existem 3 tipos diferentes de modelos de determinação da PCrit que foram propostos:

- O modelo Hiperbólico Potência-Tempo, onde o $t_{lim} = CTAn \cdot (W_{lim} - PCrit)^{-1}$
- O modelo linear Potência-tempo⁻¹, onde $W_{lim} = (CTAn \cdot t_{lim}^{-1}) + PCrit$
- O modelo linear Trabalho-Tempo, onde Trabalho = $(PCrit \cdot t_{lim}) + CTAn$

Onde PCrit é a potência crítica; W_{lim} é o trabalho total de exercício realizado; O_{tim} é o tempo de exaustão da potência realizada; e a CTAn é a capacidade de trabalho anaeróbia.

O modelo da PCrit inicialmente foi proposto utilizando-se cicloergômetro (MORITANI *et al.*, 1981), e posteriormente foi estendido para outras modalidades, sendo a Velocidade Crítica (VCrit) determinada na natação (WAKAYOSHI *et al.*, 1993; KOKUBUN, 1996; MARTIN e WHYTE, 2000), corrida em esteira (HUGHSON, OROK e STAUDT, 1984; PEPPER *et al.*, 1992; SMITH e JONES, 2001), corrida em pista (BLONDEL *et al.*, 2001; SIMÕES *et al.*, 2005), caiaque ergômetro (CLINGELEFFER, NAUGHTON e DAVOREN, 1994), ou no tênis de mesa através da frequência crítica (ZAGATTO, CARVALHO e GOBATO, 2003), e até mesmo em modelo animal (MARAGON *et al.*, 2003; BILLAT *et al.*, 2005).

A relação entre $W-t$ também fornece um outro parâmetro que representa a capacidade de trabalho anaeróbia do indivíduo (CTAn), que expressaria a capacidade total que pode ser sustentada pelo metabolismo anaeróbio, ou seja, de energia proveniente da creatina-fosfato, estoques de glicogênio, além dos estoques de O_2 musculares.

Alguns estudos validaram a CTAn como um indicador de capacidade anaeróbia comparando esse índice com a potência média gerada durante um teste de 30s de Wingate, encontrando uma alta correlação entre esses parâmetros (HILL, 1993). A CTAn foi altamente correlacionada com o déficit máximo de oxigênio proposto por MedbØ *et al.* (1988), e assim aceita como um bom índice de medida da capacidade anaeróbia e relacionada com o desempenho em exercícios de alta intensidade (Hill, 1993; Hill e Smith, 1993; Nakamura 2005).

No estudo de Hill e Smith (1993), a capacidade anaeróbia estimada pela CTAn não foi diferente da medida pelo déficit máximo acumulado de O₂, tanto para mulheres ($179 \pm 10 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ e $177 \pm 10 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$) quanto para homens ($224 \pm 10 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ e $235 \pm 09 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$) respectivamente, concluindo que a capacidade anaeróbia pode ser estimada pelo parâmetro CTAn da relação não linear W-t durante exercícios de alta intensidade, sendo um meio não invasivo e que não necessita de equipamentos sofisticados como o do teste para avaliar este parâmetro proposto por MedbØ et al., (1988).

Além disso, Miura *et al.* (2000) evidenciaram que a CTAn foi significativamente reduzida em condições de exercício com depleção de glicogênio, e Miura *et al.* (2002) demonstraram que a CTAn e o pico de déficit de O₂ foram significativamente e positivamente correlacionados entre si, sendo que ambos apresentavam correlação com a área de secção transversa da musculatura esquelética. Assim, pode-se considerar a CTAn como equivalente ao déficit de O₂, refletindo um estoque finito de energia disponível, incluindo os estoques fosfagênicos, de ATP e o conteúdo de glicogênio muscular.

Em contrapartida, Housh *et al.* (1992) não encontraram uma relação significativa ($r = -0,06$; $p > 0,05$) entre a capacidade de corrida anaeróbia (CCAn) determinada pelo modelo da V_{Crit}, e o pico de lactato plasmático nos testes exaustivos, sugerindo que a CCAn não representa um indicador indireto da capacidade anaeróbia.

A correlação positiva entre o Y-intercepto (que mede a CTAn neste modelo) e a performance no teste de Wingate ou a [Lac] máxima, sugerem que a CTAn é um dos fatores determinantes do Y-intercepto, mas não prova que isso é igual ao trabalho ou distância que pode ser desempenhada com os estoques de energia anaeróbia sozinhos (VANDEWALLE *et al.*, 1997).

Poole, Ward, e Whipp (1990) relataram que a PCrit seria a mais alta intensidade de exercício que pode ser mantida somente pela ressíntese aeróbia de adenosina trifosfato (ATP), sem contribuição do sistema anaeróbio. Já Jenkins e Quigley (1990) denominaram a PCrit como um índice de determinação de esforço no qual o indivíduo conseguia manter-se por um longo período de tempo sem a exaustão.

Porém, para esse modelo funcionar, necessitaria de algumas suposições como o custo de energia permanecer constante durante toda intensidade de exercício investigada; os estoques de energia anaeróbia serem completamente utilizados durante cada teste; e o $\text{VO}_{2\text{max}}$ ser atingido logo no começo do trabalho e mantido durante 100% em cada teste (MORTON *et al.* 1996; DI PRAMPERO, 1999).

Segundo Bosquet, Lèger e Legros (2002) a maioria dos estudos utilizam 4 ou 5 testes de cargas constantes separados por 24 horas de recuperação entre as cargas preditivas, para determinar a PCrit. As cargas preditivas também devem ser escolhidas para durarem entre 1 e 12 minutos.

Bishop e Jenkins (1995) mostraram que a PCrit estimada por series preditivas realizadas com intervalos de 3 horas ou de 24 horas não são estatisticamente diferentes ($170,0 \pm 13,4$ e $171,3 \pm 13,5$ W respectivamente). Assim, a PCrit pode ser determinada por meio de 2 testes separados por 3 horas de recuperação, contanto que os voluntários sejam familiarizados com os testes (DI PRAMPERO, 1999).

Segundo Vandewalle *et al.* (1997) a relação entre a W_{lim} e a t_{lim} é linear, desde que os dados de t_{lim} estejam entre 3,5 e 35 minutos. Conseqüentemente, a PCrit é superestimada quando são usadas cargas preditivas curtas.

Bishop e Jenkins (1998) investigaram se a escolha das cargas dos testes para determinação da PCrit sofreria interferência da aplicação de diferentes modelos: linear Trabalho-Tempo e Hiperbólico (Potência-Tempo), utilizando cinco testes em

cicloergômetro com tempo de exaustão entre 1 e 10 minutos. Os resultados demonstraram que quando se usa qualquer um dos modelos, a determinação da PCrit e da CTAn é influenciada pela duração do teste, e por isso a estimativa da CTAn está sujeita a grandes erros experimentais, podendo comprometer a validade da estimativa.

Além disso, esses autores reportaram uma diferença significativa quando a PCrit foi estimada por três testes com tempo de exaustão variando entre 1,13 a 3,21 minutos ou de 3,21 a 8,08 minutos (197 ± 44 e 163 ± 23 W, respectivamente).

Em outros estudos, o intervalo indicado entre as cargas variaram de 30 minutos (HOUSH, HOUSH e BAUGE, 1990), 3 horas (JENKINS e QUIGLEY, 1991) à 24 horas (SMITH e HILL, 1993; BISHOP e JENKINS, 1995), sem interferir no resultado dessa estimativa.

McLellan e Cheung (1992) observaram que as intensidades determinadas em cicloergômetro, correspondentes ao IAT ($234,9 \pm 44,4$ W) e PCrit ($265 \pm 39,3$ W), foram significativamente diferentes. Eles aplicaram um teste retangular de 30 minutos na intensidade correspondente ao IAT cujos valores de VO_2 e pH sanguíneo foram estáveis e apenas um indivíduo dos 14 estudados permaneceu menos que 30 minutos (28 min) neste teste. No entanto os valores dessas variáveis na intensidade da PCrit não atingiram fase estável, e os voluntários entraram em exaustão antes do término do teste, previsto em 30 min ($20,5 \pm 4,5$ min).

Pringle e Jones (2002), investigaram a relação entre a PCrit e o MEEL e o limiar de fadiga eletromiográfico (LFEMG) em ciclistas. Seus resultados mostram que a PCrit (242 ± 25 W) apresentou valor significativamente maior que o MEEL (222 ± 23 W), além do sinal eletromiográfico não apresentar variação em uma intensidade correspondente ao MEEL.

Em estudos na natação, Wakayoshi *et al.* (1993) verificaram que a lactatemia sofreu um decréscimo significativo ao longo dos 4 tiros de 400 metros realizados a 98% da V_{Crit}, se manteve estável na intensidade correspondente a V_{Crit} e aumentou de maneira significativa a 102% da V_{Crit}. Já Kokubun (1996) encontrou resultados semelhantes ao empregar cinco tiros de 400 metros, na intensidade correspondente à V_{Crit}, com coletas de sangue após o primeiro, terceiro e quinto tiros, não verificando diferença na concentração de lactato entre as três coletas. No entanto, nas séries realizadas a 102% da V_{Crit}, houve aumento na concentração de lactato entre o primeiro e o terceiro tiro, porém não houve diferença entre o quinto e o terceiro. Já na intensidade de 104% da V_{Crit}, o lactato sanguíneo aumentou progressivamente ao longo das três coletas.

O modelo da P_{Crit} também foi testado em protocolos de cargas variáveis para testar a invariância dos parâmetros determinados pelo modelo matemático. Nakamura (2001) submeteu 9 indivíduos a testes para determinar a P_{Crit} em um protocolo padrão, e posteriormente submeteu esses voluntários a um protocolo com cargas variáveis, objetivando demonstrar que a P_{Crit} corresponde a uma intensidade de exercício onde em exercícios realizados acima dela há uma depleção da CT_{An}, sem reposição, e abaixo dela, não há depleção e há uma reposição da CT_{An}.

Em uma das cargas preditivas padrão para determinação da P_{Crit} (exercício contínuo até a exaustão), a duração máxima era de aproximadamente 300 segundos ($305,8 \pm 30,5s$). Posteriormente a essa determinação, os indivíduos foram submetidos a um protocolo com cargas variáveis que consistia em um exercício retangular na carga do exercício contínuo citado acima com duração de metade do tempo ($\cong 153s$), e uma subsequente redução da carga para valores iguais à P_{Crit} individual, sendo mantida por 300s. Após essa redução, a carga imediatamente retornava a valores iniciais, e o

exercício continuava até a exaustão voluntária máxima (Figura 1A). Um protocolo semelhante ao anterior, porém com uma recuperação passiva ao invés de redução de carga para intensidades iguais a PCrit, foi aplicado em um outro momento (Figura 1B).

Os resultados do primeiro protocolo demonstraram que não houve diferença entre a somatória dos tempos do primeiro e terceiro blocos, com o exercício contínuo realizado ($305,8 \pm 30,5s$ e $304,8 \pm 30,7s$ para teste contínuo e intermitente respectivamente), demonstrando que não houve recuperação da CTAn neste protocolo. O contrário ocorreu no segundo protocolo, pois houve diferença entre o tempo total do exercício contínuo ($305,8 \pm 30,5s$) e somatória dos tempos no exercício com recuperação passiva intermediária ($408,0 \pm 42,0s$), demonstrando que há uma reposição de reservas anaeróbias durante a recuperação passiva.

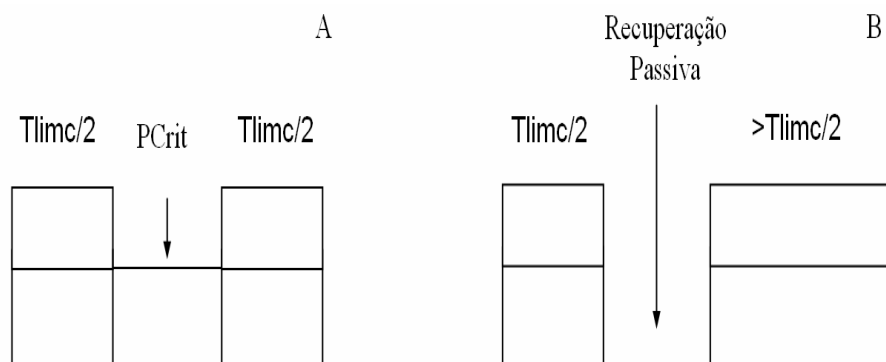


Figura 1: Protocolos intermitentes com o primeiro “tiro” com duração de t_{lim} contínuo dividido por 2 ($t_{limc}/2$) e o segundo “tiro” até a exaustão: (A) recuperação ativa na PCrit e (B) recuperação passiva (NAKAMURA, 2001).

Fukuba *et al.* (2003) compararam a W^{\wedge} (que representa a CTAn) derivada de uma estimativa padrão da PCrit em testes com séries preditivas de cargas constantes, com o trabalho total de um exercício desempenhado acima da PCrit, durante dois protocolos de cargas variáveis. Esses protocolos de cargas variáveis consistiam de um exercício com carga inicial correspondente a 117% ou 134% da PCrit, e um subsequente

aumento ou redução da intensidade para 134% ou 117%, após utilização de 50% da CTAn na carga inicial.

Seus resultados mostraram que tanto o VO_2 ($3,0 \pm 0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $3,1 \pm 0,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $3,0 \pm 0,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ para os protocolos com aumento, diminuição e contínuo de cargas, respectivamente) quanto a FC ($173,0 \pm 10,0 \text{ bpm}$, $176,9 \pm 10,7 \text{ bpm}$ e $176,0 \pm 10,2 \text{ bpm}$ para os protocolos com aumento, diminuição e contínuo de cargas, respectivamente) no final dos 3 protocolos não foram diferentes. Além disso, a área acima da PCrit não apresentou diferença, entre os protocolos com aumento ($12,14 \pm 4,18 \text{ kJ}$), diminuição ($12,72 \pm 4,05 \text{ kJ}$) e contínuo de cargas ($12,68 \pm 3,08 \text{ kJ}$). Isso sugere que o trabalho total que pode ser desempenhado acima da PCrit, permanece constante mesmo quando a potência muda durante um exercício exaustivo, ou seja, a CTAn seria uma reserva finita que será depletada em intensidade acima da PCrit, independente da dinâmica das cargas (Figura 2)

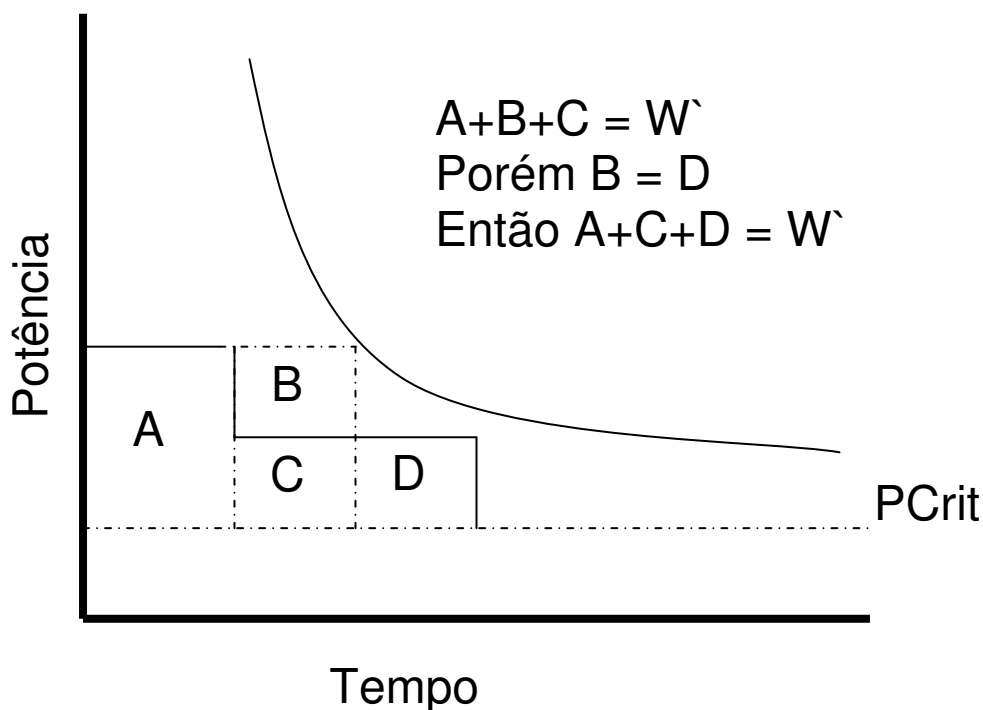


Figura 2: Representação esquemática da variação de potência e o tempo tolerável até a exaustão (adaptado de FUKUBA *et al.*, 2003). W representa a capacidade de trabalho anaeróbia (CTAn), e PCrit representa a potência crítica.

Borges (2002) relacionou a PCrit com a variável frequência cardíaca (FC) através da comparação entre a Inclinação Crítica (ICrit) determinada por protocolo exaustivo convencional em exercício com cargas retangulares em esteira ergométrica e o ponto de recuperação da FC, que consiste no ponto determinado por modelo matemático de regressão linear multissegmentar de queda ou recuperação da FC em um teste de cargas variáveis progressivo-regressivo (teste em forma de pirâmide). Segundo essa mesma autora, o comportamento da FC poderia estar relacionado com a depleção e reposição do estoque anaeróbio de energia intramuscular ou a capacidade de trabalho anaeróbia (CTAn).

Assim, a recuperação da FC ocorreria em momentos coincidentes com a redução da inclinação da esteira à ICrit, pois a partir deste momento a reposição da CTAn seria iniciada e o exercício teria predominância metabólica aeróbia, podendo então utilizar o ponto de recuperação da FC em um teste progressivo-regressivo como um bom indicador da ICrit.

Alguns autores utilizaram protocolos não exaustivos para determinação dos parâmetros determinados pelo modelo da PCrit. Manchado (2004), demonstrou que a PCrit e a CTAn podem ser estimadas e ajustadas pelo modelo, utilizando séries submáximas baseadas na FC, e a partir disso estimar os valores correspondentes ao máximo, não sendo diferente dos valores estimados por testes exaustivos padrões. Capodaglio e Saibene (2003) determinaram a PCrit utilizando testes submáximos, baseados na percepção subjetiva de esforço da escala de 10 pontos de Borg, em indivíduos idosos e encontraram uma boa relação e aplicação do modelo. Porém, esses protocolos ainda necessitam de maiores investigações e validação.

4.4) Relação entre frequência cardíaca, consumo de oxigênio e intensidade de exercício.

Com o desenvolvimento de monitores de FC portáteis, a FC se tornou o parâmetro mais comumente utilizado para indicar a intensidade de exercício no campo e em laboratórios. A FC é de fácil monitoração e mostra ser bastante eficiente no controle da intensidade de trabalho (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003).

Tendo em vista essa relação entre a FC e intensidade de exercício, Conconi *et al.* (1982) propuseram um método de determinação do LAn baseado somente na FC. Seus resultados mostraram uma relação linear entre a FC e a velocidade de corrida em intensidades submáximas, mas um platô da FC em intensidades mais altas. Eles sugeriram que o ponto de deflexão da FC em relação à velocidade de corrida ocorria no mesmo tempo que o LAn. Apesar desses resultados encontrados por esses autores, inúmeros outros estudos relataram que o ponto de deflexão da FC superestimava a medição direta do LAn (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003).

Segundo Gasser e Poole (1996) em esforços abaixo dos domínios moderado e intenso, abaixo do MEEL e PCrit, a FC responde com um aumento inicial, logo alcançando um estado estável. Já exercícios com intensidades superiores a essas variáveis, correspondendo ao domínio severo, o aumento da FC é mais rápido e o estado estável não é atingido, com a FC atingindo valores máximos.

Borges (2002) sugere que é possível determinar os pontos de aceleração, estabilização e recuperação da FC durante exercícios com cargas variáveis progressivo-regressivas, desde que as intensidades estejam compreendidas entre os domínios de intensidade de exercício intenso e severo. Nesse estudo, foi analisada a relação entre o ponto de recuperação da FC após a redução da inclinação da esteira em teste

progressivo-regressivo, com a ICrit encontrada em testes com cargas retangulares. Os resultados deste estudo demonstraram que o ponto de recuperação da FC neste exercício é correspondente à inclinação crítica, podendo ser um indicador desta intensidade. Essa ICrit pode assim ser utilizada como índice de avaliação da ApAer.

A literatura descreve bem que existe uma relação linear entre a FC e o VO_2 em intensidades submáximas. Assim a FC pode ser utilizada para estimar o VO_2 , que indicará a intensidade de trabalho que está sendo desempenhada. Porém, a relação entre a FC e o VO_2 é individual e para uma estimativa precisa da intensidade de exercício, a relação entre esses parâmetros deve ser determinada individualmente (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003). Sendo assim, a ICrit e o ponto de recuperação da FC e do VO_2 poderiam ser utilizados para a avaliação da ApAer e correlacionada com o LAn

O aumento linear da FC, assim como o aumento na captação do oxigênio, deve-se ao fato de ocorrer uma redistribuição eficaz do sangue após o alcance de cargas de trabalho muito intensas.

A relação entre a FC e o VO_2 não é utilizada somente para estimativa do VO_{2max} , podendo também ser utilizada para estimar o gasto energético. Existem vários métodos para se estimar o gasto energético como a calorimetria, a água duplamente marcada, porém são métodos que requerem equipamentos muito caros e pouco práticos. A estimativa do gasto energético pela FC é de baixo custo e de fácil acesso, e tem sido investigada em vários estudos (SPURR *et al.*, 1988; ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003).

Uma vez existindo essa relação do VO_2 e FC em intensidades submáximas de exercício, quando testadas as respostas destes parâmetros em protocolos de cargas variáveis como o de Borges (2002), é possível que estes indiquem a relação de utilização e reposição da CTAn em cargas supra e sub PCrit, demonstradas por Fukuba e Whipp (1999), Nakamura (2001), Coats *et al.* (2003), Fukuba *et al.* (2003).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado após aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da Universidade Católica de Brasília.

5.1) Amostra:

Participaram deste estudo 12 indivíduos saudáveis, fisicamente ativos do gênero masculino com idade entre 20 e 30 anos. As características individuais dos voluntários estão apresentadas na tabela 1.

Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo IV) informando sobre riscos e benefícios dos métodos empregados no estudo, além de terem respondido um questionário anamnese (anexo I). Os critérios de inclusão do estudo estão descritos no termo de consentimento livre e esclarecido.

Tabela 1: Características individuais dos voluntários participantes do estudo.

| Voluntários | Idade (anos) | Massa corporal (kg) | Estatura (cm) | IMC (kg/m ²) |
|---------------|--------------|---------------------|---------------|--------------------------|
| BE | 23 | 70,0 | 174,0 | 23,1 |
| BI | 22 | 74,0 | 178,0 | 23,3 |
| ED | 20 | 78,0 | 173,0 | 26,1 |
| LU | 22 | 67,3 | 179,0 | 21,0 |
| MI | 26 | 75,8 | 169,0 | 26,5 |
| NI | 22 | 61,6 | 174,0 | 20,3 |
| PA | 23 | 81,5 | 184,0 | 24,1 |
| RC | 20 | 64,0 | 174,0 | 21,1 |
| RS | 23 | 68,7 | 179,0 | 21,4 |
| AS | 24 | 86,6 | 179,0 | 27,0 |
| SE | 30 | 74,0 | 171,0 | 25,3 |
| VL | 23 | 86,6 | 188,0 | 24,5 |
| Média | 23,2 | 74,0 | 176,8 | 23,7 |
| DP (±) | 2,7 | 7,9 | 4,3 | 2,5 |

5.2) Procedimentos:

Os voluntários deste estudo foram submetidos a uma série de testes divididos em duas etapas. A etapa 1 consistia de 4 testes para determinação dos parâmetros da potência crítica e a etapa 2 consistia de no mínimo 2 e máximo 4 testes para determinação da intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato sanguíneo. Todos os voluntários do estudo participaram da etapa 1 (n = 12), já na etapa 2, apenas um voluntário não a completou (n = 11).

Os voluntários eram instruídos a virem em todos os dias de testes devidamente trajados e hidratados, com intervalo de 2 horas a partir da última refeição, e abstinência de cafeína e álcool nas últimas 24 horas precedentes de cada teste.

Durante o estudo, não houve intervenção dietética, porém todos os voluntários eram instruídos a não alterarem a dieta padrão durante todo o período do experimento, e utilizarem o mesmo padrão de dieta durante os dias de teste.

As seqüências dos testes obedeciam a uma ordem de etapas, onde primeiramente era feita uma familiarização com o indivíduo no ergômetro utilizado, posteriormente era realizada toda a etapa 1, e finalmente toda a etapa 2. Essa seqüência foi determinada pela necessidade de finalização da primeira etapa para realização da segunda.

A seqüência dos testes na etapa 1 era feita de forma randomizada empregando-se o quadrado latino de distribuição de testes para todos os voluntários.

Todos os testes eram realizados com intervalo de no mínimo 96 horas (4 dias) e máximo de 168 horas (1 semana) entre eles, para não caracterização de um programa de treinamento, o que poderia influenciar nos resultados dos testes. Além disso, todos os voluntários terminaram toda a seqüência de testes com no máximo 8 semanas de intervalo entre o primeiro teste e o último teste.

Todos os voluntários realizaram os testes no mesmo horário do dia, com variação de no máximo 1 hora entre o horário de todos os testes, respeitando as influências do ciclo circadiano. A temperatura média do laboratório onde foram realizados os testes foi de $22,5 \pm 1$ °C, e umidade relativa do ar de 65 ± 10 %.

Os procedimentos foram realizados no laboratório LEEFS localizado no Campus da Universidade Católica de Brasília (Taguatinga), com a presença de um cardiologista nos primeiros testes para obtenção de liberação médica dos voluntários para continuidade do estudo com segurança para os mesmos, e para os pesquisadores de instituição. O laboratório possui infra-estrutura apropriada para a realização de pesquisa envolvendo exercício físico e possui aparelho de eletrocardiograma (ECG), analisador de gases, medicamentos para possíveis emergências, bem como desfibrilador.

Todos os testes foram realizados em uma esteira ergométrica (Moviment Technology – RT300 PRO), conectada a um computador e um analisador de gases (Cortex Biofysik mod. Metalyzer 3B) para mensuração das variáveis ventilatórias. Durante todos os testes a frequência cardíaca foi monitorada por um frequencímetro cardíaco (Polar) modelo S810i.

As intensidades utilizadas em todos os testes foram controladas por meio da inclinação da esteira (%), e a velocidade de todos os testes foi mantida fixa em $5,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ e correspondente a um padrão motor de caminhada.

5.2.1) Familiarização dos voluntários:

Depois de respondida a anamnese, assinado o termo de consentimento livre e esclarecido, e avaliadas as variáveis antropométricas, os voluntários realizaram um eletrocardiograma (ECG) de repouso e esforço. Juntamente com a realização do ECG de

esforço, foi realizado um teste de familiarização dos indivíduos com a esteira ergométrica e com a velocidade e as inclinações correspondentes a todos os testes.

Para tal foi realizado um teste incremental com velocidade fixa de $5,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ e incremento de 1% de inclinação a cada minuto, iniciando a 1% e finalizando com a exaustão voluntária do indivíduo. Todos os voluntários realizaram este teste com a análise dos gases, e utilização de um frequencímetro cardíaco para que eles vivenciassem todos os procedimentos reais e equipamentos utilizados durante os testes.

Além disso, os voluntários foram esclarecidos, instruídos e familiarizados também com a escala de percepção de esforço de Borg (1982), que também foi utilizada durante todos os testes.

5.2.2) Eletrocardiograma (ECG) de repouso e esforço:

Em repouso e durante o teste de familiarização dos voluntários, foi realizado ECG para monitorização dos eventos elétricos do coração a partir da atividade das células autorítmicas, principalmente nodo sinoatrial (SA) e nodo atrioventricular (AV) do sistema de condução intrínseca do coração para as células contráteis, caracterizando assim o potencial de ação do coração que visa à coordenação da contração cardíaca. O ECG registra basicamente os momentos de despolarização atrial (onda P), despolarização ventricular (complexo QRS) e repolarização ventricular (onda T), onde verificando o segmento do S ao T (segmento S-T) e a onda T, será possibilitada a avaliação do estado de suprimento de oxigênio do miocárdio ventricular (BENJAMIM e ADAM, 2000; McARDLE, KATCH e KATCH, 1998). Para essa análise através de ECG foram utilizadas 3 derivações e monitoração constante pelo médico cardiologista responsável, primeiramente com o voluntário em repouso e finalmente em esforço.

5.2.3) Exercício preparatório:

O termo exercício preparatório será utilizado substituindo o termo “aquecimento” para o exercício realizado previamente em todos os testes, pois foi realizado em uma intensidade que possivelmente alterou pouco a cinética das variáveis avaliadas, e por alguns autores relatarem que este tipo exercício não altera a temperatura intra-muscular (KOPPO *et al.*, 2002).

Previamente a todos os testes foi realizado um exercício preparatório que consistia de 8 minutos de caminhada em esteira ergométrica com uma velocidade fixa de 5,5 km·h⁻¹ e inclinação fixa de 1%. Durante todo o exercício preparatório as variáveis ventilatórias e da frequência cardíaca foram monitoradas.

5.3) Etapa 1 de testes: Determinação dos parâmetros da potência crítica:

Nesta etapa os indivíduos realizaram 4 testes de forma randomizada: 1 teste submáximo com cargas variáveis progressivo-regressivo, e 3 testes máximos de carga constante para determinação da Inclinação Crítica (ICrit)

5.3.1) Teste progressivo-regressivo:

O teste progressivo-regressivo consistiu em um teste submáximo com aumento e posterior redução da inclinação da esteira até valores iniciais de inclinação como mostra a figura 3. A carga inicial do teste correspondeu a uma inclinação de 7%, sendo a intensidade incrementada em 1% a cada minuto até atingir um pico de inclinação correspondente a uma percepção subjetiva de esforço (PSE) de 17 na escala de Borg de 15 pontos (figura 4). A partir desse pico de inclinação atingido, iniciou-se o decréscimo

da inclinação partindo de um decréscimo de 1% a cada minuto até atingir a inclinação inicial.

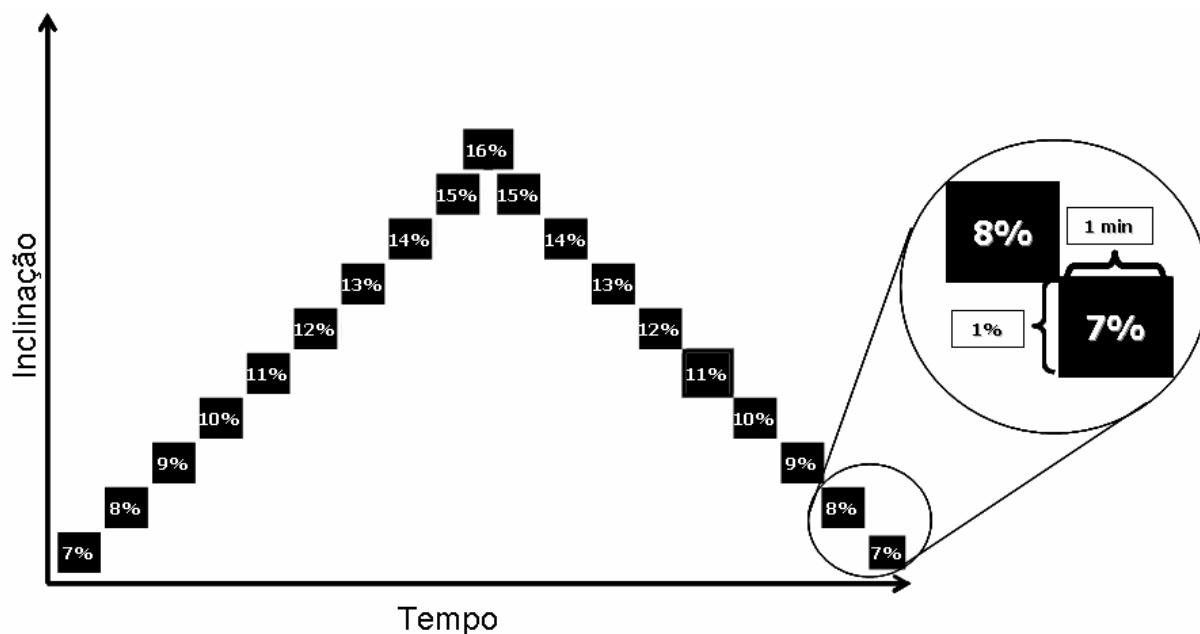


Figura 3: Figura demonstrativa da relação entre incremento e decréscimo de intensidade do teste progressivo-regressivo ao longo do tempo. Cada estágio teve duração de 1 minuto, e o acréscimo e decréscimo de carga foi de 1% por estágio. O pico de inclinação foi individual e correspondente a uma percepção subjetiva de esforço de 17 na escala de Borg, 1982.

Era de fundamental importância que o teste possuísse uma amplitude de cargas (intensidade em inclinação da esteira) que abrangesse intensidades sub e supra PCrit, ou quando relacionado com os domínios de intensidade, o teste teria que ter seu pico de inclinação, antes do decréscimo, em uma intensidade correspondente ao domínio severo proposto por Gaesser e Poole (1996).

Ao mesmo tempo, o pico de inclinação não poderia ser máximo, pois isso acarretaria em uma interrupção precoce do teste, antes que ele completasse todo o decréscimo, por isso foi utilizado o critério de fim de incremento e início de decréscimo, em uma intensidade correspondente a 17 ou muito cansativo na PSE de Borg (figura 4).

Durante o teste, as variáveis ventilatórias e a frequência cardíaca eram continuamente monitoradas. Assim, além do valor de 17 da PSE, a relação da ventilação pulmonar com o consumo de oxigênio, e produção de gás carbônico, assim como a fração expirada de oxigênio e gás carbônico foram utilizadas como métodos alternativos para confirmação se o indivíduo ultrapassou o limite superior do domínio intenso, e se estava acima da PCrit.

A intensidade inicial de 7% assim como a duração dos estágios de 1 minuto, foram determinadas baseadas no estudo de Borges (2002), e através de um estudo piloto realizado previamente em nosso laboratório.

| | |
|----|-------------------------------|
| 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 | - |

Figura 4: Escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) utilizada no estudo (Borg, 1982).

Durante o teste progressivo-regressivo, os registros da FC e das variáveis ventilatórias (VE, VO₂, VCO₂) foram monitoradas continuamente. Já a PSE foi coletada nos 10 segundos finais de cada estágio.

O principal objetivo deste teste foi verificar o ponto de recuperação da FC e do VO_2 durante o teste, uma vez que esse ponto não coincidiria com o início do decréscimo de intensidade de esforço.

5.3.2) Determinação dos pontos de recuperação da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio no teste progressivo-regressivo:

Uma vez coletados os valores de FC e VO_2 durante todo esse teste, e plotada a relação entre essas variáveis pelo tempo, foram caracterizadas três fases de resposta destas variáveis. Uma fase inicial de ascendência, seguida de uma segunda fase de estabilização, e uma terceira fase de descendência. Assim, através desta resposta, foi possível determinar três porções lineares caracterizadas pelas três fases citadas acima.

Com isso, dados da FC e VO_2 foram ajustados através de uma regressão linear multissegmentar, onde foi possível verificar os pontos exatos onde essas variáveis paravam de aumentar e se estabilizavam, ou ponto de estabilização ou PE (PE-FC para frequência cardíaca e PE- VO_2 para consumo de oxigênio), e um ponto onde as variáveis paravam de estabilizar e começavam a recuperar ou PR (PR-FC para frequência cardíaca e PR- VO_2 para consumo de oxigênio) conforme o exemplificado na figura 5.

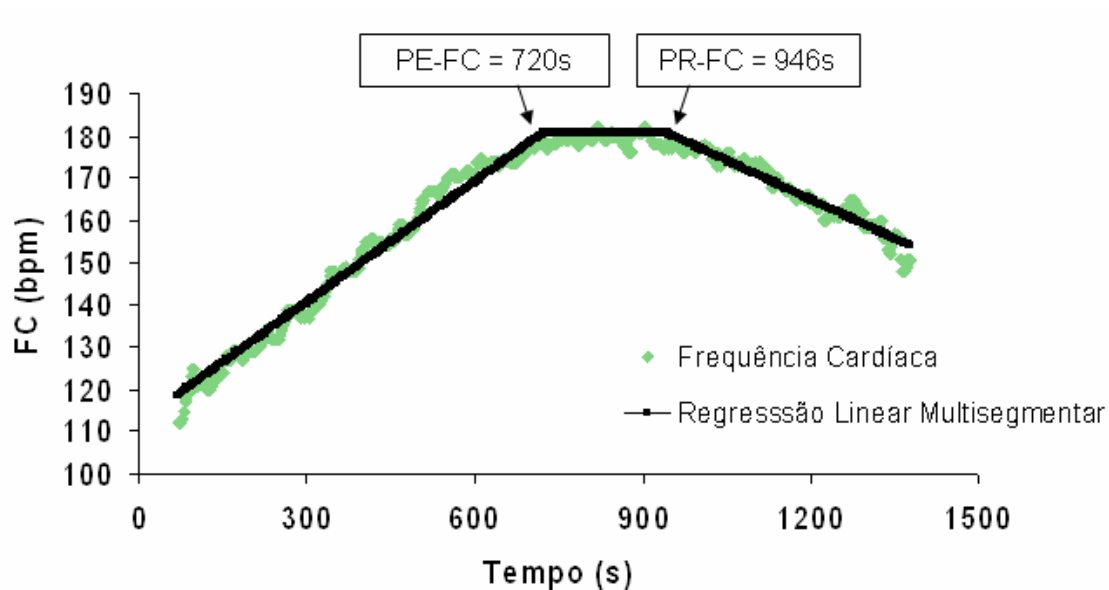


Figura 5: Exemplo da determinação do PE-FC e PR-FC de um voluntário através do ajuste matemático.

Para o ajuste matemático dos dados e identificação dos PE e PR, a regressão linear multissegmentar foi determinada em duas fases.

A primeira fase foi calculada utilizando-se o software excel para determinação da regressão e de valores de referência para utilizar no cálculo. Posteriormente os valores obtidos por essa regressão eram transferidos para o software Statistica 6.0 onde eram ajustados todos os pontos da regressão e determinados os valores de PR para FC e VO_2 .

Para evitar a interferência da cinética da FC e do VO_2 na primeira regressão, uma vez que o indivíduo partia do repouso e iniciava o exercício e essas variáveis apresentavam um comportamento diferente ao restante do teste devido ao déficit de oxigênio e aos ajustes cardiovasculares iniciais, os valores dessas variáveis no primeiro minuto não foram utilizados para o ajuste matemático.

Além disso, o valor do ponto de início da estabilização foi fixado ao tempo correspondente ao final do estágio onde ocorria o pico de inclinação do teste, imediatamente antes do início do decremento do teste.

A equação utilizada para ajuste, caracterizando as fases de ascensão, estabilização e recuperação dos dados, foi a seguinte:

$$\begin{aligned}
 FC / VO_2 = & (Const1 + Coef1 \cdot Tempo) \cdot (Tempo < PE) \\
 & + \\
 & (Const1 + Coef1 \cdot PE) \cdot (Tempo > PE) \cdot (Tempo < PR) \\
 & + \\
 & ((Const1 + Coef1 \cdot PE) + Coef3 \cdot (Tempo - PR)) \cdot (Tempo > PR)
 \end{aligned}$$

Onde:

Const1 = Coeficiente linear da regressão linear de ascensão

Coef1 = Coeficiente angular da regressão linear de ascensão

Coef3 = Coeficiente angular da regressão linear de descensão

Tempo = Tempo correspondente a cada ponto

PE = Ponto onde a variável deixava de aumentar e se estabilizava

PR = Ponto onde a variável deixava de se estabilizar e começava a se recuperar

5.3.3) Teste de carga constante para determinação da ICrit:

Os voluntários realizaram três testes retangulares de carga constante até a exaustão, em diferentes intensidades de esforço, para cálculo da ICrit, de forma randomizada. As intensidades das três séries preditivas foram 18%, 20% e 22%. Essas intensidades foram escolhidas a partir dos resultados do estudo piloto de maneira que a exaustão dos voluntários nos três testes ocorresse aproximadamente dentro de uma faixa de tempo de 3 a 15 minutos, o que seria ideal para o cálculo do modelo da PCrit (Hill, 1993).

Durante todos os testes, as variáveis ventilatórias e a frequência cardíaca foram coletadas no modo batimento a batimento por um frequencímetro cardíaco Polar® modelo S810i.

O critério de interrupção deste teste era a exaustão voluntária do indivíduo, determinada pela incapacidade de permanência deste se exercitando na esteira, associada a uma PSE de 20, ambas relatadas pelo voluntário.

5.3.4) Determinação da Inclinação Crítica (ICrit):

Através dos resultados obtidos nos testes de carga constante nas três diferentes intensidades (18%, 20% e 22%), a relação entre o tempo de exaustão e a intensidade foram plotadas para estimar a ICrit e a CTAn.

Para tanto, foram utilizadas as equações seguintes:

- Modelo hiperbólico Inclinação-Tempo, onde o $t_{lim} = CTAn \cdot (IC_{lim} - ICrit)^{-1}$
- Modelo linear Inclinação-Tempo⁻¹, onde $IC_{lim} = (CTAn \cdot t_{lim}^{-1}) + ICrit$

Onde:

t_{lim} = Tempo total até a exaustão;

IC_{lim} = Inclinação utilizada para a determinação do tempo de exaustão;

ICrit = Inclinação Crítica;

CTAn = Capacidade de trabalho anaeróbia.

Uma terceira equação foi utilizada para estimar os valores da ICrit e CTAn, transformando a relação hiperbólica entre inclinação e tempo de exaustão, em uma relação linear, e mantendo o t_{lim} à esquerda da equação como variável dependente, e a inclinação do lado direito como variável independente. Essa relação gera a seguinte equação:

- Modelo Hiperbólico linearizado Tempo⁻¹-Inclinação $(t_{lim})^{-1} = (IC_{lim} \cdot CTAn^{-1}) - (ICrit \cdot CTAn^{-1})$

Onde:

t_{lim} = Tempo total até a exaustão;

IC_{lim} = Inclinação utilizada para a determinação do tempo de exaustão;

$ICrit$ = Inclinação Crítica;

$CTAn$ = Capacidade de trabalho anaeróbia.

A aplicação do modelo hiperbólico foi feita utilizando o software STATISTICA 6.0, e dos modelos lineares foram determinadas pelo software excel for Windows. A figura 6 abaixo demonstra um exemplo da determinação da $ICrit$ pelos dois métodos.

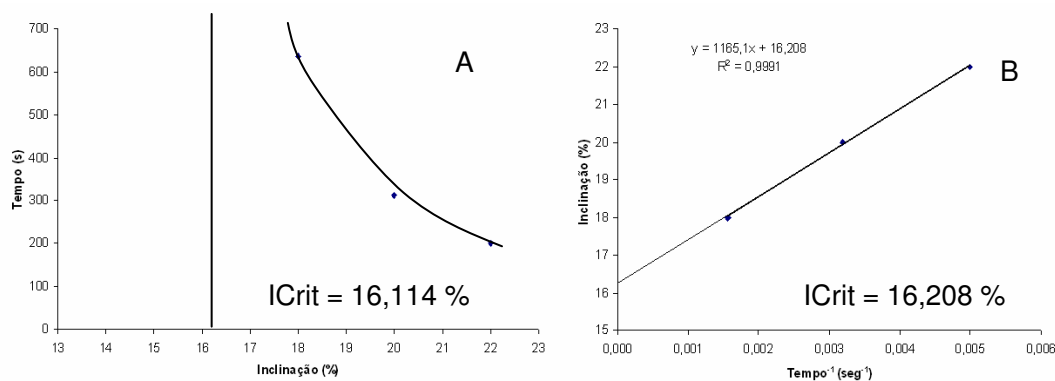


Figura 6: Figura ilustrativa dos modelos hiperbólico à esquerda (A) e linear à direita (B), utilizados para determinação da $ICrit$.

5.4) Etapa 2 de testes: Teste de identificação do máximo estado estável de lactato (MEEL):

Nesta etapa, um voluntário não conseguiu completar todos os testes, assim a amostra foi composta por 11 indivíduos. Para identificação do MEEL os voluntários foram submetidos a no mínimo dois e no máximo quatro testes retangulares de 30 minutos de caminhada com velocidade constante de $5,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (padrão em todos os testes) e inclinação constante.

O indivíduo realizava o primeiro teste em uma inclinação correspondente à intensidade do teste de lactato mínimo que foi realizado com todos os voluntários, porém não descrito neste estudo, por não estar relacionado com o objetivo do trabalho. Quando observado um equilíbrio dinâmico de lactato sanguíneo nesta intensidade, o voluntário realizava, em um outro dia de visita ao laboratório, outro teste de 30 minutos com um acréscimo de 1% de inclinação, até o participante não apresentar equilíbrio dinâmico de lactato durante o teste.

Caso os voluntários não apresentassem um equilíbrio dinâmico de lactato sanguíneo nestes primeiros testes de 30 minutos, foi realizado então, em um outro dia, um teste de 30 minutos com um decréscimo de 1% de inclinação em relação à inclinação inicial, até o participante apresentar equilíbrio dinâmico de lactato durante o teste.

Para a análise lactatêmica foi coletado 25 μ l de sangue conforme descrito abaixo, no momento precedente ao teste, e durante o teste nos minutos 10, 20 e 30, sem que o indivíduo interrompesse o teste. Devido ao desconforto da coleta durante o teste, era instruído ao voluntário a permissão de um leve apoio com uma das mãos na esteira durante a coleta. Em todos os voluntários, a coleta de sangue foi realizada em um tempo máximo de 20 segundos.

A intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato foi considerada como a maior inclinação a qual a variação de lactato não for superior a 1mM observada nos últimos 20 minutos de exercício, de acordo com Beneke e Von Duvillard (1996). Durante todo o teste, as variáveis ventilatórias foram analisadas continuamente.

5.5) Coleta e análise da lactatemia e glicemia:

Após assepsia do local com álcool, foi realizada punção do lóbulo da orelha, utilizando luvas de procedimento e lanceta descartável. A primeira gota de sangue foi desprezada, evitando contaminação da amostra com suor, e em seguida foram coletados 25µl de sangue, por meio de capilares de vidro descartáveis heparinizados e previamente calibrados. A amostra foi acondicionada em tubos Eppendorf, contendo 50µl de fluoreto de sódio [1%]. As amostras de sangue foram analisadas em um lactímetro (YSI 2700) que forneceu as concentrações de glicose e lactato sanguíneos.

5.6) Coleta e análise das variáveis ventilatórias:

Durante todos os testes, inclusive nos exercícios preparatórios de todos os testes, foram analisadas as variáveis ventilatórias (VE, VO₂, VCO₂, VE/VO₂, VE/VCO₂, R e VO_{2máx}) em um analisador de gases (Cortex Biofysik mod. Metalyzer 3B). O equipamento foi calibrado antes de cada teste pelo próprio pesquisador. A calibração foi feita a partir de uma amostra de gás ambiente (20,9% de O₂ e 0,04 de CO₂) e a partir de amostras de um gás com concentração conhecida de O₂ (12,0%) e de CO₂ (5,0%). O volume de gás do aparelho foi calibrado a partir de uma seringa de três litros. As variáveis ventilatórias foram coletadas respiração a respiração para futuras análises.

5.7) *Tratamento estatístico:*

Os valores das variáveis coletadas estão expressos a partir da estatística descritiva com valores de média, desvio padrão e erro padrão. Antes das análises estatísticas foi aplicado um teste de normalidade para as variáveis, e todas elas apresentaram uma distribuição normal.

Para utilização dos ajustes das regressões lineares multissegmentar, foram utilizados o software STATISTICA 6.0, e o programa excel for Windows.

A comparação entre os modelos para determinação da ICrit foi realizada empregando-se uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, e na identificação das possíveis diferenças captadas pela ANOVA, foi adotado um *Post-hoc* com a técnica de *Scheffé*.

Quando comparadas apenas as variáveis correspondentes às respostas de FC e VO₂, e variáveis no teste de MEEL nos minutos 10 e 30, foram aplicados teste *t*-student pareado.

Para comparação entre as inclinações correspondentes aos parâmetros avaliados, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) ONE-WAY, e na identificação das possíveis diferenças captadas pela ANOVA foi adotado um *Post-hoc* com a técnica de *Scheffé*.

Para verificar o grau de correlação entre os limiares foi adotado teste de correlação linear de Person. O nível de significância adotado no estudo foi de $p < 0,05$ e os dados foram analisados em software computadorizado SPSS versão 10.0.

A técnica de Bland-Altman (Bland e Altman, 1986) foi aplicada para estabelecer o índice de concordância entre as variáveis analisadas.

6.0) RESULTADOS:

Todos os voluntários completaram a etapa 1 dos testes para determinação dos parâmetros da potência crítica ($n = 12$), e apenas o voluntário SE não completou a segunda etapa dos testes para determinação do máximo estado estável de lactato ($n = 11$) por motivo de lesão músculo tendínea. Os resultados estão apresentados de acordo com os testes e as análises propostas pelos objetivos.

6.1) Resultados do teste para determinação da ICrit:

Os resultados do t_{lim} dos voluntários nas três intensidades utilizadas para cálculo da ICrit, foram $719,3 \pm 346,6$ s, $411,3 \pm 222,0$ s e $248,0 \pm 151,0$ s respectivamente para as inclinações 18%, 20% e 22% (tabela 2). A análise estatística demonstrou haver diferença significativa entre os t_{lim} , e também uma alta correlação entre estas variáveis ($r = 0,82$; $r = 0,85$ e $r = 0,94$ para t_{lim} 18% e 20%, t_{lim} 18% e 22% e t_{lim} 20% e 22% respectivamente). Além disso, a relação entre os t_{lim} e as intensidades de esforço foi inversa e significativa ($r = -0,98$).

Apenas 2 voluntários tiveram um t_{lim} superior ao intervalo estipulado para determinação da ICrit entre 3 e 15 minutos na intensidade de 18%, e 3 indivíduos tiveram um t_{lim} menor que esse intervalo na intensidade de 22%.

A tabela 2 mostra os valores de ICrit de todos os voluntários determinados pelo método hiperbólico, linear Inclinação-Tempo⁻¹ (linear 1), hiperbólico linearizado Tempo⁻¹-Inclinação (linear 2) descritos nos métodos. A análise estatística mostrou que o modelo hiperbólico ($15,4 \pm 1,1$ %) foi significativamente menor que os outros dois modelos, linear Inclinação-tempo⁻¹ ($16,0 \pm 1,0$ %) e hiperbólico linearizado Tempo⁻¹-Inclinação ($15,9 \pm 1,0$ %), porém possuindo uma alta correlação entre eles conforme

demonstrado na tabela 3. As tabelas 4 e 5 demonstram os valores das qualidades dos ajustes matemáticos das estimativas fornecidas pelos três modelos.

Tabela 2: Valores individuais dos tempos de exaustão nas três intensidades 18%, 20% e 22%, e das inclinações correspondentes a ICrit (%) determinada pelos métodos linear Inclinação-tempo⁻¹ (linear 1), hiperbólico linearizado Tempo⁻¹-Inclinação (linear 2) e Hiperbólico.

| Voluntários | t _{lim} (s) | t _{lim} (s) | t _{lim} (s) | ICrit (%) | ICrit (%) | ICrit (%) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------|
| | 18% | 20% | 22% | Linear 1 | Linear 2 | Hiperbólico |
| BE | 650 | 459 | 248 | 16,2 | 15,9 | 14,7 |
| BI | 728 | 344 | 152 | 17,4 | 17,2 | 16,5 |
| ED | 660 | 313 | 228 | 15,8 | 15,8 | 16,1 |
| LU | 496 | 339 | 159 | 16,8 | 16,5 | 15,2 |
| MI | 313 | 233 | 160 | 14,2 | 14,0 | 13,3 |
| NI | 390 | 254 | 174 | 14,9 | 14,9 | 14,6 |
| PA | 1265 | 480 | 364 | 16,3 | 16,2 | 16,6 |
| RC | 1286 | 914 | 600 | 14,8 | 14,7 | 14,0 |
| RS | 680 | 349 | 220 | 16,2 | 16,1 | 16,0 |
| AS | 637 | 313 | 200 | 16,2 | 16,2 | 16,1 |
| SE | 784 | 497 | 275 | 16,3 | 16,1 | 15,3 |
| VL | 743 | 440 | 196 | 17,1 | 16,9 | 15,9 |
| Média | 719,3^a | 411,3^b | 248,0^c | 16,0 | 15,9 | 15,4* |
| DP(±) | 346,6 | 222,0 | 151,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |

^a p < 0,05 em relação a t_{lim} 20% e 22%; ^b p < 0,05 em relação a t_{lim} 18% e 22%; ^c p < 0,05 em relação a t_{lim} 18% e 20%; * p < 0,05 em relação aos modelos linear 1 e linear 2.

Tabela 3: Matriz da correlação das estimativas das ICrit estimadas pelos modelos Linear Inclinação-Tempo⁻¹ (Linear 1), modelo Hiperbólico Linearizado (Linear 2) e hiperbólico.

| | Linear 1 | Linear 2 | Hiperbólico |
|-------------|----------|----------|-------------|
| Linear 1 | - | 0,99* | 0,79* |
| Linear 2 | - | - | 0,85* |
| Hiperbólico | - | - | - |

* p < 0,01

Nas figuras 7, 8 e 9 estão ilustradas as plotagens dos valores médios entre as diferenças das estimativas da ICrit (eixo x) e as diferenças individuais entre ambas estimativas (eixo y). Essa técnica de Bland e Altman (1986) foi utilizada para permitir a visualização da diferença média entre as estimativas da ICrit pelos três modelos, e dos limites de concordância entre elas (± 2 desvios-padrão).

As diferenças médias \pm limites de concordância foram de $-0,6 \pm 1,3$ % entre o modelo Linear 1 e Hiperbólico, de $-0,1 \pm 0,2$ % entre o modelo Linear 1 e Linear 2, e de $0,5 \pm 1,1$ % entre o modelo Hiperbólico e Linear 2.

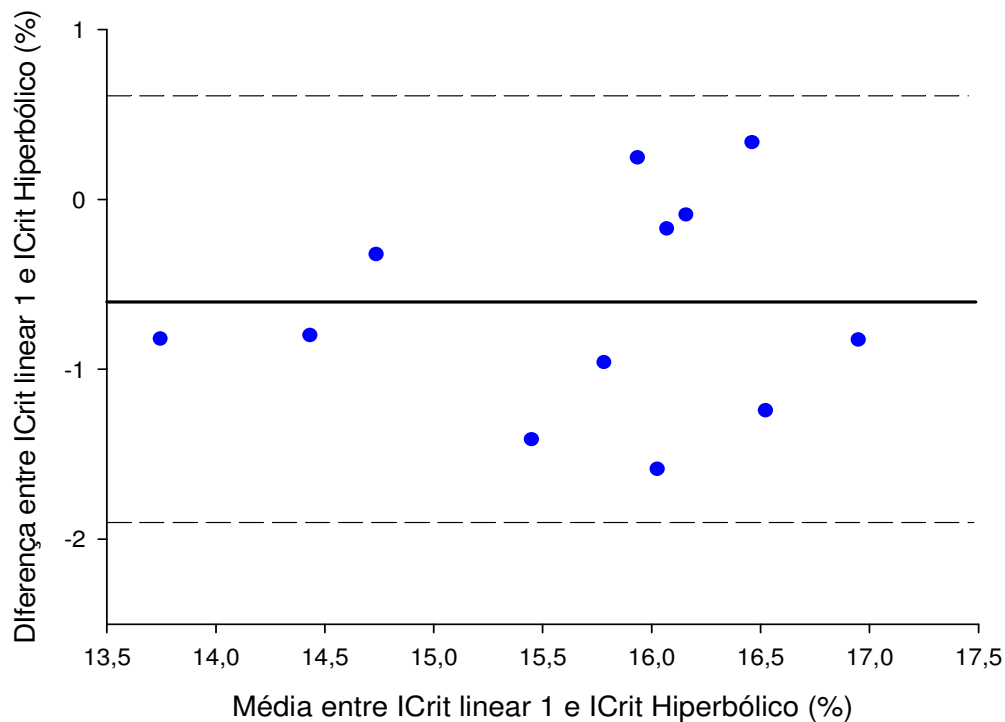


Figura 7: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas de ICrit resultantes da aplicação do modelo Linear Inclinação-Tempo⁻¹ (Linear 1) e modelo Hiperbólico.

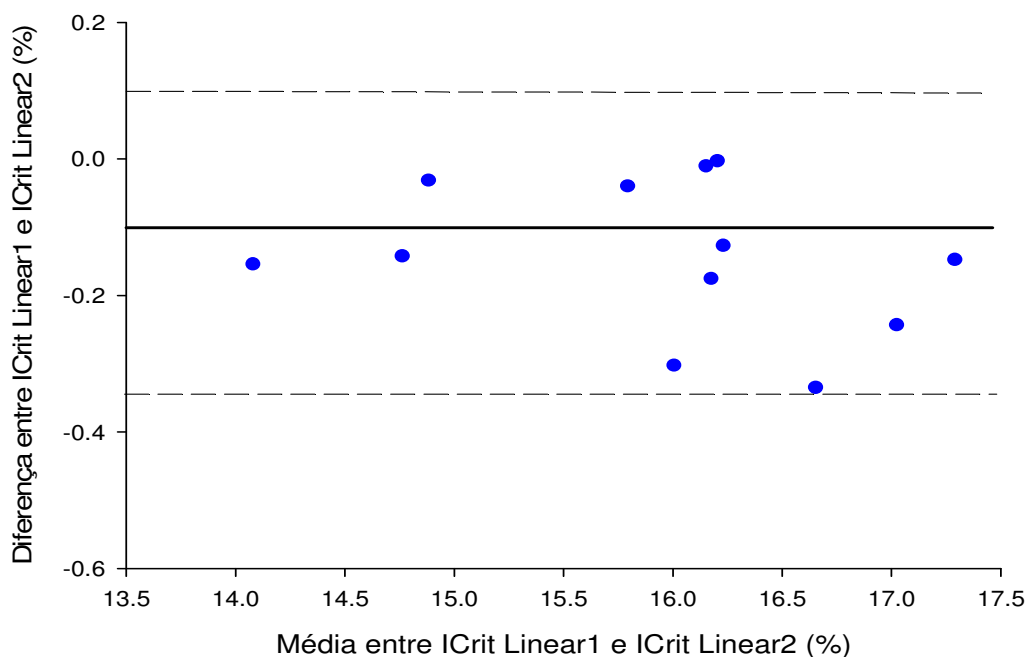


Figura 8: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas de ICrit resultantes da aplicação do modelo Linear Inclinação-Tempo⁻¹ (Linear 1) e modelo Hiperbólico Linearizado (Linear 2).

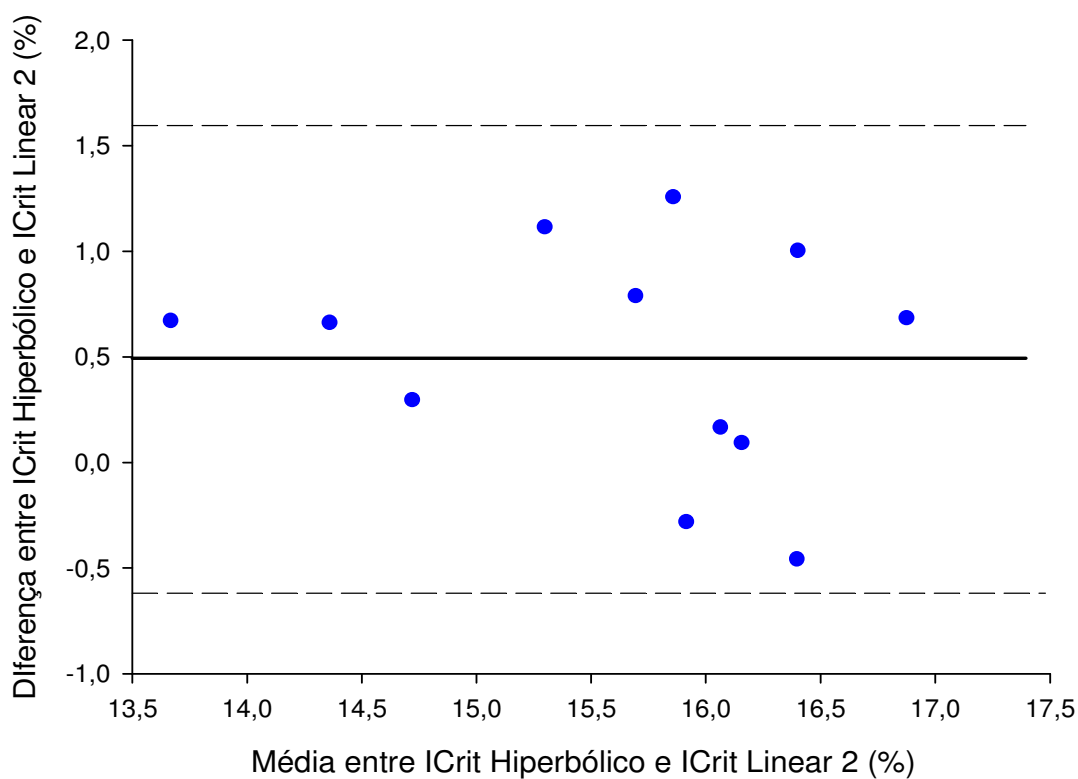


Figura 9: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas de ICrit resultantes da aplicação do modelo Linear Hiperbólico e modelo Hiperbólico linearizado (Linear 2).

Tabela 4: Valores individuais da estimativa, erro padrão da estimativa (EPE), valor de t, nível de p, limite de confiança inferior (IC inferior) e limite de confiança superior (IC superior) da aplicação do modelo hiperbólico para estimativa da ICrit.

| Voluntário | Estimativa (%) | EPE (%) | t-value (df=1) | p | IC inferior (%) | IC superior (%) |
|--------------|----------------|------------|----------------|-------------|-----------------|-----------------|
| BE | 14,7 | 1,3 | 11,7 | 0,05 | -1,3 | 30,8 |
| BI | 16,5 | 0,4 | 41,2 | 0,02 | 11,4 | 21,6 |
| ED | 16,1 | 0,2 | 91,1 | 0,01 | 13,8 | 18,3 |
| LU | 15,2 | 1,3 | 11,7 | 0,05 | -1,3 | 31,7 |
| MI | 13,3 | 0,9 | 14,1 | 0,04 | 1,4 | 25,3 |
| NI | 14,6 | 0,3 | 47,0 | 0,01 | 10,6 | 18,5 |
| PA | 16,6 | 0,2 | 79,3 | 0,01 | 14,0 | 19,3 |
| RC | 14,0 | 0,8 | 17,1 | 0,04 | 3,6 | 24,4 |
| RS | 16,0 | 0,1 | 142,2 | 0,00 | 14,6 | 17,4 |
| AS | 16,1 | 0,1 | 279,2 | 0,00 | 15,4 | 16,8 |
| SE | 15,3 | 0,7 | 20,6 | 0,03 | 5,9 | 24,7 |
| VL | 15,9 | 0,8 | 19,5 | 0,03 | 5,6 | 26,3 |
| Média | 15,4 | 0,6 | 64,6 | 0,03 | 7,8 | 22,9 |
| DP(±) | 1,0 | 0,4 | 78,8 | 0,02 | 6,3 | 5,1 |

Tabela 5: Valores de R^2 das estimativas da ICrit estimadas pelos modelos Linear Inclinação-Tempo⁻¹ (Linear 1) e modelo Hiperbólico Linearizado (Linear 2).

| Voluntários | Modelo Linear 1 R^2 | Modelo Linear 2 R^2 |
|--------------|--------------------------|--------------------------|
| BE | 0,93 | 0,93 |
| BI | 0,95 | 0,95 |
| ED | 0,99 | 0,99 |
| LU | 0,90 | 0,90 |
| MI | 0,97 | 0,97 |
| NI | 0,99 | 0,99 |
| PA | 0,97 | 0,97 |
| RC | 0,97 | 0,97 |
| RS | 0,99 | 0,99 |
| AS | 0,99 | 0,99 |
| SE | 0,96 | 0,96 |
| VL | 0,92 | 0,92 |
| Média | 0,96 | 0,96 |
| DP(±) | 0,03 | 0,03 |

6.2) Resultados do teste progressivo regressivo:

Em todos os voluntários foi possível identificar um padrão de resposta de FC e VO_2 , delimitando as três fases propostas pelo método (ascendência, estabilização e recuperação). Desta forma, os pontos de estabilização e recuperação (PE e PR respectivamente) para estas duas variáveis foram identificadas em todos voluntários.

Conforme descrito nos métodos, o PE-FC e PE- VO_2 foi fixado no tempo correspondente ao final do pico de inclinação, sendo então o mesmo ponto ($665,0 \pm 86,6$ s) para a FC e o VO_2 conforme mostrado na tabela 6 e correspondeu a uma inclinação média de $17,4 \pm 0,5$ % (tabela 9).

As diferenças estatísticas verificadas tanto entre o tempo correspondente ao PR-FC e quanto ao PR- VO_2 em comparação com o tempo correspondente ao pico de inclinação ($830,6 \pm 111,3$ s e $803,1 \pm 90,8$ s $665,0 \pm 86,06$ s respectivamente), demonstram que houve uma fase de estabilização e que o ponto de recuperação destas variáveis não coincidiu com o decréscimo de inclinação do protocolo (tabela 7 e 9).

Tabela 6: Valores individuais do tempo total de teste, número de estágios, tempo de duração da fase de ascendência, e ponto de estabilização (PE) para a FC e VO₂ no teste progressivo-regressivo.

| Voluntário | Tempo total (s) | Tempo total (min) | Número de estágios | fase Ascendente (s) | PE (s) |
|-------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| BE | 1380 | 23 | 23 | 720 | 720 |
| BI | 1140 | 19 | 19 | 600 | 600 |
| ED | 1140 | 19 | 19 | 600 | 600 |
| LU | 1260 | 21 | 21 | 660 | 660 |
| MI | 1020 | 17 | 17 | 540 | 540 |
| NI | 1260 | 21 | 21 | 660 | 660 |
| PA | 1380 | 23 | 23 | 720 | 720 |
| RC | 1620 | 27 | 27 | 840 | 840 |
| RS | 1260 | 21 | 21 | 660 | 660 |
| AS | 1020 | 17 | 17 | 540 | 540 |
| SE | 1380 | 23 | 23 | 720 | 720 |
| VL | 1380 | 23 | 23 | 720 | 720 |
| Média | 1270,0 | 21,2 | 21,2 | 665,0 | 665,0 |
| DP(±) | 173,2 | 2,9 | 2,9 | 86,6 | 86,6 |

Tabela 7: Valores individuais do tempo (s) e % de inclinação correspondente ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC) e ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO₂).

| Voluntário | PR-FC | | PR-VO₂ | |
|-------------------|--------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | (s) | (%) | (s) | (%) |
| BE | 946 | 14,2 | 880 | 15,9 |
| BI | 722 | 13,9 | 740 | 13,7 |
| ED | 781 | 12,9 | 739 | 13,7 |
| LU | 835 | 14,1 | 804 | 14,6 |
| MI | 689 | 12,5 | 673 | 12,8 |
| NI | 889 | 13,2 | 840 | 13,0 |
| PA | 849 | 15,8 | 870 | 15,5 |
| RC | 1030 | 17,8 | 940 | 18,3 |
| RS | 826 | 14,2 | 740 | 15,7 |
| AS | 650 | 13,2 | 660 | 13,0 |
| SE | 940 | 14,3 | 886 | 15,2 |
| VL | 810 | 16,5 | 865 | 15,6 |
| Média | 830,6 | 14,4 | 803,1 | 14,8 |
| DP(±) | 111,3 | 1,6 | 90,8 | 1,6 |

O tempo médio total de duração dos testes foi $1270,0 \pm 173,2$ s o que correspondeu a um número médio de $21,2 \pm 2,9$ estágios (tabela 6).

As inclinações correspondentes ao PR-FC e o PR-VO₂ foram determinadas de forma proporcional ao tempo correspondente ao estágio, para diferenciar os pontos que ocorriam no início do estágio, com os que ocorriam no final deste.

A análise estatística demonstrou não haver diferença entre o PR-FC ($830,6 \pm 111,3$ s ou $14,4 \pm 1,6$ %) e o PR-VO₂ ($803,1 \pm 90,8$ s ou $14,8 \pm 1,6$ %) quando analisados na forma de tempo, nem quando analisada a inclinação correspondente a esses pontos (tabela 7). Além disso, houve uma alta correlação significativa entre as variáveis quando comparadas em forma de tempo ($r = 0,92$) e inclinação correspondente ($r = 0,88$).

A tabela 9 mostra os resultados individuais de inclinação, PSE, FC e VO₂ correspondentes ao primeiro estágio, estágio onde ocorreu a inclinação pico, e estágio final. Nota-se que 5 voluntários atingiram uma PSE de 18, na inclinação pico, acima da proposta pelo método do protocolo que foi de 17. Isso ocorreu devido a utilização dos outros parâmetros alternativos descritos nos métodos para assegurar que o indivíduo ultrapassou a intensidade correspondente a PCrit, já no domínio severo, e sem chegar à exaustão, e/ou devido ao voluntário ter apontado PSE 18 logo em seguida da PSE 16, saltando assim a PSE 17.

Tabela 8: Valores individuais do tempo de duração da fase descendente, de estabilidade, do tempo correspondente ao ponto de recuperação (PR-FC e PR-VO₂), e do valor correspondente na fase estável da frequência cardíaca e consumo de oxigênio.

| Voluntário | Consumo de Oxigênio | | | | Frequência Cardíaca | | | |
|--------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|--|---------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| | PR-VO ₂ (s) | Fase Descendente (s) | Fase Estável (s) | VO ₂ Estável (L·min ⁻¹) | PR-FC (s) | Fase Descendente (s) | Fase Estável (s) | FC Estável bpm |
| BE | 880 | 500 | 160 | 3,09 | 946 | 434 | 226 | 180 |
| BI | 740 | 400 | 140 | 2,93 | 722 | 418 | 122 | 170 |
| ED | 739 | 401 | 139 | 3,04 | 781 | 359 | 181 | 179 |
| LU | 804 | 456 | 144 | 2,58 | 835 | 425 | 175 | 173 |
| MI | 673 | 347 | 133 | 2,83 | 689 | 331 | 149 | 163 |
| NI | 840 | 420 | 180 | 2,60 | 889 | 371 | 229 | 178 |
| PA | 870 | 510 | 150 | 3,61 | 849 | 531 | 129 | 182 |
| RC | 940 | 680 | 100 | 3,09 | 1030 | 590 | 190 | 159 |
| RS | 740 | 520 | 80 | 2,84 | 826 | 434 | 166 | 165 |
| AS | 660 | 360 | 120 | 3,58 | 650 | 370 | 110 | 172 |
| SE | 886 | 494 | 166 | 2,78 | 940 | 440 | 220 | 173 |
| VL | 865 | 515 | 145 | 3,43 | 810 | 570 | 90 | 179 |
| Média | 803,1 | 466,9 | 138,1 | 3,0 | 830,6 | 439,4 | 165,6 | 172,8 |
| DP(±) | 90,8 | 91,1 | 27,7 | 0,3 | 111,3 | 83,5 | 46,7 | 7,4 |

A média de estágios do início do teste até a inclinação pico, foi de 10 estágios, com um pico de inclinação médio de $17,1 \pm 1,4$ %, VO₂ de $3,0 \pm 0,3$ L·min⁻¹ e FC de $170,8 \pm 7,5$ bpm. Esses valores foram diferentes estatisticamente dos valores correspondentes ao estágio inicial ($7,0 \pm 0,0$ %, $9,9 \pm 1,6$, $97,4 \pm 8,4$ bpm e $0,9 \pm 0,1$ L·min⁻¹ para inclinação, PSE, FC e VO₂ respectivamente) e aos valores correspondentes ao estágio final ($7,0 \pm 0,0$ %, $9,9 \pm 1,6$, $146,1 \pm 14,9$ bpm e $2,0 \pm 0,3$ L·min⁻¹ para inclinação, PSE, FC e VO₂ respectivamente). Além disso, os valores de FC e VO₂ no estágio inicial foram diferentes do estágio final, mesmo com as inclinações e PSE correspondentes sendo idênticas (tabela 9).

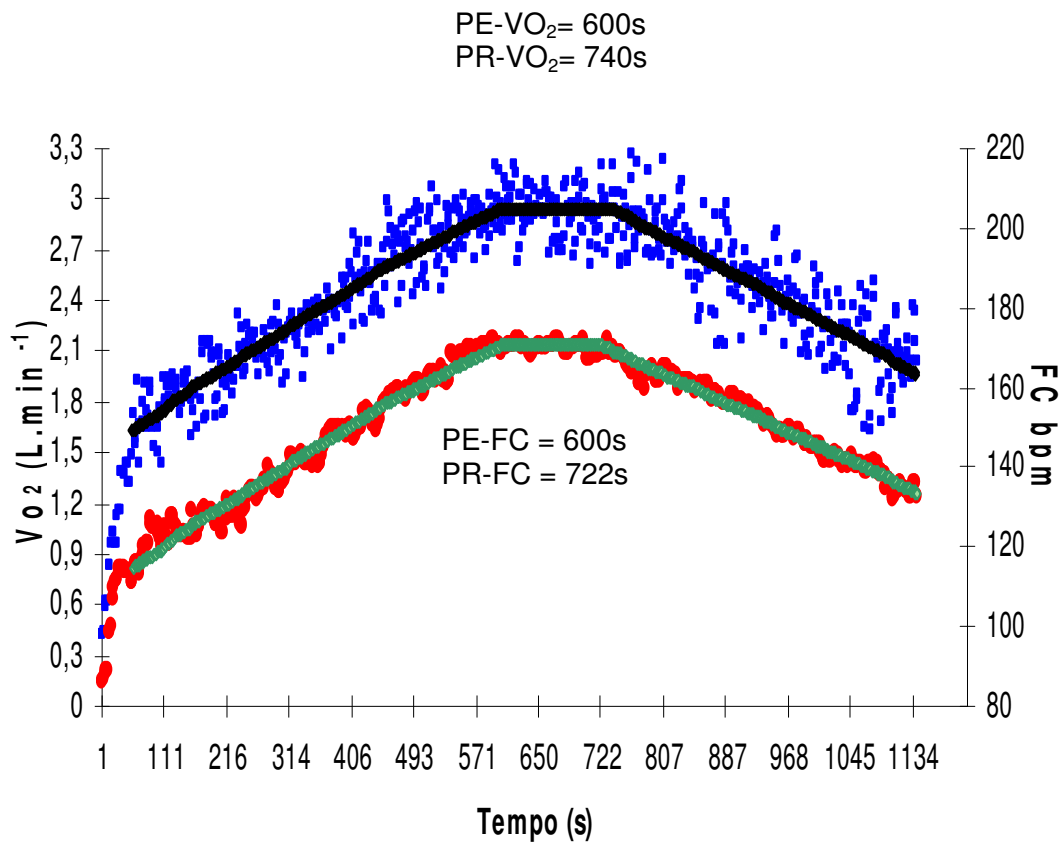
Tabela 9: Valores individuais de inclinação, percepção subjetiva de esforço, frequência cardíaca, e consumo de oxigênio, referentes primeiro estágio, estágio onde ocorreu a inclinação pico, e estágio final.

| Voluntário | Inicial | | | | Pico | | | | Final | | | |
|--------------|----------------|------------|-------------|-------------------------------------|----------------|--------------|---------------|-------------------------------------|----------------|------------|----------------|-------------------------------------|
| | Inclinação (%) | PSE | FC bpm | VO ₂ L·min ⁻¹ | Inclinação (%) | PSE | FC bpm | VO ₂ L·min ⁻¹ | Inclinação (%) | PSE | FC bpm | VO ₂ L·min ⁻¹ |
| BE | 7 | 11 | 96 | 0,77 | 18 | 17 | 179 | 3,07 | 7 | 9 | 153 | 2,06 |
| BI | 7 | 12 | 82 | 0,76 | 16 | 17 | 170 | 2,91 | 7 | 11 | 134 | 2,11 |
| ED | 7 | 10 | 107 | 0,84 | 16 | 17 | 176 | 3,00 | 7 | 12 | 161 | 2,25 |
| LU | 7 | 10 | 101 | 0,82 | 17 | 17 | 170 | 2,58 | 7 | 10 | 175 | 1,48 |
| MI | 7 | 11 | 89 | 0,89 | 15 | 17 | 159 | 2,75 | 7 | 9 | 136 | 2,12 |
| NI | 7 | 9 | 96 | 0,73 | 17 | 18 | 177 | 2,55 | 7 | 10 | 146 | 1,88 |
| PA | 7 | 8 | 112 | 1,12 | 18 | 18 | 179 | 3,54 | 7 | 12 | 151 | 2,37 |
| RC | 7 | 11 | 90 | 0,76 | 20 | 18 | 158 | 3,05 | 7 | 11 | 123 | 1,78 |
| RS | 7 | 8 | 93 | 0,73 | 17 | 17 | 162 | 2,83 | 7 | 8 | 133 | 1,78 |
| AS | 7 | 11 | 106 | 1,01 | 15 | 18 | 170 | 3,53 | 7 | 9 | 149 | 2,56 |
| SE | 7 | 11 | 99 | 0,86 | 18 | 17 | 173 | 2,75 | 7 | 11 | 133 | 1,76 |
| VL | 7 | 7 | 98 | 1,05 | 18 | 18 | 176 | 3,39 | 7 | 7 | 159 | 2,18 |
| Média | 7,0 | 9,9 | 97,4 | 0,9 | 17,1* | 17,4* | 170,8* | 3,0* | 7,0 | 9,9 | 146,1** | 2,0** |
| DP(±) | 0,0 | 1,6 | 8,4 | 0,1 | 1,4 | 0,5 | 7,5 | 0,3 | 0,0 | 1,6 | 14,9 | 0,3 |

* p< 0,05 em relação aos valores da inclinação, PSE, FC e VO₂ dos estágios inicial e final; ** p< 0,05 em relação aos valores da FC e VO₂ do estágio inicial.

A figura 10 mostra um exemplo da resposta da FC e VO₂ no teste progressivo-regressivo, e a aplicação do ajuste da regressão linear multissegmentar com identificação dos PR-FC e PR-VO₂ para o voluntário BI. Além disso, nas figuras 11 a 14 estão demonstradas um exemplo das distribuições dos resíduos, e dos valores observados e previstos para o VO₂ e FC no ajuste aplicado para identificação do PE e PR no teste progressivo-regressivo deste mesmo voluntário.

Na figura 15 está ilustrada a plotagem da técnica de Bland e Altman (1986) entre as estimativas do PR-FC e PR-VO₂. A diferença média ± limite de concordância foi de 0,3 ± 1,6 %.



- Consumo de Oxigênio
- Frequência Cardíaca
- ◆ Regressão Linear multissegmentar
- ◆ Regressão linear multissegmentar

Figura 10: Exemplo das respostas do consumo de oxigênio e frequência cardíaca ao longo do tempo de um voluntário (BI) no teste progressivo-regressivo, e aplicação da regressão linear multissegmentar, com identificação dos pontos de estabilização e recuperação dessas variáveis.

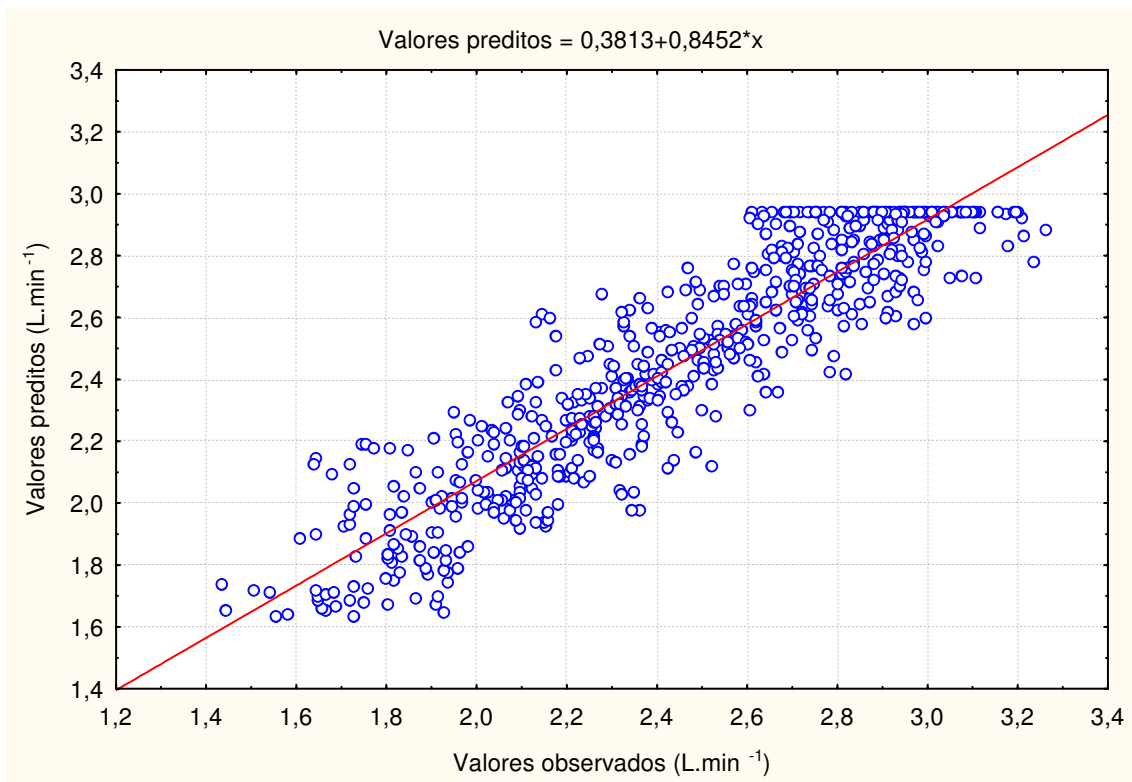


Figura 11: Distribuição dos valores preditos e observados na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores do VO₂ do teste progressivo regressivo do voluntário BI

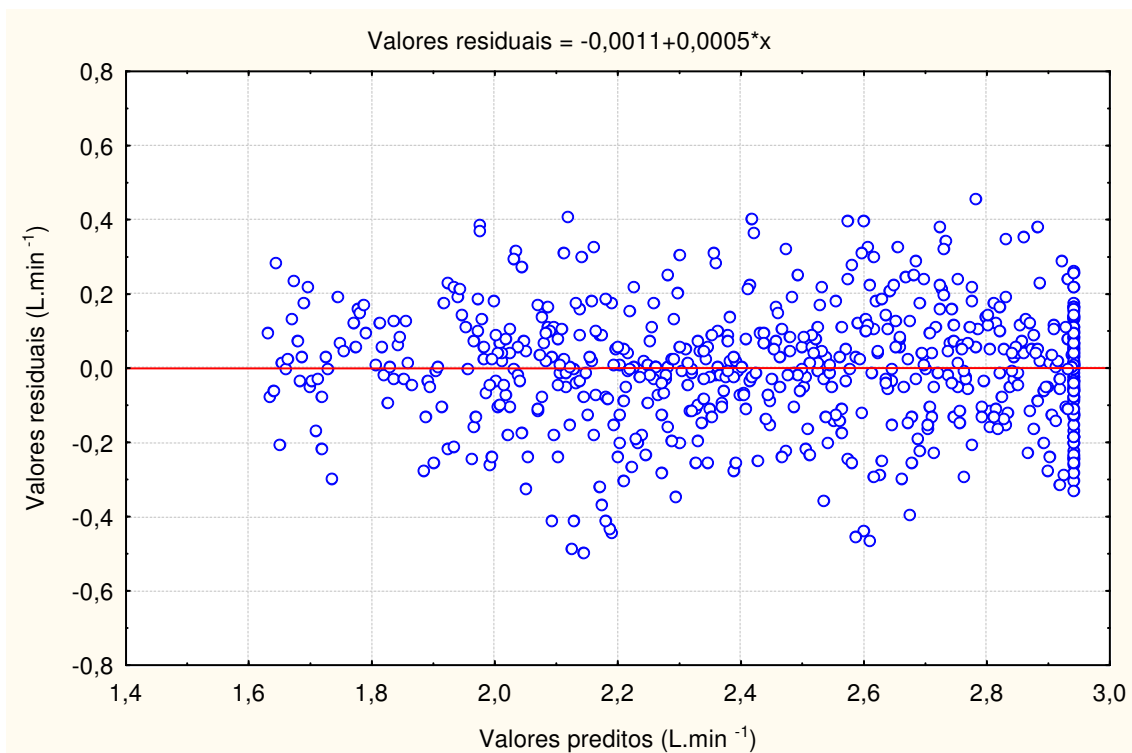


Figura 12: Distribuição dos resíduos na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores do VO₂ do teste progressivo regressivo do voluntário BI

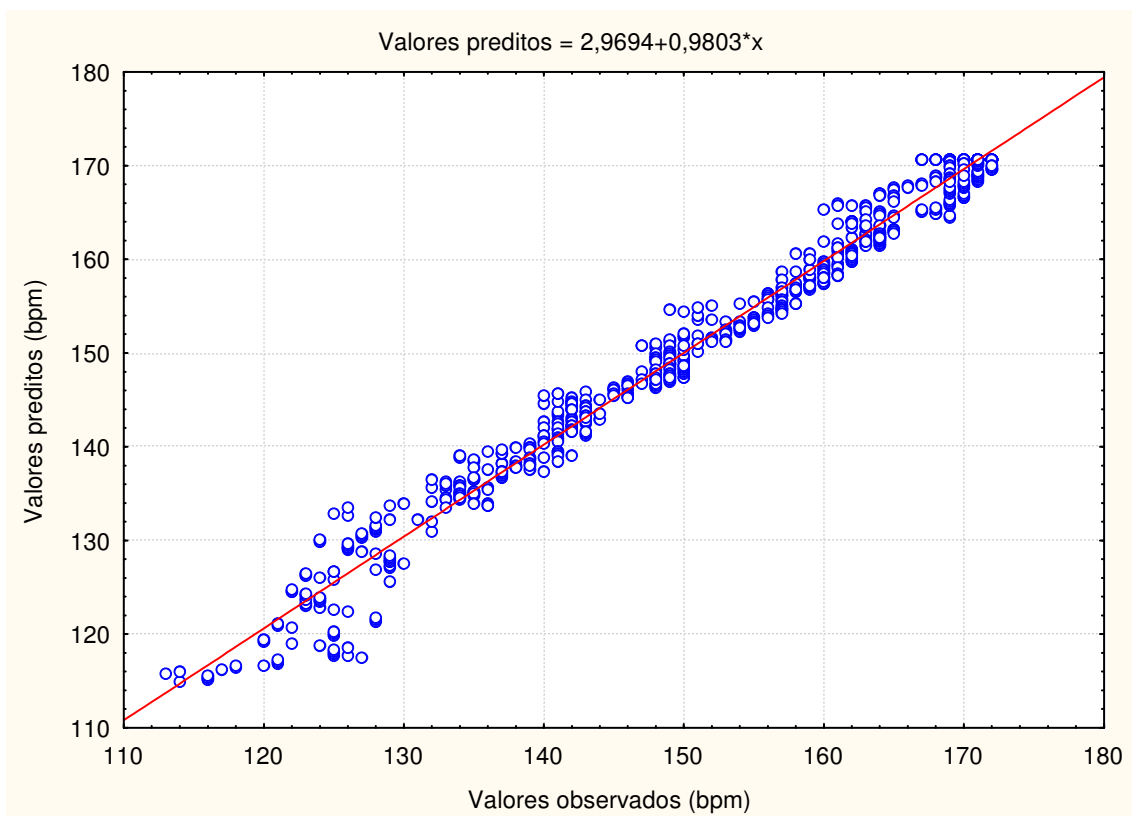


Figura 13: Distribuição dos valores preditos e observados na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores da FC do teste progressivo regressivo do voluntário BI.

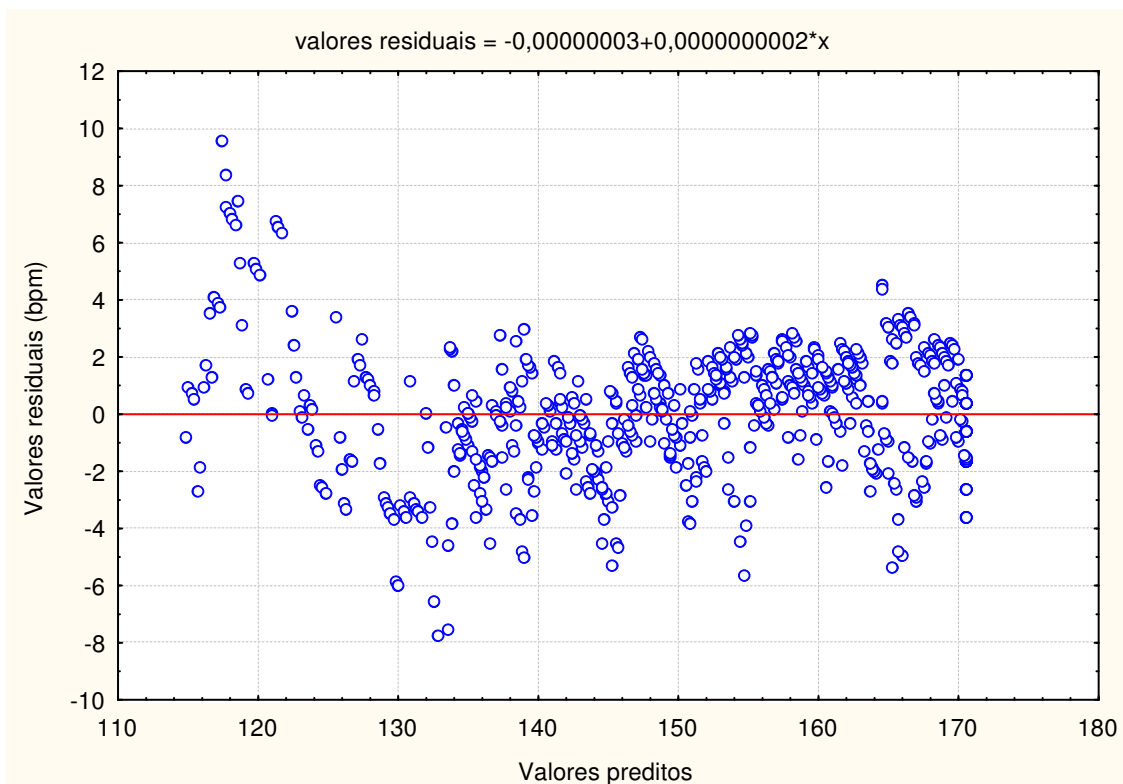


Figura 14: Distribuição dos resíduos na regressão linear multissegmentar aplicada nos valores da FC do teste progressivo regressivo do voluntário BI

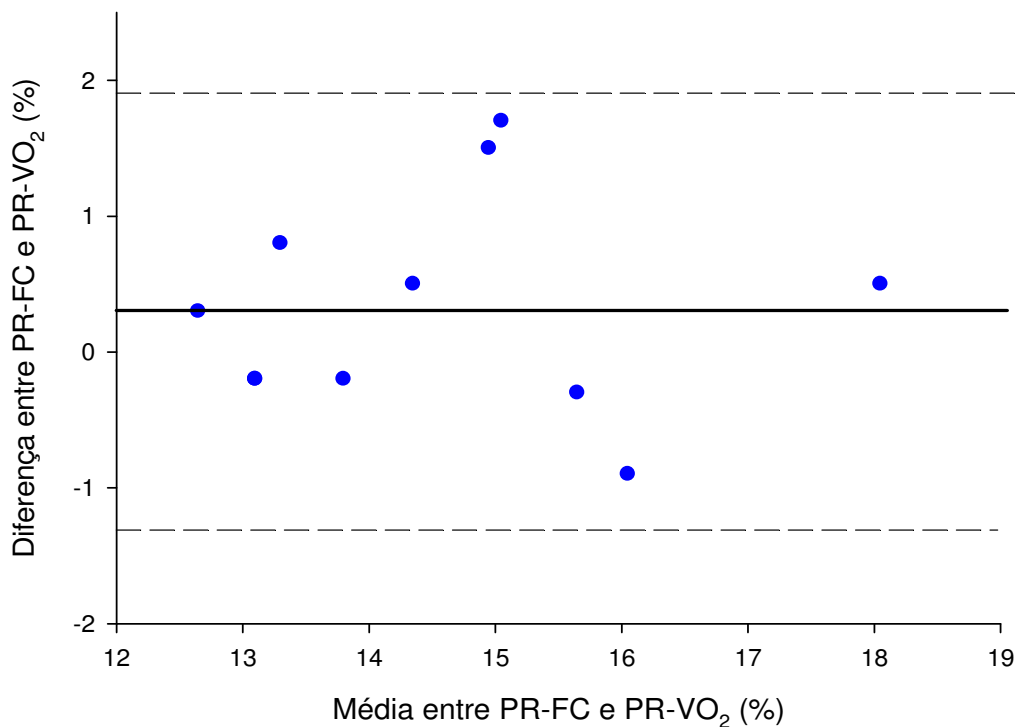


Figura 15: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas do ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC) e o ponto de recuperação do VO₂ (PR-VO₂).

6.3) Resultados do teste de identificação do máximo estado estável de lactato:

Onze indivíduos completaram todos os testes para identificação do MEEL. O número de tentativas para determinação deste parâmetro variou de no mínimo duas e máximo três tentativas para todos os voluntários.

O valor médio de inclinação correspondente ao MEEL foi de $14,1 \pm 1,4$ % com correspondentes valores de $5,2 \pm 1,2$ mM, $72,5 \pm 9,3$ mg·dl⁻¹, $170,2 \pm 7,7$ bpm, $15,8 \pm 1,8$, $2,9 \pm 0,4$ L·min⁻¹, $86,7 \pm 12,2$ L·min⁻¹, $2,9 \pm 0,5$ L·min⁻¹ e $0,98 \pm 0,06$ para lactatemia, glicemia, FC, PSE, VO₂, VE, VCO₂, e RER respectivamente. Para análise do lactato, glicemia, FC, PSE, VO₂, VCO₂, e RER, foram utilizados os valores médios entre o 10°, 20° e 30° minutos de teste (tabela 10).

Tabela 10: Valores individuais de inclinação, lactatemia, glicemia, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço, consumo de oxigênio, ventilação pulmonar, produção de gás carbônico e razão de trocas respiratórias correspondentes à média entre o 10° e 30° min na intensidade do máximo estado estável de lactato.

| Voluntário | Inclinação (%) | Lactato mM | Glicose mg·dl⁻¹ | FC bpm | PSE | VO₂ L·min⁻¹ | VE L·min⁻¹ | VCO₂ L·min⁻¹ | RER |
|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------|-------------|--|------------------------------|---|-------------|
| BE | 15 | 7,7 | 72,2 | 171,4 | 15,0 | 2,9 | 96,8 | 2,9 | 0,99 |
| BI | 15 | 6,0 | 95,2 | 179,1 | 18,0 | 3,0 | 95,5 | 2,9 | 0,99 |
| ED | 13 | 5,0 | 74,6 | 180,7 | 13,7 | 2,9 | 87,1 | 2,7 | 0,90 |
| LU | 14 | 3,0 | 70,3 | 158,1 | 17,7 | 2,5 | 80,1 | 2,5 | 0,99 |
| MI | 14 | 6,8 | 62,5 | 167,0 | 14,0 | 2,8 | 78,8 | 2,8 | 0,99 |
| NI | 12 | 4,1 | 67,5 | 162,8 | 16,3 | 2,3 | 72,2 | 2,3 | 1,00 |
| PA | 14 | 4,7 | 68,4 | 175,1 | 15,7 | 3,4 | 110,9 | 3,1 | 0,90 |
| RC | 17 | 3,0 | 59,4 | 159,0 | 17,0 | 2,8 | 77,8 | 2,7 | 0,97 |
| RS | 12 | 4,2 | 74,7 | 169,7 | 12,7 | 2,3 | 71,1 | 2,2 | 0,94 |
| AS | 15 | 8,7 | 77,5 | 176,6 | 17,7 | 3,6 | 87,2 | 3,9 | 1,06 |
| VL | 14 | 4,1 | 75,0 | 173,0 | 15,7 | 3,3 | 96,4 | 3,5 | 1,07 |
| Média | 14,1 | 5,2 | 72,5 | 170,2 | 15,8 | 2,9 | 86,7 | 2,9 | 0,98 |
| DP(±) | 1,4 | 1,9 | 9,3 | 7,7 | 1,8 | 0,4 | 12,2 | 0,5 | 0,06 |

A tabela 11 mostra os valores da variação (Δ) encontrados entre o 10° e 30° minutos, dessas variáveis, no teste retangular na intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato. Houve diferença significativa nos valores de Lactato, FC, VE e PSE entre os 10° e 30° minutos (figuras 18, 19 e 20). As figuras 16 e 17 apresentam a cinética do lactato em todos os indivíduos no teste realizado na intensidade correspondente ao MEEL (figura 12) e na intensidade acima do MEEL (figura 13).

Tabela 11: Valores individuais das variações (Δ) de lactatemia, glicemia, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço, consumo de oxigênio, ventilação pulmonar, produção de gás carbônico e razão de trocas respiratórias, entre o 10^o e 30^o minutos do teste retangular na intensidade do máximo estado estável de lactato.

| Voluntário | Δ Lactato mM | Δ Glicose mg·dl ⁻¹ | Δ FC bpm | Δ PSE | Δ VO₂ L·min ⁻¹ | Δ VE L·min ⁻¹ | Δ VCO₂ L·min ⁻¹ | Δ RER |
|-------------------|--|---|--------------------------------------|--------------------------------|--|--|---|--------------------------------|
| BE | 0,94 | -1,25 | 15,00 | 2,00 | 0,11 | 13,03 | 0,11 | 0,00 |
| BI | 0,69 | 31,93 | 14,67 | 2,00 | -0,02 | 8,07 | 0,07 | 0,03 |
| ED | 0,88 | 1,85 | 15,33 | 3,00 | 0,07 | 1,20 | 0,06 | -0,01 |
| LU | 0,71 | 6,28 | 31,33 | 5,00 | 0,14 | 12,70 | 0,21 | 0,03 |
| MI | -0,50 | -0,29 | 12,33 | 2,00 | 0,20 | 10,97 | 0,23 | 0,02 |
| NI | 0,25 | 0,60 | 7,33 | 3,00 | 0,09 | 14,00 | 0,13 | 0,02 |
| PA | 0,30 | 8,70 | 4,33 | 1,00 | -0,31 | -3,07 | -0,36 | -0,02 |
| RC | 0,86 | 2,55 | 5,00 | 2,00 | 0,20 | 17,97 | 0,27 | 0,03 |
| RS | 0,73 | 4,70 | 9,67 | 1,00 | 0,00 | 2,20 | 0,02 | 0,01 |
| AS | 0,27 | -0,62 | 10,00 | 3,00 | -0,11 | 2,20 | -0,14 | 0,00 |
| VL | 0,97 | 15,91 | 7,00 | 3,00 | 0,10 | 13,73 | 0,18 | 0,03 |
| Média | 0,55 | 6,40 | 12,00 | 2,45 | 0,04 | 8,45 | 0,07 | 0,01 |
| DP(±) | 0,44 | 9,86 | 7,52 | 1,13 | 0,15 | 6,77 | 0,18 | 0,02 |

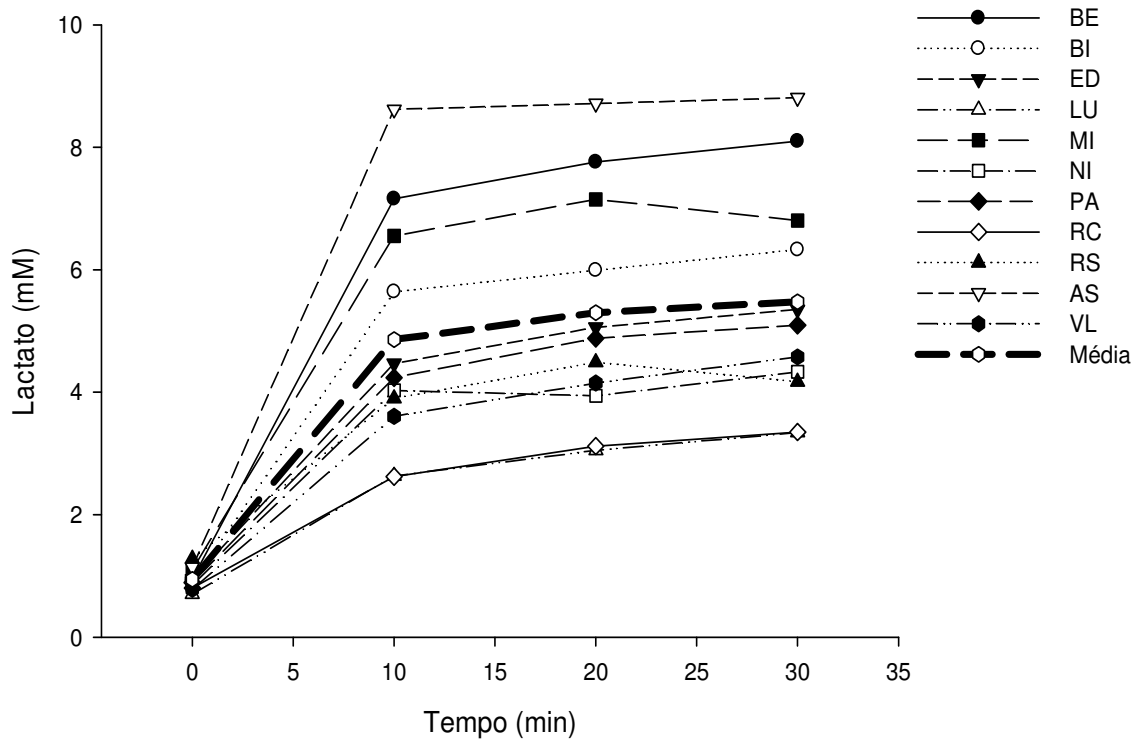


Figura 16: Cinética do lactato na intensidade do máximo estado estável de lactato para todos voluntários.

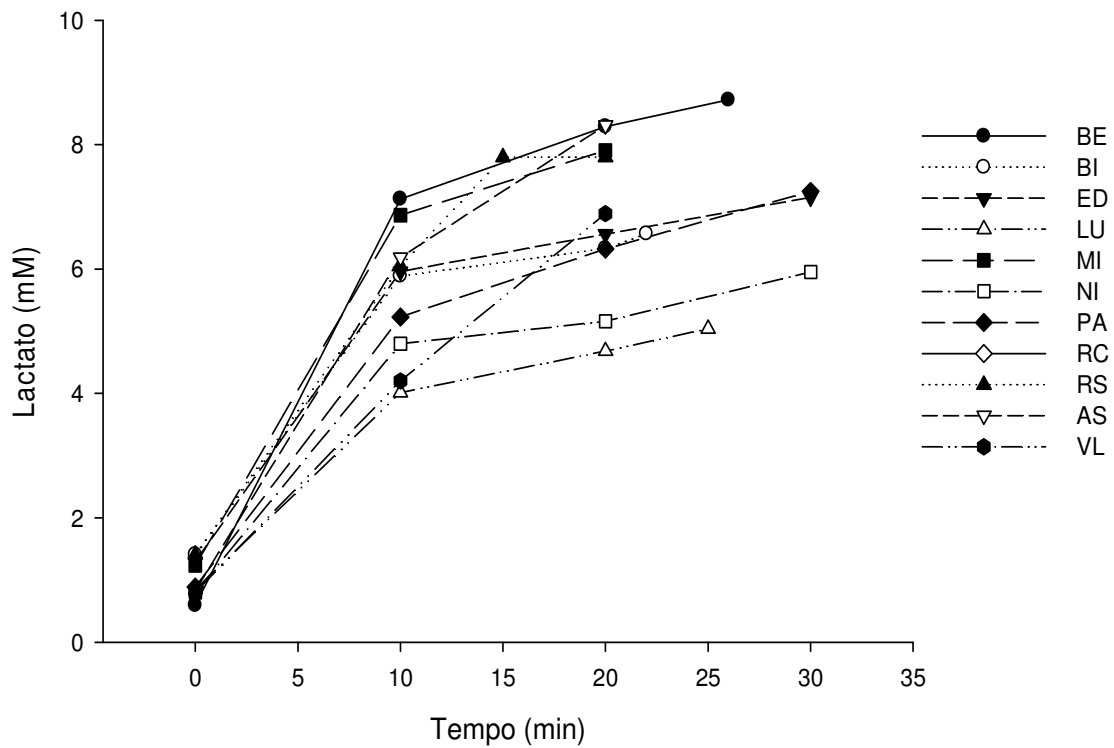


Figura 17: Cinética do lactato na intensidade com 1% de inclinação acima da intensidade do máximo estado estável de lactato para todos voluntários.

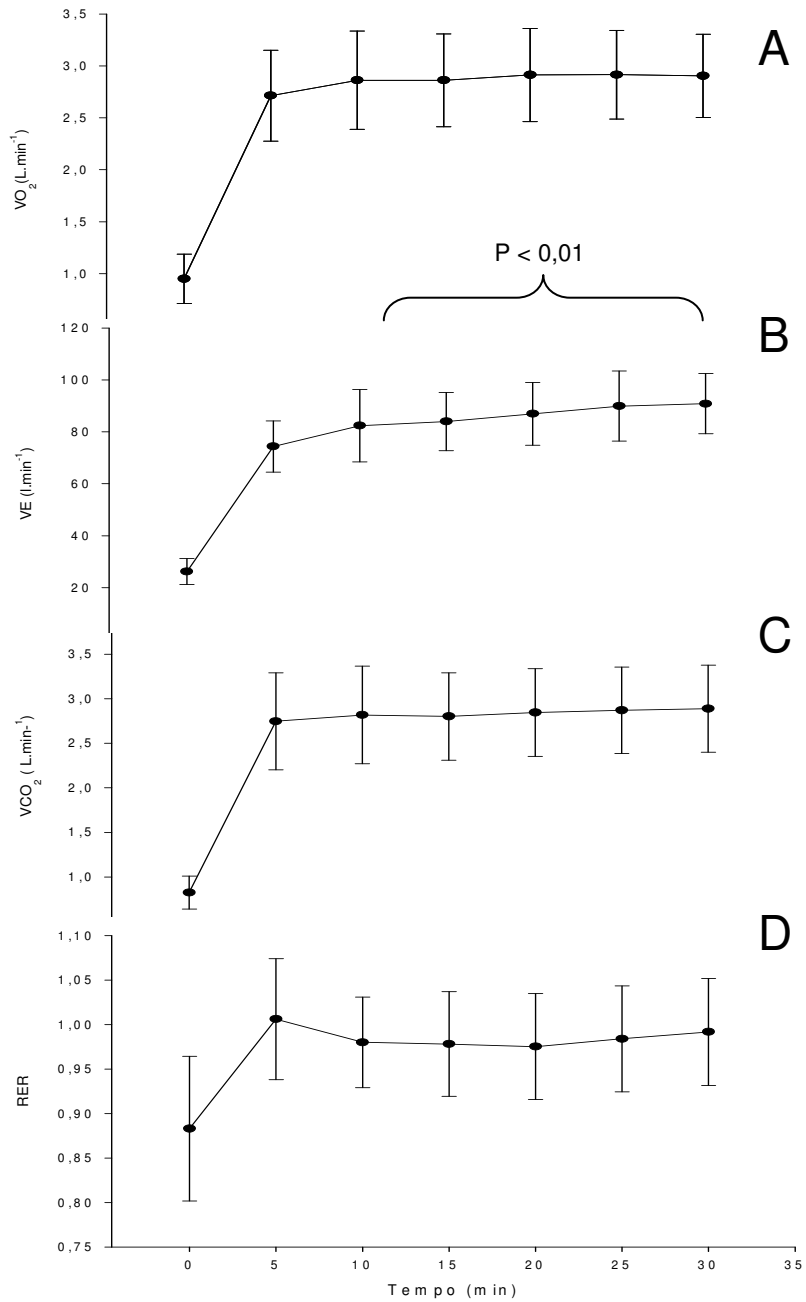


Figura 18: Respostas médias (\pm DP) do consumo de oxigênio (A), ventilação pulmonar (B), produção de gás carbônico (C), e razão de trocas respiratórias (D) durante o teste retangular de 30 minutos na intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato.

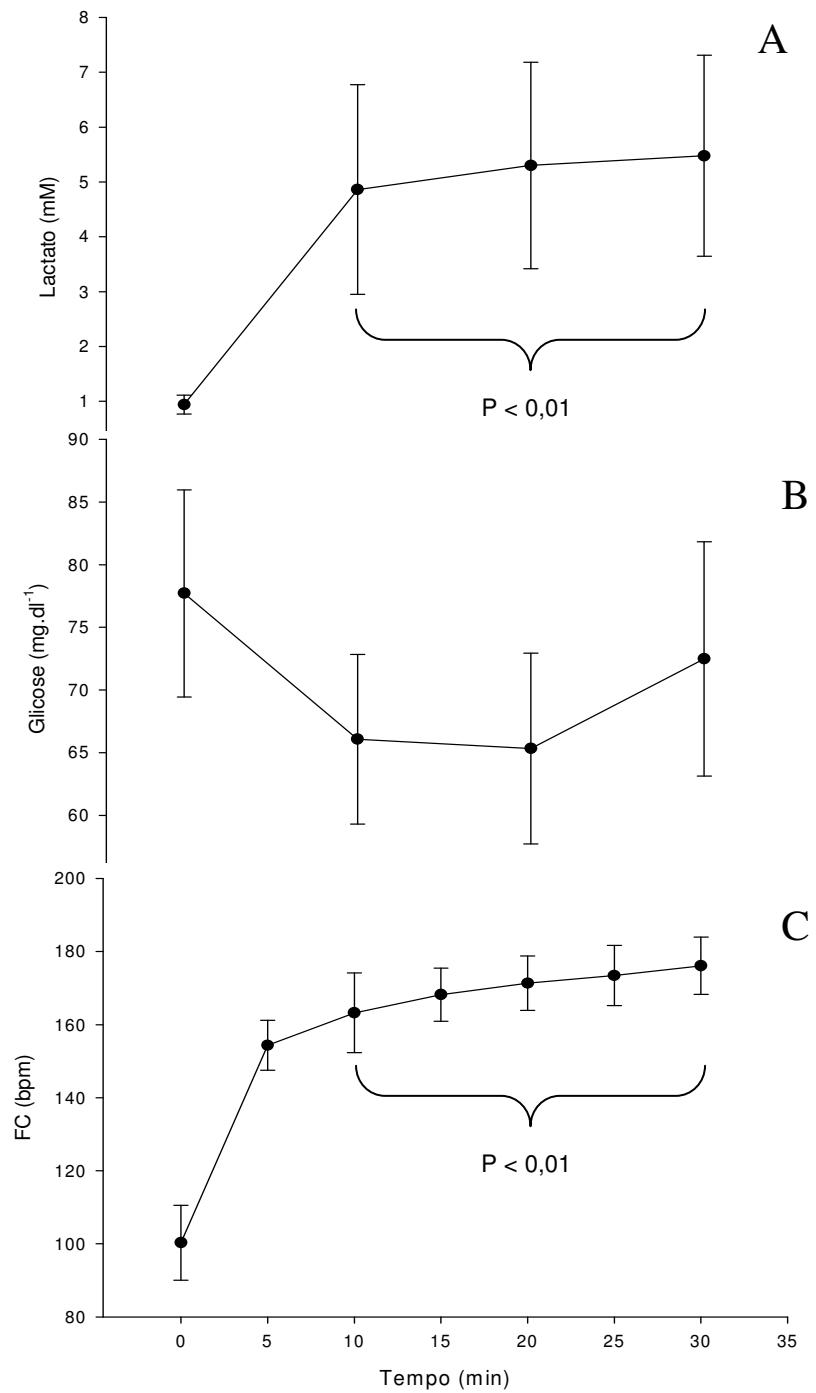


Figura 19: Respostas médias (\pm DP) da lactatemia (A), glicemia (B) e frequência cardíaca (C) durante o teste retangular de 30 minutos na intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato.

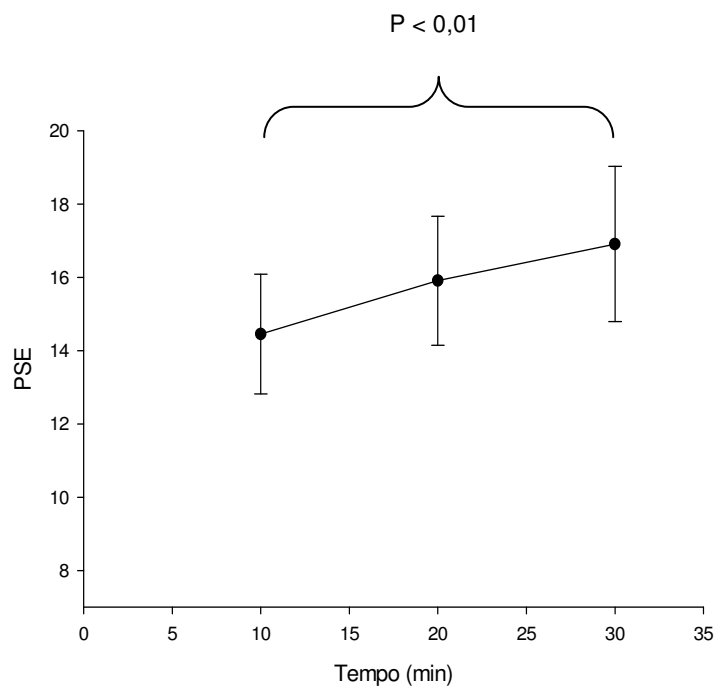


Figura 20: Respostas médias (\pm DP) da percepção subjetiva de esforço durante o teste retangular de 30 minutos na intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato.

6.4) Comparação entre os resultados do teste de Inclinação Crítica e os pontos de recuperação da frequência cardíaca e consumo de oxigênio:

Quando comparados os valores da ICrit ($15,4 \pm 1,0$) com a inclinação correspondente ao PR-VO₂ ($14,4 \pm 1,6$ %), a análise estatística demonstrou não haver diferença, nem correlação ($r = 0,03$). O mesmo ocorreu quando comparada a ICrit ($15,4 \pm 1,0$ %) com a inclinação correspondente ao PR-FC ($14,8 \pm 1,6$ % e $r = -0,08$) (figura 21 e tabela 12).

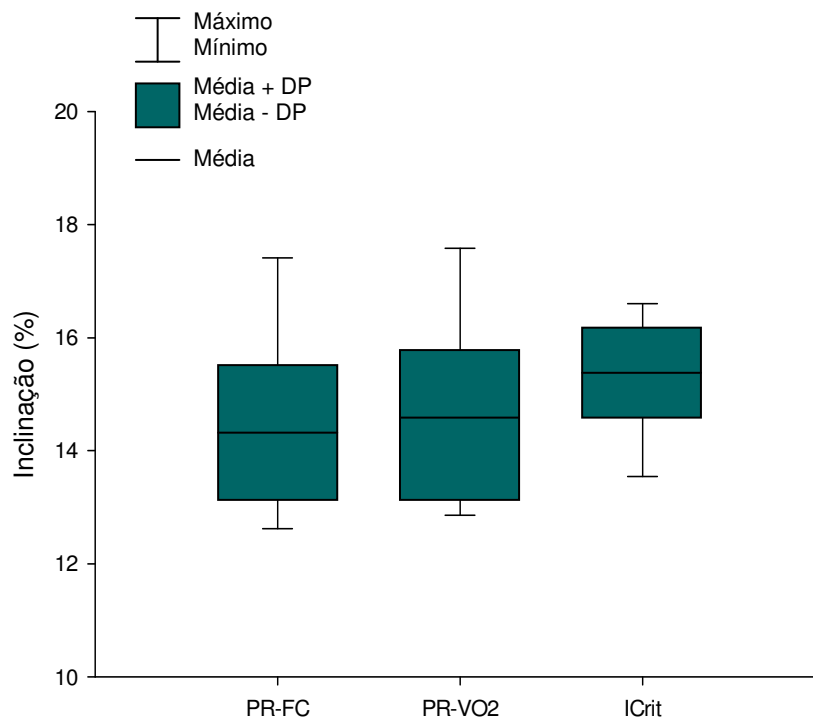


Figura 21: Comparação entre a inclinação Crítica (ICrit), com as inclinações correspondentes ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC), e o ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO₂) determinados no teste progressivo regressivo.

Tabela 12: Matriz da correlação das estimativas das inclinações correspondentes a inclinação Crítica (ICrit), ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC) e ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO₂).

| | PR-VO ₂ | PR-FC | ICrit |
|--------------------|--------------------|-------|-------|
| PR-VO ₂ | - | 0,88* | 0,03 |
| PR-FC | - | - | -0,08 |
| ICrit | - | - | - |

*p>0,001

Na figura 22 e 23 estão ilustradas as plotagens da técnica de Bland e Altman (1986) entre as estimativas da ICrit e os PR-FC e PR-VO₂. As diferenças médias \pm limites de concordância foram de $1,0 \pm 3,9$ % entre ICrit e PR-VO₂, e de $-0,7 \pm 4,1$ % entre ICrit e PR-FC.

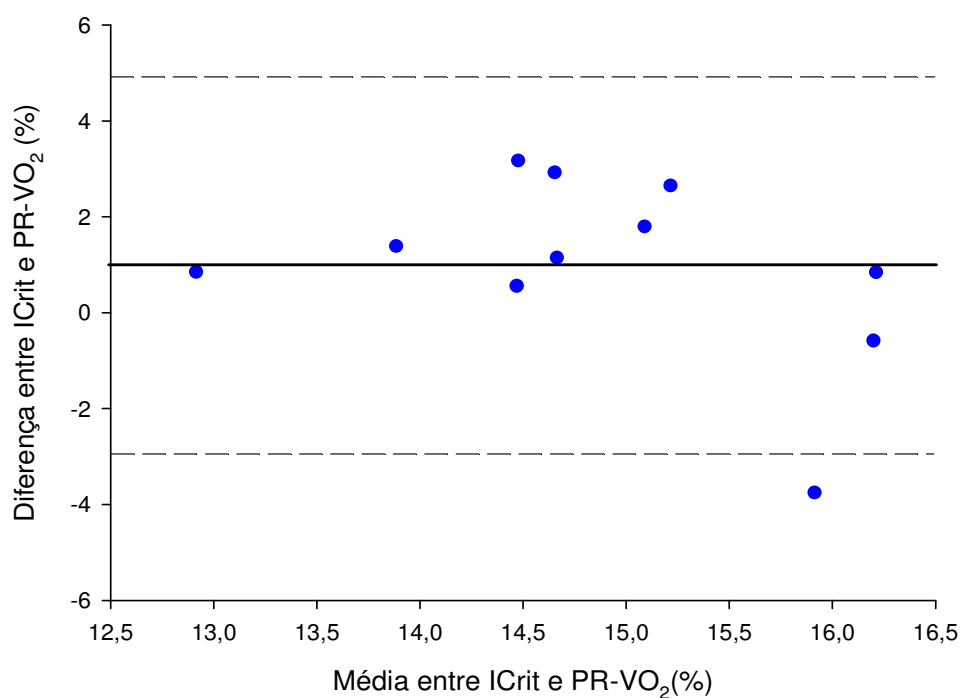


Figura 22: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas da Inclinação Crítica (ICrit) e do ponto de recuperação do VO₂ (PR-VO₂).

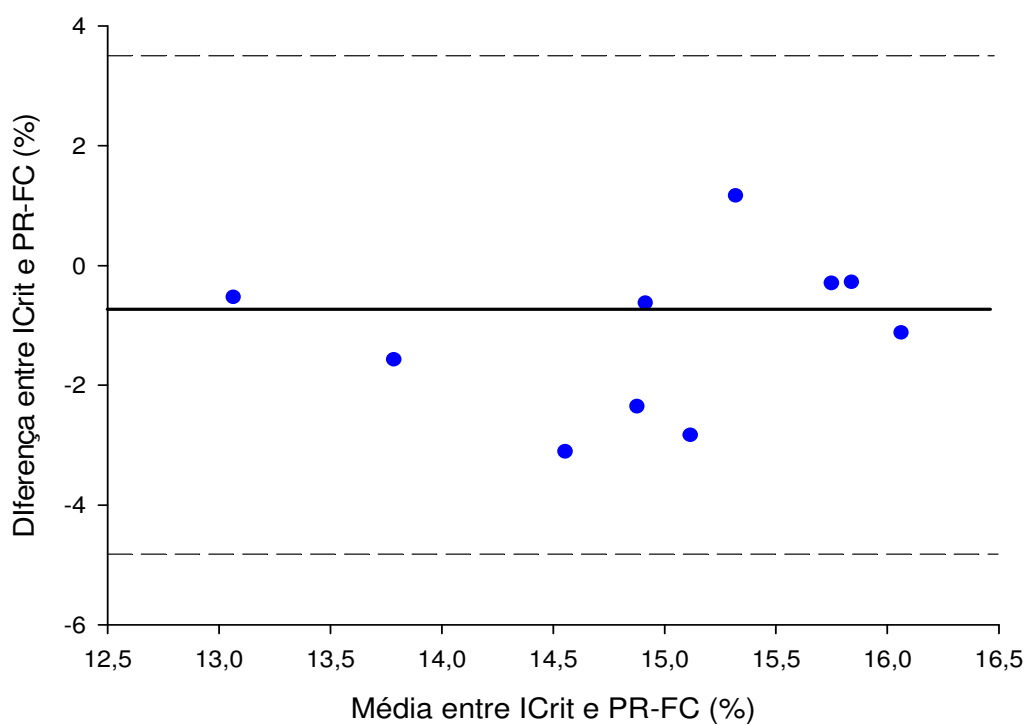


Figura 23: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas da Inclinação Crítica (ICrit) e do ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC).

6.5) Comparação entre os resultados dos parâmetros da potência crítica com o teste de identificação do máximo estado estável de lactato.

Para comparação destes parâmetros a amostra consistiu de 11 voluntários devido ao número de voluntários que terminaram todos os testes conforme citado nos métodos.

A análise estatística demonstrou não haver diferença entre as inclinações correspondentes a ICrit ($15,4 \pm 1,1$ %), PR-FC ($14,7 \pm 1,7$ %), PR-VO₂ ($14,4 \pm 1,6$ %), e MEEL ($14,1 \pm 1,4$ %) (Figura 24), e com uma alta correlação significativa ($r = 0,88$) apenas entre as inclinações correspondentes ao PR-FC e PR-VO₂ nesta amostra.

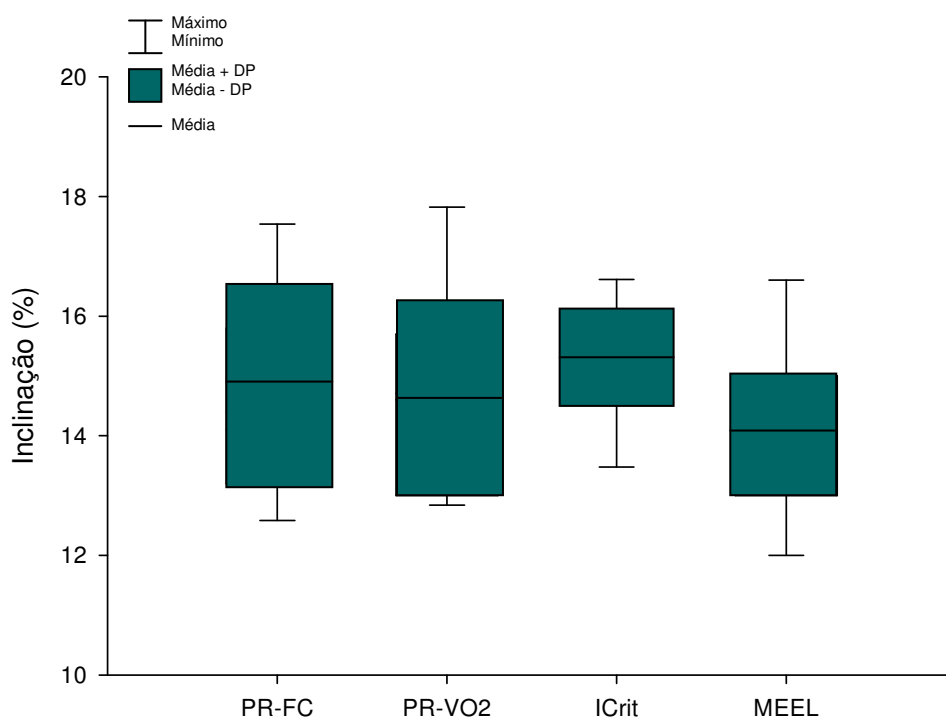


Figura 24: Comparação entre a inclinação Crítica (ICrit), inclinações correspondentes ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC), ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO₂) e ao máximo estado estável de lactato.

Tabela 13: Matriz da correlação das estimativas das inclinações correspondentes a inclinação Crítica (ICrit), ao ponto de recuperação da frequência cardíaca (PR-FC), ao ponto de recuperação do consumo de oxigênio (PR-VO₂), e ao máximo estado estável de lactato (MEEL).

| | PR-VO ₂ | PR-FC | ICrit | MEEL |
|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| PR-VO ₂ | - | 0,88* | 0,031 | 0,53 |
| PR-FC | - | - | -0,08 | 0,48 |
| ICrit | - | - | - | -0,21 |
| MEEL | - | - | - | - |

* p<0,001

Na figura 25 está ilustrada a plotagem da técnica de Bland e Altman (1986) entre as estimativas da ICrit e MEEL. A diferença média \pm limite de concordância foi de -1,3 \pm 3,9 %.

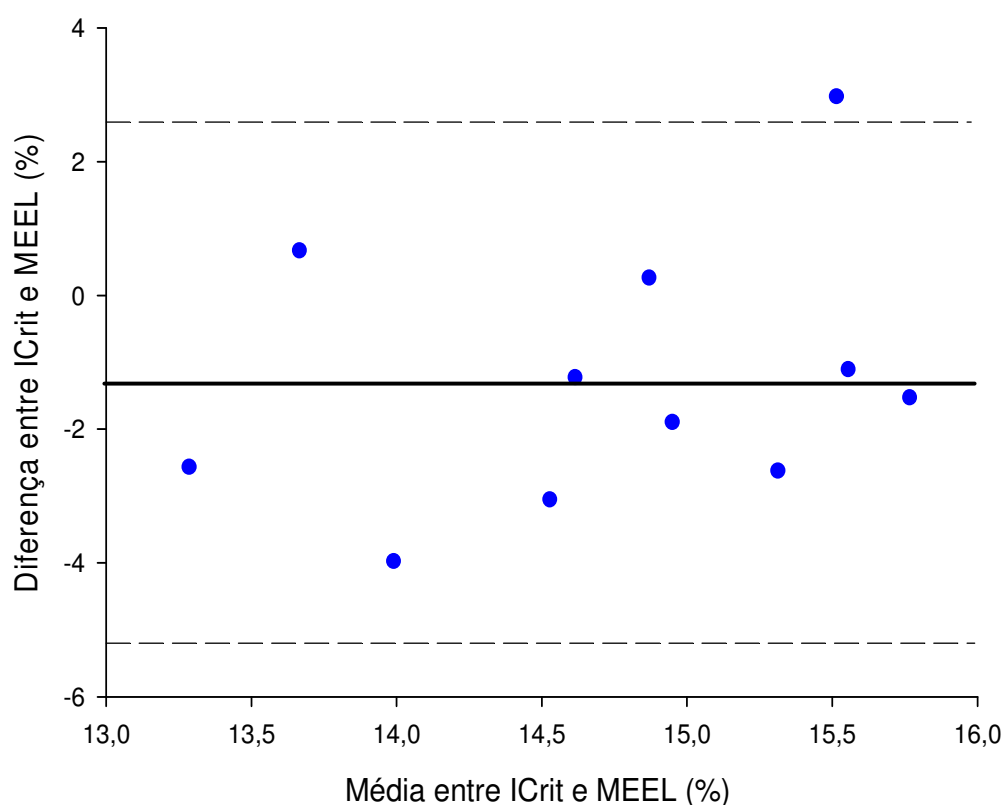


Figura 25: Plotagem de Bland-Altman para estabelecer o limite de concordância entre as estimativas da Inclinação Crítica (ICrit) e do máximo estado estável de lactato (MEEL)

7.0) DISCUSSÃO:

A avaliação da ApAer é de fundamental importância para diagnóstico e prescrição da atividade física ou exercício físico, de forma mais precisa e segura para todas as populações. Os métodos e protocolos utilizados determinam a confiança nos resultados, sendo imprescindível a adequação do protocolo adotado, de acordo com a individualidade biológica, especificidade do gesto esportivo, e limitações de movimentos do indivíduo avaliado. Desta maneira a avaliação da ApAer, e CTAn, com protocolos utilizando o gesto motor da caminhada, seja por meio de métodos considerados padrão ouro como o do MEEL, ou não invasivos como o da ICrit, permite um melhor diagnóstico e prescrição da atividade física para indivíduos que não conseguem ou são impossibilitados de executarem o padrão motor da corrida.

No presente estudo foi possível se avaliar todos os parâmetros propostos pelos métodos diretos e indiretos, invasivos e não-invasivos, em exercício utilizando a caminhada como gesto motor, e alteração de intensidades utilizando a inclinação da esteira. Os resultados obtidos no presente estudo confirmam as respostas de parâmetros fisiológicos como FC, [Lac] e VO_2 com relação a intensidades e tolerância ao exercício, independente do gesto motor (corrida, natação, cicloergômetro de membros inferiores ou superiores, caminhada).

Essa possibilidade de avaliação física da ApAer por meio da caminhada enriquece mais a importância deste tipo de avaliação reportada pelo ACSM (2000), empregada em diferentes populações como pacientes com DPOC (IRRIBERI *et al.*, 2002; CARTER, *et al.*, 2003), obesos (HULENS *et al.*, 2002), cardiopatas (ENG *et al.*, 2002) e idosos (RICKLI e JONES, 1998; KERVIO *et al.*, 2003). Além disso, testes funcionais utilizando a caminhada como exercício, podem servir como avaliação

funcional do desempenho, para determinar prognósticos, progressão de doenças cardíacas, nível de aptidão pós-terapia, e a aptidão física (Gubin e Judge, 1987).

Os resultados dos t_{lim} encontrados nas intensidades de exercício de 18% ($719,3 \pm 346,6$ s), 20% ($411,3 \pm 222,0$ s) e 22% ($248,0 \pm 151,0$ s) utilizados para cálculo da ICrit foram significativamente diferentes, demonstrando uma relação inversa entre intensidade de exercício e t_{lim} . Além disso, conforme estipulado pelo protocolo, os voluntários desempenharam os testes até a exaustão voluntária máxima permitida pelo gesto motor, sendo que a relação entre os t_{lim} e as intensidades de esforço foi altamente e inversamente correlacionada ($r = -0,98$), o que poderia indicar, segundo Pringle e Jones (2002) que os indivíduos chegaram ao máximo durante os diferentes esforços dos testes para cálculo da ICrit.

A tabela 4 mostrou que as estimativas do modelo hiperbólico não foram bem ajustadas devido aos valores do erro padrão das estimativas e o intervalo de confiança de cada estimativa, o que pode ser explicado pelo número pequeno de séries preditivas (três) para estimativa da ICrit por esse modelo. Apesar disso, esse é o modelo mais adequado para estimativa da PCrit, proposta originalmente por Monod e Sherrer (1965), respeitando as posições corretas das variáveis dependente e independente na equação da estimativa. Já o R^2 dos modelos lineares 1 e 2 (tabela 5) foi adequado e apresentou um valor alto (de 0,90 a 0,99). Porém, devido à utilização de apenas 3 pontos, esses valores tendem a possuir uma magnitude maior, o que poderia mascarar a qualidade do ajuste da estimativa. Segundo Gaesser *et al.* (1995) e Bull *et al.* (2000), a seleção das variáveis dependentes e independentes afeta o R^2 e o erro padrão dos valores associados com a PCrit estimadas por qualquer modelo.

A equação empregada na linearização da relação hiperbólica entre potência e tempo de exaustão, utilizada neste trabalho, não é usualmente encontrada em estudos

para estimativa da PCri/VCrit, porém foi também utilizada no trabalho de Fukuba *et al.* (2003) que serviu como referência para este estudo.

Em nosso estudo, a estimativa da ICrit pelo modelo hiperbólico ($15,4 \pm 1,1 \%$), foi menor que a encontrada pelos modelos lineares ($16,0 \pm 1,0 \%$ e $15,9 \pm 1,0 \%$) para linear 1 e linear 2 respectivamente) As diferenças encontradas das VCrit/PCrit estimadas por diferentes modelos matemáticos, são encontradas principalmente quando comparados os modelos não linear de 3 parâmetros e exponencial (GAESSER *et al.*, 1995; BULL *et al.*, 2000; HOUSH *et al.*, 2001).

Bull *et al.* (2000), demonstraram que o modelo linear potência-tempo⁻¹ (208 ± 25 W) superestima o valor da PCrit estimada pelo modelo hiperbólico (192 ± 25 W). Resultados semelhantes foram encontrados por Housh *et al.* (2001) que encontraram um valor maior na VCrit estimada pelo modelo velocidade-tempo⁻¹ ($13,8 \pm 1,1$ km·h⁻¹) em relação ao modelo hiperbólico ($13,6 \pm 1,0$) Porém, neste estudo, as equações lineares distância-tempo e velocidade-tempo, e a equação hiperbólica foram diferentes em apenas $0,2$ km·h⁻¹, podendo assumir que os três modelos estimam uma VCrit similar.

A diferença média em nosso estudo entre os modelos foi menor que 1 % de inclinação, o que poderia levar em consideração essa suposição do estudo de Bull *et al.* (2000), No entanto, a análise de Bland Altman demonstrou uma variação grande, quando analisados os valores individuais das diferenças na estimativa da ICri entre o modelo hiperbólico e linear Inclinação-tempo⁻¹, ao contrario da análise entre as estimativas da ICrit pelos modelos lineares, que não apresentaram uma diferença de estimativa grande.

Ao contrário destes estudos, Hill e Smith (1999) não encontraram diferença entre a estimativa da PCrit pelos modelos hiperbólico (170 ± 44 W), linear potência-tempo⁻¹ (171 ± 45 W) e trabalho-tempo (171 ± 50 W), e no estudo de Simões *et al.*

(2005) as V_{Crit} estimadas pela relação linear entre distância-tempo ($292,2 \pm 17,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) e velocidade-tempo⁻¹ ($289,9 \pm 17,0 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) também não foram diferentes. Já Pepper *et al.* (1992) encontraram que a inclinação da relação linear entre distância-tempo, foi menor que quando calculado pela relação entre velocidade-tempo⁻¹ (dados não apresentados, apenas citados). Além disso, os resultados deste estudo demonstraram não suportar a validade da equação hiperbólica para estimar velocidades suportáveis em intensidades supra e na V_{Crit} .

A possibilidade de identificação dos pontos de ascendência, estabilização e recuperação e conseqüentemente os PE e PR no teste de cargas variáveis progressivo-regressivo, em todos voluntários, demonstra que esse padrão de comportamento tanto da FC quanto do VO_2 ocorre neste tipo de teste com cargas sub e supra P_{Crit} , assim como Borges (2002) também demonstrou com a variável FC.

Esse padrão pode ser confirmado nas tabelas 7 e 9 que apresentam diferença entre as inclinações correspondentes ao PR-FC ($14,4 \pm 1,6 \%$) e PR- VO_2 ($14,8 \pm 1,6 \%$) em comparação com o pico de inclinação ($17,1 \pm 1,4 \%$). Isso significa que houve uma fase de estabilização, e essa fase não correspondeu a apenas um estágio, nem ao início do decremento do teste.

A tabela 14 demonstra que a inclinação pico foi maior que a I_{Crit} e MEEL. Esse dado é muito importante, pois ele nos possibilita afirmar que os voluntários atingiram uma inclinação pico no domínio de intensidade severo de exercício, o que era de fundamental importância para que o modelo da P_{Crit} fosse testado.

Tabela 14: Comparação entre os valores médios das inclinações correspondentes a inclinação Crítica, Máximo estado estável de lactato e Inclinação pico no teste progressivo-regressivo.

| Voluntário | ICrit (%) | MEEL (%) | Inclinação Pico (%) |
|--------------|--------------|--------------|------------------------|
| BE | 14,7 | 15 | 18 |
| BI | 16,5 | 15 | 16 |
| ED | 16,1 | 13 | 16 |
| LU | 15,2 | 14 | 17 |
| MI | 13,3 | 14 | 15 |
| NI | 14,6 | 12 | 17 |
| PA | 16,6 | 14 | 18 |
| RC | 14,0 | 17 | 20 |
| RS | 16,0 | 12 | 17 |
| AS | 16,1 | 15 | 15 |
| VL | 15,9 | 14 | 18 |
| Média | 15,4* | 14,1* | 17,0 |
| DP(±) | 1,1 | 1,4 | 1,5 |

* $p < 0,05$ em relação à inclinação pico.

Borges (2002) sugere que é possível se determinar os pontos de aceleração, estabilização e recuperação da FC durante exercícios com cargas variáveis progressivo-regressivas, desde que as intensidades compreendam-se entre os domínios de intensidade de exercício intenso e severo, o que foi demonstrado em nosso estudo tanto para a FC quanto para o VO_2 .

Em nosso estudo, foi empregado um protocolo semelhante ao utilizado por Borges (2002), porém os estágios do teste progressivo-regressivo empregados por Borges foram fixos para todos os voluntários com início em 10% e pico de inclinação de 19%, e velocidade constante de $6,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, e a ICrit foi calculada com t_{lim} em duas séries preditivas a 22% e 25% de inclinação, enquanto que o nosso protocolo foi iniciado com uma inclinação de 7% e pico de inclinação individual correspondente a 17 de PSE da escala de Borg, e a ICrit foi calculada com t_{lim} em três séries preditivas a 18%, 20% e 22% de inclinação.

A não diferença estatística entre as intensidades correspondentes à ICrit ($15,4 \pm 1,1$ %) e ao PR-FC ($14,7 \pm 1,7$ %) encontrada em nosso estudo, corroboram os resultados do estudo de Borges (2002), pois a autora também não encontrou diferença entre a ICrit ($14,8 \pm 2,5$ %) e o PR-FC ($13,2 \pm 2,1$ %) nos voluntários. Isso demonstra que a recuperação da FC ocorreria em momentos coincidentes com a redução da inclinação da esteira à intensidade correspondente à ICrit, pois a partir deste momento a reposição da CTAn seria iniciada e o exercício teria predominância metabólica aeróbia proporcionando uma ressíntese aeróbia de ATP e possível continuidade no exercício sem acelerar o processo de fadiga.

Além disso, o VO_2 poderia ser utilizado nesta relação, uma vez que o PR- VO_2 não foi diferente do PR-FC nem da ICrit, e a literatura descreve bem a existência de uma relação linear entre a FC e o consumo de oxigênio (VO_2) em intensidades submáximas (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003). Sendo assim a ICrit e o ponto de recuperação da FC e do VO_2 poderiam ser indicadores da intensidade de exercício relativa ao máximo estado estável de lactato sanguíneo, utilizados na avaliação da ApAer, que representa a transição entre os domínios de intensidade intenso e severo de exercício, com alta relação com a tolerância ao exercício por um longo período de tempo, mesmo em exercício de caminhada.

Em nosso estudo, o VO_2 apresentou uma recuperação ou queda, no protocolo progressivo-regressivo, apenas quando se atingiu uma intensidade inferior à ICrit ($15,4 \pm 1,1$ %), e apesar de utilizarmos um protocolo diferente do estudo de Fukuba *et al.* (2003), nossos resultados foram semelhantes ao estudo destes autores. Mesmo quando foi reduzido a potência de exercício de 135% para 117% da PCrit (ainda acima da PCrit), o VO_2 não foi reduzido, demonstrando que exercícios acima da PCrit não promovem uma recuperação deste parâmetro. Neste estudo os autores não submeteram

os voluntários a uma intensidade abaixo da PCrit neste protocolo, mas de acordo com nossos resultados, e com os resultados e pressupostos de outros estudos (FUKUBA e WHIPP, 1999; WALSH, 2000; NAKAMURA, 2001; COATS *et al.*, 2003), há indícios que o VO_2 seria reduzido se os voluntários fossem submetidos a esse procedimento.

Yano *et al.* (2006) estudando o comportamento do VO_2 em testes decrementais, encontraram resultados que estão de acordo com os nossos no teste progressivo-regressivo. Utilizando um protocolo que consistia em um exercício em cicloergômetro com carga zero seguido de um aumento de carga instantâneo a uma carga correspondente a 90% do VO_2 pico, e posterior decremento de cargas de 10, 20 ou 30 $\text{W}\cdot\text{min}^{-1}$, esses autores observaram um comportamento diferente no VO_2 durante esses decrementos.

Durante esses testes o VO_2 apresentava um aumento linear, seguido de uma fase estável e uma posterior queda. No teste com decremento menor ($10 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$) o aumento do VO_2 foi maior, e a queda foi retardada. Isso poderia indicar que quanto mais tempo permanecendo acima do domínio de intensidade intenso de exercício, o VO_2 não reduziria e apesar deste estudo não indicar onde foi essa queda, provavelmente coincidiria com a PCrit ou MEEL, o que ocorreu em nosso estudo.

Analisando essas respostas de VO_2 em exercícios decrementais do mesmo modo que o estudo anterior, porém com decrementos de $10 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$ em quatro diferentes incrementos de intensidades (120 W, 160 W, 200 W e 240 W), Yano *et al.* (2004) verificaram diferentes respostas de VO_2 nestes testes e que poderiam confirmar nossos resultados da cinética do VO_2 no teste progressivo-regressivo.

Nos dois testes com incremento de intensidade menores (120 W e 160 W), o incremento de carga instantâneo foi a uma carga de magnitude menor que a carga referente ao LAn ($167 \pm 23 \text{ W}$) determinada pelo método ventilatório. Isso significa que

possivelmente os voluntários não atingiram o domínio severo de exercício, não utilizando os estoques de reserva da capacidade anaeróbia. O comportamento do VO_2 nestes testes apresentou um aumento e posterior queda, sem uma visível fase estável. Já quando analisado o VO_2 nos testes de cargas maiores (200 W e 240 W), que possivelmente ultrapassaram o limite superior do domínio de intensidade intenso de exercício, a queda do VO_2 foi retardada e foi observada uma fase estável anterior à queda.

Em outro estudo verificando a cinética do VO_2 em um teste em pirâmide (similar ao progressivo-regressivo) e um teste trapezoidal com uma carga estável de duração de 4 min entre as fases ascendentes e descendentes do teste de pirâmide, Yano *et al.* (2000) encontraram que o VO_2 apresentava uma queda mais retardada no teste trapezoidal, devido ao maior tempo de exercício acima do LAn, e além disso apresentava um acúmulo de lactato sanguíneo maior que no teste piramidal.

Segundo esses estudos acima (YANO *et al.*, 2000; YANO *et al.*, 2004; YANO *et al.*, 2006) se uma carga de trabalho é decrementada após um incremento de carga acima do LAn, o lactato produzido no exercício incremental poderia afetar o VO_2 no exercício decremental. Esse acúmulo de lactato pode ser decorrente do maior recrutamento de unidades motoras do tipo rápidas (fibras tipo II) em exercício acima do LAn. Assim, o VO_2 estaria aumentado devido à diminuição do pH e fadiga muscular com conseqüente aumento no recrutamento de unidades motoras. Outro causador deste VO_2 elevado seria o componente lento apresentado na cinética de O_2 em exercícios que promovem um acúmulo de lactato sanguíneo.

O consumo excessivo de O_2 e conseqüente componente lento, ocorre em exercícios de cargas decrementais precedidos de um exercício intenso, e continua até uma carga menor de exercício. E o componente lento provocado por um maior

recrutamento de unidades motoras, sempre estará presente em exercícios intensos (YANO *et al.*, 2004). Já em exercícios com cargas mais baixas, o excesso no VO_2 não ocorre, pois não apresentaria um recrutamento de unidades motoras capaz de provocar um componente lento (YANO *et al.*, 2000; YANO *et al.*, 2004). Isso poderia então justificar o porquê da estabilização demonstrada na tabela 8 e figura 10, e não queda do VO_2 e conseqüentemente da FC, mesmo com a diminuição da intensidade de exercício, apresentado em nosso estudo, no teste progressivo-regressivo.

A estabilização do VO_2 encontrada em nosso estudo no protocolo progressivo-regressivo, e posterior recuperação deste parâmetro apenas após o exercício estar em intensidades abaixo da PCrit ou do MEEL, corrobora as suposições dos estudos de Poole *et al.* (1988) e Coats *et al.* (2003) que demonstraram que no domínio severo de exercício, o VO_2 não seria reduzido, bem como a [Lac], levando então a uma queda de pH, acompanhada também de uma redução dos estoques de fosfatos de alta energia e acúmulo de fosfato inorgânico [Pi], sendo todos estes fatores potenciais indutores de fadiga.

Neste estudo de Coats *et al.* (2003), eles testaram se a redução da intensidade, após a indução da exaustão voluntária, para cargas sub ou supra PCrit, possibilitaria a continuidade do exercício. Para isso, submeteram 6 indivíduos a um teste com carga contínua com t_{lim} de aproximadamente 6 min, seguido de 3 diferentes tipos de redução de intensidade, uma a 110% da PCrit (domínio severo de intensidade de exercício), outra a 90% da PCrit (domínio intenso de intensidade de exercício) e outra a 80% do Limiar Ventilatório 1 (domínio moderado de intensidade de exercício).

Quando reduzida a intensidade para 110% da PCrit, os voluntários não conseguiram tolerar o exercício, chegando a exaustão rapidamente (30 ± 12 s). Já quando reduzida a intensidade para 90% da PCrit, 2 voluntários suportaram os 20 min

alvo determinado e os demais voluntários suportaram em média 577 ± 306 s, demonstrando que essa redução de intensidade possibilitou uma reposição da CTAn e conseqüente tolerância ao exercício. Na situação onde a intensidade de exercício foi reduzida para 80% do LV1, todos os voluntários toleraram os 20 minutos de exercício.

Esses resultados demonstram que o suporte fisiológico no conceito da PCrit é válido, e uma vez depletada a CTAn, o exercício não poderá ser continuado, a menos que a carga de trabalho fosse reduzida a intensidades de exercício abaixo da PCrit, ou no domínio de intensidade intenso de exercício, corroborando os pressupostos de Fukuba e Whipp (1999).

Uma aplicação prática destes resultados e pressupostos, seria que quando a potência ou velocidade de alguma parte de uma prova de resistência de longa duração (ex. maratona, provas de ciclismo, travessias de natação ou triathlon), for acima da PCrit/VCrit, o atleta não poderá atingir o objetivo de alcançar o tempo equivalente de desempenho em uma potência ótima, e possivelmente chegará a exaustão, a menos que reduza sua potência ou velocidade para uma intensidade abaixo da PCrit/VCrit, para que seja reposta sua CTAn e possa seguir mais tempo nesta prova (WALSH, 2000; COATS *et al.*, 2003; FUKUBA *et al.*, 2003). Esses pressupostos foram confirmados também em nosso trabalho, demonstrando que independente do tipo de exercício, seja caminhada, corrida ou ciclismo, a relação entre intensidades de exercícios relativas à PCrit, VCrit ou ICrit estão relacionadas com a utilização e reposição das reservas de capacidade anaeróbia.

Essa informação pode ser utilizada também para decisões de táticas de provas de corrida de média e longa distância, uma vez que um atleta que possui uma alta VCrit e uma baixa CCAn, consegue sustentar uma alta velocidade de corrida por um período de tempo longo, porém um atleta que possui uma baixa VCrit e uma alta CCAn, suportará

uma velocidade de corrida menor durante a prova, mas poderá utilizar sua alta capacidade de reserva anaeróbia para um sprint final (FUKUBA e WHIPP, 1999; JONES e WHIPP, 2002).

Segundo Fukuba e Whipp (1999) tanto a V_{Crit}/P_{Crit} quanto a $CCAn/CTAn$ são fundamentais para determinação de estratégias de corrida, pois se um corredor, por exemplo, correr a maior parte de uma prova de longa distância abaixo da sua V_{Crit} , ele não atingirá uma velocidade ótima, que permitirá atingir o objetivo de um menor tempo possível, mesmo desempenhando um sprint final, tendo a $CCAn$ um papel importante na determinação da flexibilização de intensidades sub e supra V_{Crit} durante a prova.

Outro estudo que testou o modelo da P_{Crit} , foi o de Nakamura (2001), que submeteu 9 indivíduos a três protocolos diferentes, o primeiro contínuo com t_{lim} de aproximadamente 300s, o segundo com cargas variáveis com uma fase inicial contínua com t_{lim} correspondente à aproximadamente metade do primeiro protocolo (± 180 s), seguida de uma redução de carga para uma correspondente à P_{Crit} , e posterior aumento de carga a valores iniciais, e um terceiro da mesma maneira que o segundo, porém com uma recuperação passiva, ao invés de redução de carga.

Os resultados deste estudo demonstraram que não houve diferença entre o t_{lim} contínuo ($305,8 \pm 30,5$ s) e o t_{lim} somando o tempo da primeira e terceira fase do segundo protocolo ($304,8 \pm 30,7$ s), porém quando o indivíduo teve uma recuperação passiva entre a primeira e terceira fase, o indivíduo suportou mais tempo que nas demais ($408,0 \pm 42,0$ s). Isso demonstra que a P_{Crit} corresponde a uma intensidade de exercício onde em exercícios realizados acima dela há uma depleção da $CTAn$, sem reposição, e abaixo dela, não há depleção e há uma reposição da $CTAn$. Resultados semelhantes foram encontrados por Nakamura (2005) reproduzindo o mesmo protocolo com 8 indivíduos. Esses achados reforçam mais uma vez os pressupostos e resultados

encontrados em nosso estudo através das respostas do VO_2 e FC, que demonstraram uma recuperação apenas em cargas inferiores a ICrit e ao MEEL, referentes ao domínio de intensidade abaixo do severo, no domínio intenso de exercício.

Em nosso estudo, a análise estatística demonstrou não haver diferença entre as inclinações correspondentes à ICrit ($15,4 \pm 1,1 \%$) e MEEL ($14,1 \pm 1,4 \%$) porém quando analisados os valores individuais dos voluntários, de tolerância ao exercício, esse resultado poderia representar uma resposta diferente. Não foi realizado em nosso estudo um teste de tolerância na intensidade correspondente a ICrit, porém em alguns voluntários essa intensidade foi testada coincidentemente nos testes de identificação do MEEL. Em alguns voluntários essa intensidade não foi testada, porém a ICrit foi superior à intensidade testada acima do MEEL, onde os indivíduos não suportaram os 30 minutos de exercício, o que nos leva a concluir que possivelmente os indivíduos tolerariam menos tempo na ICrit que nessa intensidade testada.

Dos 11 indivíduos que completaram a etapa 2 de testes para identificação do MEEL, 3 indivíduos (27%) tiveram um valor de ICrit menor que o de MEEL, o que nos permite concluir que eles suportariam um t_{lim} maior que 30 minutos na intensidade da ICrit. Cinco indivíduos (45%) não suportaram 30 minutos na intensidade correspondente à ICrit, ou o valor dessa ICrit estava acima da intensidade onde os indivíduos não suportaram 30 minutos. Com relação aos demais indivíduos (27%) não se é possível afirmar que não suportariam os 30 minutos na ICrit pois seria necessário confirmar essa hipótese, porém pela cinética da [Lac] sanguíneo, PSE, FC, VO_2 e inclinação da esteira, na intensidade acima do MEEL, tudo indica que eles também não suportariam 30 minutos de exercício na ICrit.

No estudo de Smith e Jones (2001), apesar da análise estatística não demonstrar diferença entre as velocidades correspondentes ao MEEL ($13,7 \pm 0,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), ponto de

inflexão de lactato ($13,8 \pm 1,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) e VCrit ($14,4 \pm 1,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), os limites de concordância de Bland Altman demonstraram que existe uma variação inter-individual relativamente grande entre essas variáveis, podendo ser sub ou superestimadas quando for necessária uma precisão individualizada na determinação destes parâmetros. Além disso, houve uma tendência da VCrit superestimar a velocidade do MEEL, sendo possível que haja um aumento da $[\text{Lac}]$ na intensidade relativa à VCrit (SMITH e JONES, 2001).

Isso também pode ser observado na análise de concordância de Bland Altman entre as inclinações correspondentes à ICrit e MEEL aplicada em nosso estudo (Figura 25), apresentando também uma variação individual grande entre esses dois parâmetros, o que pode comprometer a determinação individual de uma intensidade sustentável por mais de 30 min na ICrit determinada pelo modelo hiperbólico através de séries preditivas com t_{lim} entre 4 e 12 minutos.

Pringle e Jones (2002) verificaram que a intensidade correspondente a PCrit ($242 \pm 25 \text{ W}$) e ao MEEL ($222 \pm 23 \text{ W}$) não foram coincidentes, e segundo esses autores, já que teoricamente esses parâmetros teriam que ser coincidentes, o resultado daria diferente somente se o verdadeiro MEEL foi subestimado em seu estudo, devido ao critério de determinação desse parâmetro ter sido relativamente liberal ($\Delta [\text{Lac}] < 1,0 \text{ mM}$ entre o 10° e 30° minutos), o que é pouco provável, e, além disso, esse critério é um dos critérios mais adotados na literatura (BENEKE e VON DUVILLARD, 1996; BILLAT *et al.*, 2003) e foi o mesmo utilizado no presente estudo.

Outra possível hipótese da diferença entre a PCrit e o MEEL no estudo de Pringle e Jones (2002), foi o método utilizado para determinar a PCrit . Assim como o próprio autor discute em seu estudo, o modelo matemático de dois compartimentos pode superestimar o modelo de três compartimentos (MORTON, 1996; BULL, *et al.* 2000),

além do modelo para determinação da PCrit utilizando a relação entre potência e o tempo⁻¹, poder também, determinar uma PCrit maior do que modelos que utilizam a relação de trabalho-tempo, ou a relação hiperbólica entre potência-tempo (GAESSER *et al.*, 1995; SMITH e JONES, 2001). Em nosso estudo foi utilizado o modelo hiperbólico, para a comparação dos parâmetros, e o modelo linear potência e o tempo⁻¹, assim como nos estudos citados acima, acabou por superestimar a ICrit determinada pelo modelo hiperbólico.

Dekerle *et al.* (2003), comparando as intensidades, em exercício realizado em cicloergômetro, correspondente ao MEEL e a PCrit em indivíduos treinados, verificaram que tanto a carga de trabalho (239 ± 21 W e 278 ± 22 W para MEEL e PCrit respectivamente) quanto a carga relativa ao $VO_{2\text{máx}}$ (74 ± 4 % e 85 ± 5 % para MEEL e PCrit respectivamente) foram superestimadas na intensidade relativa à PCrit, não representando esta, uma intensidade que pode ser sustentada por um longo período de tempo sem um aumento contínuo da [Lac] sangüínea.

No estudo de Jenkins e Quigley (1990) realizado em cicloergômetro, apenas 2 dos 8 indivíduos foram capazes de manter 30 min na intensidade correspondente à PCrit calculada pelo modelo trabalho-tempo. A PCrit superestimou a carga tolerável durante 30 min em 4,7% (14,4 W) em média, para todos os oito indivíduos da amostra, ou em 6,4% (19,6 W) para os 6 indivíduos que não completaram os 30 min.

McLellan e Cheng (1992) demonstraram que apenas um indivíduo dos 14 estudados foi capaz de tolerar 30 min na intensidade relativa à PCrit estimada pelo modelo linear potência-tempo⁻¹. Já Housh, Housh e Bauge (1989) encontraram um tempo médio de exaustão na PCrit de $33,3 \pm 15,4$ min em exercício em cicloergômetro. Overend *et al.* (1992) observaram que seus voluntários suportaram aproximadamente 24 min em média pedalando na PCrit estimada pelo modelo linear potência-tempo⁻¹, porém

a [Lac] sanguíneo foi maior que a estimada pelo método de determinação fixa do LAn de 4 mM (OBLA).

Apesar dos valores similares de V_{Crit} , VO_2 , [Lac] e FC, entre os modelos lineares e hiperbólico, o estudo de Housh *et al.* (2001) assim como os de Housh *et al.* (1991) e Pepper *et al.* (1992), demonstraram que esses modelos superestimam o limiar de fadiga, ou a tolerância ao exercício por um tempo prolongado de mais 30 min.

Esses resultados suportam que a PC_{rit} ou V_{Crit} determinada por diferentes modelos matemáticos podem superestimar a potência que pode ser mantida por pelo menos 60 minutos sem exaustão, não representando o limiar de fadiga proposto por Monod e Sherrer (1965), Moritani, *et al.* (1981) e Hughson *et al.* (1984) (HOUSH *et al.*, 1991; PEPPER *et al.*, 1992; GAESSER *et al.*, 1995; BULL *et al.*, 2000; HOUSH *et al.*, 2001).

No estudo de Pepper *et al.* (1992), os voluntários não foram capazes de suportar 60 minutos na intensidade relativa à V_{Crit} ($16,43 \pm 6,08$ min), variando entre 9 e 31 minutos de permanência nessa intensidade, porém oito dos dez indivíduos participantes deste estudo, foram capazes de completar os 60 min a 85% da V_{Crit} , e 100% da amostra completou os 60 min a 70% da V_{Crit} , indicando que a equação hiperbólica da relação entre velocidade-tempo não suporta a validade de estimativa de uma velocidade tolerada por 60 minutos, podendo ser superestimada em até 20%.

Resultados similares foram encontrados por Bull *et al.* (2000) onde dos 9 indivíduos estudados, 2 na primeira tentativa, e 3 na segunda tentativa não suportaram 60 min na intensidade correspondente à PC_{rit} . Com alguns voluntários atingindo 92% da FC máxima no final do teste. Além disso, a PC_{rit} utilizada para o teste de tolerância de 60 min foi estimada pelo modelo não linear de 3 parâmetros, que foi

significativamente menor que a PCrit estimada pelos modelos lineares e hiperbólico de 2 parâmetros.

Os dois modelos lineares utilizados em nosso estudo superestimaram a intensidade referente à ICrit, MEEL e PR-VO₂ e PR-FC, e possivelmente a tolerância ao exercício nestas intensidades seria menor que 30 minutos, demonstrando que esses modelos lineares aplicados neste estudo, através de séries preditivas com t_{lim} entre 4 e 12 minutos, não estimam uma intensidade de exercício suportável por um longo período de tempo também na caminhada, corroborando os resultados dos estudos citados acima.

Ao contrário desses achados, Hill e Smith (1999), realizaram dois testes de tolerância na intensidade correspondente à PCrit, em cicloergômetro, em indivíduos fisicamente ativos, e seus resultados demonstraram que o tempo aumentou 27 % do primeiro teste ($51,3 \pm 13,2$ min) para o segundo teste ($65,0 \pm 10,6$ min), separados por no mínimo 48 horas. Possivelmente esse aumento foi devido à supercompensação de glicogênio conseqüente do primeiro teste, apesar do estudo não ter medido variáveis que suportam essa hipótese. Porém, independente do fator de aumento no tempo de exaustão na PCrit, esse parâmetro pode ser utilizado como um bom método de avaliação do desempenho de longa duração.

Segundo esses autores, três fatores poderiam explicar a diferença encontrada no tempo de permanência na PCrit neste estudo em comparação com os estudos que demonstraram um t_{lim} menor. O primeiro seria que nesse estudo os voluntários foram estimulados a permanecerem o maior tempo possível nesta intensidade, o que não ocorreu em alguns estudos que estimularam um tempo fixo. Segundo os voluntários eram permitidos escolher a cadência de pedalada, e podiam variá-la ao longo do exercício. E terceiro, os voluntários tinham uma segunda chance para fazer o teste, o que poderia favorecer um efeito da aprendizagem para melhora no desempenho.

Segundo Smith e Jones (2001), a $VCrit$ e o MEEL provavelmente representam o mesmo fenômeno fisiológico, além disso, a $PCrit$ parece demonstrar o limite superior de produção de energia aeróbia estável, e estabilização de lactato e pH sanguíneo, devido a produção não exceder a remoção oxidativa do lactato (FUKUBA *et al.*, 2003). Para Smith e Jones (2001), a $VCrit$, a velocidade associada ao MEEL e ao ponto de inflexão do lactato, podem ser utilizadas para demarcar o limite entre os domínios de intensidade intenso e severo de exercício.

Kokubun (1996) verificou resultados que corroboram estes achados ao empregar cinco tiros de 400 metros na natação, na intensidade correspondente à $VCrit$, com coletas de sangue após o primeiro, terceiro e quinto tiros, não verificando diferença na concentração de lactato entre as três coletas. No entanto, nas séries realizadas a 102% da $VCrit$, houve aumento na concentração de lactato entre o primeiro e o terceiro tiro, apesar de não haver diferença entre o quinto e o terceiro. Já na intensidade de 104% da $VCrit$, o lactato sanguíneo aumentou progressivamente e significativamente ao longo das três coletas.

Segundo Vandewalle *et al.* (1997) a relação entre $W-t$ não é exatamente linear, e conseqüentemente, a equação entre a potência e o t_{lim} não é uma verdadeira hipérbole. Os t_{lim} abaixo de 3,5 min ou acima de 35 min proporcionam uma relação linear diferente de t_{lim} calculados dentro desta faixa. A inclinação da relação entre $W-t$ depende da variância do t_{lim} . Isso pode comprometer todos os estudos que encontraram que a $PCrit$ é correlacionada com índices que representam à resistência aeróbia como o $VO_{2máx}$, MEEL, LV ou OBLA (VANDEWALLE *et al.*, 1997).

Quando a $PCrit$ é calculada a partir de exercícios supramáximos curtos, essa potência é maior que a produção de potência correspondente ao estado estável de lactato sanguíneo e de consumo de O_2 , e não corresponde a uma intensidade de exercício que

pode ser sustentada por um longo período de tempo. A PCrit pode corresponder a um estado estável de lactato quando for calculada a partir de exercícios submáximos pesados, com t_{lim} entre 6 e 30 min (VANDEWALLE *et al.*, 1997).

Isso pode explicar porque nossos resultados da ICrit estimada pelos modelos lineares e com um t_{lim} médio entre 4 e 12 minutos, superestimaram uma intensidade tolerável de exercício na caminhada por um período longo de tempo. No presente estudo, apesar de não ter havido uma diferença estatística entre as intensidades de exercício correspondentes à ICrit, determinada pelo modelo hiperbólico, e MEEL, houve uma tendência desta primeira, calculada também utilizando t_{lim} médio entre 4 e 12 minutos, superestimar uma intensidade de exercício tolerável por no mínimo 30 minutos.

Em média, em nosso estudo, os t_{lim} variaram entre 12 min no máximo e 4 min no mínimo, o que corrobora os pressupostos de Vandewalle *et al.* (1997) e Vautier *et al.* (1995) da PCrit estimada com t_{lim} curtos, não representar uma intensidade de exercício tolerável por mais de 30 minutos. Para estimar uma intensidade de exercício sustentável por no mínimo uma hora, seria então necessário que os t_{lim} das séries preditivas tivessem duração entre 3 e 35 minutos. Assim, uma definição mais apropriada da PCrit determinada por t_{lim} curtos, seria “a mais alta intensidade de exercício sem estado estável que pode ser mantida por um período de aproximadamente 20 minutos, e não mais que 40 minutos” (BRICKLEY, DOUST e WILLIAMS, 2002).

Poole *et al.*, (1988) demonstraram que exercícios realizados em cicloergômetro em uma intensidade abaixo da PCrit, há uma estabilização do VO_2 e [Lac] sanguíneo, enquanto que em exercícios realizados acima desta intensidade ocorre uma elevação desses dois parâmetros até o término do exercício. Assim, a PCrit está associada com o

limiar de produção de potência onde acima deste o VO_{2max} pode ser alcançado (HILL, POOLE e SMITH, 2002).

Em exercícios realizados acima do MEEL, correspondendo a uma intensidade de exercício no domínio de intensidade severo, não ocorrem estabilização da lactatemia, VO_2 , VE, nem do sinal eletromiográfico. Já em exercícios realizados abaixo desse parâmetro, no domínio de intensidade de exercício intenso, há estabilização destas variáveis (PRINGLE e JONES, 2002).

Essas respostas do VO_2 e lactato, nestas intensidades de exercícios, estão relacionadas com os domínios de intensidade propostos por Whipp (1987) e Gaesser e Poole (1996), onde o domínio de intensidade moderado de exercício está associado com um rápido aumento mono-exponencial do VO_2 até um estado estável. O domínio de intensidade intenso de exercício apresenta um componente lento na resposta do VO_2 , e está associado com um retardo a atingir o estado estável. O domínio de intensidade severo de exercício é o único caracterizado por atingir o VO_{2max} e o domínio de intensidade extremo de exercício está associado com um desenvolvimento de fadiga antes do VO_{2max} ser atingido (HILL *et al.*, 2002). O primeiro aumento na concentração de lactato, também chamado de LL (SKINNER e McLELLAN, 1980), e o ponto de inflexão do lactato em um teste incremental, representam os limites entre os domínios de intensidade de exercício moderado e intenso, e intenso e severo respectivamente (SMITH e JONES, 2001), além disso, o MEEL representa os limites entre esses dois últimos domínios.

Relacionando as intensidades encontradas em nosso estudo com os domínios de intensidade de exercício, podemos dizer que em exercícios realizados em esteira com velocidade de caminhada ($5,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), a inclinação correspondente a MEEL ($14,1 \pm 1,4 \%$) representa uma intensidade no limite entre o domínio intenso e severo de exercício,

assim como as intensidades correspondentes ao PR-VO₂ (14,4 ± 1,6 %) e ao PR-FC (14,7 ± 1,7 %). A intensidade correspondente a ICrit determinadas pelos modelos lineares (16,0 ± 1,0 % e 15,9 ± 1,0 % para os modelos linear inclinação-tempo⁻¹ e hiperbólico linearizado Tempo⁻¹-Inclinação respectivamente), representam uma intensidade de exercício no domínio severo de exercício. Já a intensidade correspondente a ICrit determinada pelo modelo hiperbólico representa uma intensidade ligeiramente acima do limite superior do domínio intenso de exercício.

A caracterização da intensidade de exercício correspondente à ICrit no domínio severo de exercício, tanto determinada pelos modelos lineares, quanto a tendência mostrada pelo hiperbólico, pode ser explicada pelas suas estimativas utilizando t_{lim} curtos (4 a 12 minutos). Para que fosse caracterizado a ICrit no limite superior do domínio intenso de exercício, correspondendo a uma intensidade de exercício suportável por um longo período de tempo (> 30 minutos), as estimativas teriam que ser a partir de t_{lim} entre 6 e 35 minutos (VANDEWALLE *et al.*, 1997; VAUTIER *et al.*, 1995).

Poole *et al.* (1988) e Poole, Ward e Whipp. (1990) demonstraram que o VO_{2max} foi atingido somente em exercícios acima da PCrit, no domínio de intensidade severo de exercício, mesmo com cargas somente de 8% a 11% (16W a 23W) acima da PCrit. Resultados semelhantes foram demonstrados por Hill e Ferguson (1999) que compararam o t_{lim} até a exaustão voluntária padrão e a VCrit utilizando o t_{lim} até atingir o VO_{2max}, não encontrando diferença significativa entre as duas VCrit calculadas (238 ± 24 m · min⁻¹ e 239 ± 25 m · min⁻¹ respectivamente). Esses resultados sugerem que em exercícios acima da VCrit, no domínio severo de exercício (Gaesser e Poole, 1996), o VO₂ pode ir gradualmente aumentando até atingir o VO_{2max}, representando a VCrit uma intensidade máxima sustentável de exercício onde o VO₂, e possivelmente os índices

metabólicos como [Lac], [Lac]/[Pir], [HCO₃⁻], e pH sanguíneo, podem atingir um estado estável.

Resultados semelhantes foram encontrados por Hill e Smith (1999), que não encontraram diferença entre a PCrit determinada com t_{lim} total padrão e t_{lim} até atingir o VO_{2max} , independente se o modelo utilizado na determinação desses parâmetros foi o hiperbólico (170 ± 4 W e 167 ± 4 W), linear trabalho-tempo (171 ± 4 W e 168 ± 4 W) ou linear potência-tempo⁻¹ (171 ± 5 W e 171 ± 5 W).

Essa relação de atingir o $VO_{2máx}$ em exercícios acima do limite superior do domínio de intensidade intenso de exercício, não foi confirmada no estudo de Pringle e Jones (2002), que encontraram que na intensidade acima do MEEL os indivíduos não atingiram o $VO_{2máx}$ quando chegaram à exaustão voluntária máxima, contradizendo o modelo dos domínios de intensidade proposto por Gaesser e Poole (1996). No entanto, neste estudo, a intensidade média acima do MEEL foi de apenas 19 ± 5 W, o que significou uma intensidade superior ao limite entre os domínios intenso e severo, pequena e possivelmente explicaria o $VO_{2máx}$ não ter sido atingido esse parâmetro. Astrand (1956) e Poole *et al.* (1988) reportaram que o VO_2 pode atingir valores máximos no domínio de intensidade severo de exercício, mas isso é dependente da duração, e do quanto acima do limite inferior deste domínio o exercício se encontra.

Em nosso estudo os voluntários também não atingiram o VO_{2pico} atingido nas séries preditivas máximas a 18%, 20% e 22% (dados não apresentados), possivelmente devido ao incremento de carga ter sido pequeno (1% de inclinação da esteira) na intensidade acima do MEEL, levando o indivíduo a uma exaustão voluntária sem atingir o VO_{2pico} , não representando esta uma intensidade, acima do domínio intenso de exercício, suficiente para o indivíduo atingir o $VO_{2máx}$ ou VO_{2pico} .

Segundo Walsh (2000), cada sistema possui uma própria PCrit, que não coincide uma com a outra, sendo a PCrit do sistema muscular < PCrit do sistema respiratório < PCrit do sistema cardíaco. Assim, provavelmente a musculatura em um determinado exercício acima da sua PCrit limitará o exercício, mesmo não atingindo a ventilação máxima, VO_{2max} ou FC máxima durante o exercício. Uma confirmação deste pressuposto, seria a não utilização do volume corrente máximo em um exercício máximo, e a impossibilidade de mensuração da PCrit cardíaca *in vivo* ou *in vitro*, pois o músculo cardíaco não possui um limiar anaeróbio, em situações fisiológicas normais, devido a alta densidade capilar e mitocondrial deste órgão (Walsh, 2000).

Isso pode explicar o porquê alguns voluntários, no presente estudo atingiram a PSE 20, e interromperam o teste por exaustão sem atingir FC máxima ou o VO_2 máximo durante as séries preditivas a 18%, 20%, e 22% para cálculo da ICrit. Provavelmente devido ao padrão motor da caminhada, houve uma fadiga localizada muscular, levando o indivíduo a interromper o teste antes de atingir valores máximos ou pico. Isso foi observado devido aos constantes relatos dos voluntários de limitação do prolongamento do exercício devido a dores e fadiga nos músculos anteriores da perna (tibial anterior), músculos posteriores da perna (sóleos e gastrocnêmios) e na musculatura lombar (quadrado lombar, e grande dorsal).

Durante a intensidade relativa ao MEEL há um estado estável do VO_2 , VCO_2 e RER entre o 10° e 30° minutos do teste (RIBEIRO *et al.*, 1986; BARON *et al.*, 2003), sendo compatível também com uma estabilidade na SaO_2 mantendo uma associação ótima da [Hb] com o O_2 , permitindo um eficiente transporte do mesmo até o músculo (BARON *et al.*, 2003). Exercícios realizados acima do LAn proporcionam um aumento significativo da [lac] e da concentração de piruvato [pir], sem alterar a relação [lac]/[pir]. Já em intensidades abaixo do LAn, essa relação não aumenta, devido à

estabilização do estado redox celular (Robergs, 2001). No estudo de Baron *et al.* (2003) a relação [lac]/[pir] permaneceu estável entre o 10° e 30° minutos do teste retangular na intensidade do MEEL, demonstrando que nesta intensidade há um estado estável do estado redox.

Porém, alguns autores demonstraram que o MEEL sangüíneo não corresponde a um verdadeiro estado estável fisiológico. Isso porque apesar de exercícios realizados na intensidade correspondente ao MEEL apresentarem um estado estável da [Lac], [Lac]/[Pir], PaO₂, [HCO₃⁻], BE, VO₂, VCO₂, RER, VE, VE/VO₂, VE/VCO₂, e PAS, essa intensidade não apresenta estado estável de [NH₄], pH, PaCO₂, [E], [NE] e FC, entre o 10° e 30° minutos do teste retangular de 30 min (BARON *et al.*, 2003). Ogino *et al.* (2000) e Baron *et al.* (2003) demonstraram que não ocorre estado estável da [NH₄], mesmo em intensidades abaixo da intensidade onde a [Lac] está em estado estável.

Mesmo com um estado estável na [H⁺], na intensidade do MEEL o pH diminui em comparação com valores pré-teste, correspondendo a uma moderada acidose no final dos 30 minutos de exercício. Assim o MEEL não corresponde a um completo estado estável do balanço ácido-básico, mesmo essa acidose não sendo severa (BARON *et al.*, 2003).

Nossos resultados corroboram esses achados de Baron *et al.* (2003), pois na intensidade referente ao MEEL houve um estado estável do VO₂, VCO₂, RER e glicemia, como demonstrado nas figuras 18 e 19, onde não houve diferença significativa entre os valores referentes ao 10° minuto, em comparação com os valores referentes ao 30° minuto. Em contrapartida, os valores de VE apresentaram diferença significativa entre o 10° e o 30° minutos, achados esses diferentes dos de Baron *et al.* (2003).

A PSE apresentou diferença significativa entre o 10° e o 30° minuto (figura 20), o que poderia ser explicado por uma depleção de glicogênio, aumento da temperatura

central e corporal no final do teste de 30 minutos e ativação de quimios e mecanorreceptores no sistema cardio-respiratório e muscular produzindo um aumento na sensação de esforço central e periférica (CAFARELLI, 1982). A [Lac] também apresentou diferença estatística entre o 10° e o 30° minutos, porém foi adotado o método proposto por Beneke e Von Duvillard (1996), que é o mais utilizado em estudos para identificação do MEEL, de uma variação máxima tolerável de 1mM, nos 20 minutos finais do teste retangular de 30 minutos.

Em nosso estudo a FC não se estabilizou na intensidade correspondente ao MEEL tendo uma variação média de 12 bpm corroborando os achados de Baron *et al.*, (2003), que encontraram um Δ de 11,9 bpm no seu estudo entre o 10° e 30° min de exercício. Isso pode ser devido a um ajuste cardiovascular (*cardiovascular drift*) que ocorre durante esse tipo de exercício, onde para manter o mesmo débito cardíaco, há um aumento da FC uma vez que o volume sistólico é diminuído (ACHTE e JEUKENDUP, 2003; BARON *et al.*, 2003).

Esse fenômeno pode ser devido a um aumento da temperatura corporal (ACHTE e JEUKENDUP, 2003), e/ou a um aumento da atividade do sistema nervoso simpático (COYLE e GONZALEZ-ALONSO, 2001). Os resultados do estudo de Baron *et al.* (2003) demonstraram que concomitantemente ao aumento da FC, a concentração de noradrenalina plasmática aumentou, podendo ser esse o fator principal da não estabilização da FC na intensidade do MEEL. Além disso, esses autores demonstraram haver uma estabilização na pressão arterial sistólica, que reflete o débito cardíaco, durante a intensidade correspondente ao MEEL, mostrando mais uma vez que houve um ajuste cardiovascular com conseqüente aumento de FC e possível redução do volume sistólico para manter o débito cardíaco.

Essas respostas fisiológicas em intensidades de exercícios correspondentes ao MEEL e acima destas foram observadas em nosso estudo, mesmo utilizando como padrão de movimento a caminhada, demonstrando que esse tipo de exercício pode ser utilizado para avaliação da ApAer e relacionar intensidades de exercício a partir das respostas da [Lac], VO_2 e FC, utilizando a caminhada e a inclinação da esteira como sobrecarga.

A relação entre domínios de intensidade de exercício, e as respostas fisiológicas que ocorrem decorrentes a essas diferentes intensidades, são importantes para a prescrição do exercício, para qualquer população, independente do padrão de movimento. Nosso estudo demonstrou que mesmo na caminhada, é possível fazer a avaliação da ApAer e utilização desses resultados para a prescrição de exercício, baseada em parâmetros fisiológicos como [Lac], VO_2 e FC, e no tempo de tolerância ao exercício.

8.0) CONCLUSÕES:

- De acordo com os resultados deste estudo, é possível avaliar os parâmetros da aptidão aeróbia em testes utilizando como gesto motor a caminhada e sobrecarga de intensidade com inclinação da esteira.
- O modelo da potência crítica, quando estimado corretamente, parece representar uma intensidade onde acima desta ocorre uma utilização das reservas da capacidade anaeróbia, e abaixo desta representaria uma intensidade sustentada pela ressíntese de ATP com grande contribuição do metabolismo aeróbio, e conseqüentemente apenas poderia ocorrer uma reposição dessa capacidade anaeróbia em exercícios com intensidades inferiores ao da potência crítica.
- A assíntota da relação hiperbólica potência-tempo, e o máximo estado estável de lactato sangüíneo parecem representar fenômenos semelhantes e dentro de uma zona de intensidade correspondente ao limite entre os domínios de intensidades intenso e severo de exercício, o qual representa uma máxima intensidade de exercício sustentável por um período longo de tempo com estado estável de VO_2 e lactato sangüíneo.

9.0) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring: applications and limitations. **Sports medicine**, v.33, n.7, p. 517-538, 2003
- ACSM. **Manual do ACSM para testes de esforço e prescrição de exercício**. ed. Revinter, 5ª. Edição, Rio de Janeiro, 2000.
- ASTRAND, P. O. Human physical fitness with special reference to sex and age. **Physiology Review**, v.36, p.307-336, 1956.
- BARON, B.; DEKERLE, J.; ROBIN, S.; NEVIERE, R.; DUPONT, L.; MATRAN, R.; VANVELCENAHAR, J.; ROBIN, H.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. **Int J Sports Med**, v.24, p.582-587, 2003.
- BENEKE, R. & VON DUVILLARD, S.P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.28, p.21-246, 1996.
- BENEKE, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modeling approaches. **Eur J. Appl Physiol**. v.88, p.361-369, 2003.
- BENJAMIM CUMMINGS & ADAM.COM. **Interactive physiology 7-system suite**. Web version – cd-rom. Copyright, 2000.
- BILLAT, V. L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long distance running. **Sports Medicine**. v.22, n.3, p.157-75, 1996.
- BILLAT, V.L.; MOUISEL, E.; ROBLOT, N.; MELKI, J. Inter- and intrain variation in mouse critical running speed. **J Appl Physiol**. v.98, n.4, p.1258-63, 2005.

- BILLAT, V.L.; Sirvent, P.; Py, G.; Koralsztein, J.P.; Mercier, J. Maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Medicine**, v.33, n.6, p.407-426, 2003.
- BISHOP, D., JENKINS, D. G. The critical power function is dependent on the duration of predictive exercise test. **Int J Sports Med**, v.19, p.125-129, 1998.
- BISHOP, D.; JENKINS, D. G. The influence of recovery duration between periods of exercise on the critical power function. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.72, n.1-2, p.115-20, 1995.
- BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v.1, p.307-10, 1986.
- BLONDEL, N.; BERTHOIN, S.; BILLAT, V.; LENSEL, G. Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of $v\text{VO}_{2\text{máx}}$ and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. **Int J Sports Med**. v.22, n.1, p.27-33, 2001.
- BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, v.14, p.377-381, 1982.
- BORGES, MARIA LUIZA RIBEIRO. **A relação da potencia crítica e a frequência cardíaca em exercícios contínuos, com cargas progressivas e regressivas.** (Unesp- Rio Claro,2002) Trabalho de Conclusão de Curso.
- BOSQUET, L., LÈGER, L., LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Medicine**, v.32, n.11, p.675-700, 2002.
- BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C.A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p.146-151, 2002.

- BULL, A.J.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; PERRY, S.R. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v.32, n.2, p.526-530, 2000.
- CAFARELLI, E. Peripheral contributions to the perception of effort. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, p.382-9, 1982.
- CAPODAGLIO, E. M.; SAIBENE, F. A test to assess the mechanical power sustainable during everyday activities in older people. **Age and Ageing**; n.32, p. 31–36, 2003.
- CARTER, H.; PRINGLE, J.S.M.; JONES, J.H.D. Oxygen uptake kinetics during treadmill running across exercise intensity domains. **Eur J Appl Physiol**, v.86, p.347-354, 2002.
- CARTER, R., HOLIDAY, D., STOCKS, J., GROTHUES, C., & TIEP, B. Predicting oxygen uptake for men and women with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 84, p. 1158-1164, 2003.
- CLINGELEFFER A, MC NAUGHTON L, DAVOREN B. Critical power may be determined from two tests in elite kayakers. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.68, n.1, p.36-40, 1994.
- COAST, E.M.; ROSSITER, H.B.; DAY, J.R.; MIURA, A.; FUKUBA, Y.; WHIPP, B.J. Intensity-dependent tolerance to exercise after attaining VO_{2max} in humans. **J Appl Physiol**, v.95, p.483-490, 2003.
- CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P. G.; DROGHETTI, P.; CODEGA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test for runners. **J Appl Physiol**, v.52, n.4, p.869-873, 1982.

- COYLE EF, GONZALEZ-ALONSO J. Cardiovascular drift during prolonged exercise: new perspectives. **Exerc Sport Sci Rev**. v. 29, p.88-92, 2001.
- DEKERLE J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHHER, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v.89, p.281-288, 2003.
- DENADAI, B.S. **Índices fisiológicos da avaliação aeróbica: conceitos e aplicações**. Ribeirão preto: isbn:85-900772-1-7. B.s.d.,1999.
- DI PRAMPERO PE. The concept of critical velocity: a brief analysis. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.80, n.2, p.162-4, 1999.
- ENG, J. J, CHU, K. S., DAWSON, A. S., KIM, C. M. & HEPBURN, K. E. Functional walk test in individual with stroke. **Stroke**, v. 33, p 756-761, 2002.
- FARREL, P.A.; WILMORE, J.H.; COYLE, E.F.; BILLING, J.E.; COSTILL, D.L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v. 11, n.4, p.338-344, 1979.
- FUKUBA, Y.; MIURA, A.; ENDO, M.; KAN, A.; YANAGAWA, K.; WHIPP, B.J. The curvatura constant parameter of the power-duration curve for varied-power exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v.35, n. 8 p. 1413-1418, 2003.
- FUKUBA, Y.; WHIPP, B.J. A metabolic limit on the ability to make up for lost time in endurance events. **J Appl Physiol**, v.87, p. 853-861, 1999.
- GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exerc Sport Sci Rev**, v.24, p.35-71,1996.
- GAESSER, G.A.; CARNEVALE, T.J.; GARFINKEL, A.; WALTER, D.O.; WOMACK, C.J. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. **Med Sci Sports Exerc**, v.27, n.10, out, p.1430-8, 1995.

- GUBIN, S.S.; JUDGE, R.D. Graded exercise testing. **Am Fam Physician**, v.35, n.4, abr, p.123-9, 1987.
- HECK, H. MADER A, HESS G, MUCKE S, MULLER R, HOLLMANN W. Justification of 4 mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med**, v.6, p.117-30,1985.
- HILL, A. V. **Muscular Movement in Man**. New York: MacGraw-Hill, 1927.
- HILL, D. W. The critical power concept. **Sports medicine**, v.6, p.237-254, 1993.
- HILL, D. W.; POOLE, D. C.; SMITH, J. C. The relationship between power and the time to achieve VO_{2max} . **Medicine Science in Sports and Exercise**. v.34, p.709-714, 2002.
- HILL, D. W.; SMITH, J. C.; A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity, **Ergonomics**, v.36, n. 12, p. 1495-1500, 1993.
- HILL, D.W.; SMITH, J.C. Determination of critical power by pulmonary gas exchange. **Can J Appl Physiol**, v.24, n.1, fev, p.74-86, 1999.
- HILL. D.W.; FERGUSON, C.S. A physiological description of critical velocity. **Eur J Appl Physiol**, v.79, p.290-293, 1999.
- HOLLMAN, W. Historical on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. **Int J Sports Med**, v.6, n.3, p.109-116, 1985.
- HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. **Res Q Exerc Sport**. v.61, n.4, p.406-9, 1990.
- HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. A. The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry. **Ergonomics**, v.32, n.8, ago, p.997-1004, 1989.

- HOUSH, T.J.; CRAMER, J.T.; BULL, A.J.; JOHNSON, G.O.; HOUSH, D.J. The effect of mathematical modeling on critical velocity. **Eur J Appl Physiol**, v.84, p. 469-475, 2001.
- HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; MCDOWELL, S.L.; HOUSH, D.J.; PEPPER, M.L. The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. **J Sports Med Phys Fitness**, v.32, p.117-22, 1992.
- HUGHSON, R. L.; OROK, C. J.; STAUDT, L. E. A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. **Int J sports med**. v.5, n.1, p.23-5, 1984.
- HULENS, M., VANSANT, G., CLAESSENS, A. L., LYSSENS, R., Muls, E. Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v.13, p. 98-105, 2003.
- IRRIBERRI, M.; GALDIZ, J.B.; GOROSTIZA, A.; ANSOLA, P. & JACA, C. Comparison of distances covered during 3 and 6 min walking test. **Respir. Med**, v.96, n.10, p.812-816, 2002.
- JACOBS, I. Blood lactate. Implications for training and sports performance. **Sports Medicine**. v.3, p.10-25, 1986.
- JENKINS DG, QUIGLEY BM. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. v.61, n.3-4, p.278-83. 1990.
- JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. **Ergonomics**. v.34, n.1, p.13-22, 1991.
- JONES, A. M., WHIPP, B. J. Bionergetic constraints on tactical decision making in middle distance running. **Br J Med**. 36, p.102-104, 2002.

- KERVIO, G., CARRE, F.& VILLE,N. Reliability and intensity of the six-minute walk test in health elderly subjects. **Med. Sci. Sports Exerc**, v. 35, n. 1, p. 169-174, 2003.
- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. v.42, n.1, p.25-34, 1979.
- KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Revista Paulista de Educação Física**, v.10, n.1, p.5-20, 1996.
- KOPPO, K., JONES, A. M.; BOSSC, L.V.; BOUCKAERT J. Effect of prior exercise on V02 slow component is not related to muscle temperature. **Med. Sci. Sports Exerc**. 34:1600-1604, 2002.
- MAcINTOSH, B. R.; ESAÚ, S.; SVEDAHL, K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. **Can j appl physiol**. v. 27, n.3, p.232-49, 2002.
- MADER, A. et al. Zur beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit. **Sportarzt Sportmed**, v.27, p.80-8, 1976.
- MANCHADO,F MANCHADO, F. B.: **Validação de procedimento submáximo para a determinação dos parâmetros do modelo de potencia crítica**. Dissertação de mestrado: UNESP/Rio Claro, 2004.
- MARAGON, L. et al. Utilização do modelo hiperbólico para a determinação da carga crítica em ratos submetidos à natação. **Motriz**, v.9, n.1, s42, 2003.
- MARTIN, L.; WHYTE, G. P. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. **Int J Sports Med**. v.21, n.5, p.366-8, 2000.

- MAZZEO,R.S., MARSHALL.P. Influence of plasma catecholamine on the lactate thrshold during graded exercise. **J Appl Physiol.** v.67, p.1319-1322, 1989.
- McARDLE, W. D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano.** Rio de janeiro: 4 ed. Guanabara koogan, 695 p. 1996.
- McLELLAN, T. M.; CHEUNG, K. S. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Med Sci Sports Exerc.** v.24, n.5, p.543-50, 1992.
- MEDBØ, J.I.; MOHN, A.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O.M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **Journal of Applied Physiology,** v.67, p.1881-6, 1988.
- MIURA, A.; ENDO, M.; SATO, H.; SATO, H.; BARSTOW, T.J.; FUKUBA, Y. Relationship between the curvature constant parameter of the power-duration curve and muscle cross-sectional área of the thigh for cycle ergometry in humans. **Eur J Appl Physiol,** v.87, n.3, p.238-44, 2002.
- MIURA, A.; SATO, H.; SATO, H.; WHIPP, B.J.; FUKUBA, Y. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry, **Ergonomics,** v.46, p.133-41, 2000.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics.** v.8, p. 329-338, 1965.
- MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H.A.; MURO, M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold, **Ergonomics,** v.24, p.339-350, 1981.
- MORTON, R. H. A 3-parameter critical power model. **Ergonomics.** v.39, n.4, p.611-9, 1996.

- MORTON, R.H.; BILLAT, V. Maximal endurance time at VO_{2max} . **Med. Sci. Sports Exerc**, v.32, n.8, p.1496-1504, 2000.
- MORTON, R.H.; HODGSON, D.J. The relationship between power output and endurance: a brief review. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.73, n.6, p.491-502, 1996
- NAKAMURA, F.Y. **Predições do modelo de potência crítica quanto à ocorrência da exaustão em exercício intermitente**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista – Rio Claro, Instituto de Biociências, 2001.
- NAKAMURA, F.Y. **Validade e significado fisiológico dos parâmetros do modelo de potência crítica**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista –Rio Claro, Instituto de Biociências, 2005.
- OGINO K, KINUGAWA T, OSAKI S, KATO M, ENDOH A, FURUSE Y, UCHIDA K, SHIMOYAMA M, IGAWA O, HISATOME I, SHIGEMASA C. Ammonia response to a constant exercise differences to the lactate response. **Clin Exp Pharmacol Physiol**, v.27, p.612-617, 2000.
- OVEREND, T.J.; CUNNINGHAM, D.A.; PATERSON, D.H.; SMITH, W.D. Physiological response of young and elderly men to prolonged exercise at critical power. **Eur j Appl Physiol Occup Physiol**, v.64, n.2, p.187-93, 1992.
- PEPPER, M. L.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O. The accuracy of the critical velocity test for predicting time to exhaustion during treadmill running. **Int J Sports Med**, v.13, n.2, p.121-4, 1992.
- POOLE, D. C; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. v.59, n.6, p.421-9, 1990.

- POOLE, DC. WARD, SA, GARDNER, GW, WHIPP, B. J. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v.31, p.1265-79, 1988.
- PRINGLE, J. S.; JONES, A. M. Maximal lactate steady state, critical power and emg during cycling. **Eur J Appl Physiol**. v.88, n.3, p.214-26, 2002.
- Ribeiro, J.P.; Hughes, V.; Fielding, R.A.; Holden, W.; Evans, W.; Knuttgen, H.G. Metabolic and ventilatory response to steady state exercise relative to lactate thresholds. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.55, n.2, p.215-21, 1986.
- RICKLI, R.E. & JONES, C.J. The reliability and validity of a 6-Minute Walk Test as a measure of physical endurance in older adults. **J Aging Phys, Activ**, v. 6, p. 363-375, 1998.
- SIMÕES, H. G.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA, V.; CAMPBELL, C. S. G. Relationships and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3000m track test for running. **J Sports Med Phys Fitness**, v.45, n.4, dec., p.441-51, 2005.
- SIMÕES, H.G. **Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaerobio em testes de pista para corredores**. Dissertação de mestrado, ufscar: são carlos, 1997.
- SIMÕES,H.G.; GRUBERT CAMPBELL,C.S.; KOKUBUN,E.; DENADAI B.S.; BALDISSERA,V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **EurJ Appl Physiol**. v.80, n.1, p.34-40, 1999.
- SJÖDIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood accumulation and marathon running performance. **Int J Sports Med**. v.2, p.23-6, 1981.

- SKINNER, J.S.; McLELLAN, T.h. The transition from aerobic anaerobic metabolism. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.51, n.1, p.234-248, 1980.
- SMITH, C. G.; JONES, A. M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **Eur j appl physiol.** v.85, n.1-2, p.19-26, 2001.
- SMITH, J. C.; HILL, D. W. Stability of parameter estimates derived from the power/time relationship. **Can j appl physiol.** v.18, n.1, p.43-7, 1993.
- SPURR, G. B.; PRENTICE, A. M.; MURGATRYD, P. R.; GOLDBERG, G. R.; REINA, J. C.; CHRISTMAN, N. T. Energy expenditure from minute-by-minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry. **Am J Clin Nutr.** v. 24, p.552-9, 1988.
- STEGMANN,H.; KINDERMANN,W.; SCHNABEL,A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **Int J Sports Med.** v.2, p.160-165,1981.
- TEGTBUR, U.; MACHOLD, H.; MEYER, H.; STORP, D.; BUSSE, M. W. Bestimmung des bereichs intensiver dauerleistungsfähigkeit bei patienten mit koronarer herzkrankheit. **Z. Kardiol.** V.90, p.637-645, 2001.
- TEGTBUR,U.; BUSSE,M.W. and BRAUMANN,K.M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Med Sci Sports Exercise.** v.25, p.620-627, 1993.
- VANDEWALLE H, VAUTIER JF, KACHOURI M, LECHEVALIER JM, MONOD H. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept. A critical review. **J Sports Med Phys Fitness.** v.37, n.2, p.89-102, 1997.
- VAUTIER, J.F.; VANDEWALLE, H.; ARABI, H.; MONOD, H. Critical power as an endurance index. **Applied Ergonomics**, v.26, n.2, p.117-121, 1995.

- WAKAYOSHI K, YOSHIDA T, UDO M, HARADA T, MORITANI T, MUTOH Y, MIYASHITA M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **Eur j appl physiol occup physiol**. v.66, n.1, p.90-5, 1993.
- WALSH, M. L. Whole body fatigue and critical power: a physiological interpretation. **Sports Medicine**. v.29, n.3, mar., p.153-166, 2000.
- WASSERMAN, K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. **Am Ver Respir Dis**. v.129 (suppl.), p.s35-s40. 1984.
- WASSERMAN, K., KESSEL., A. L., BURTON, G. G., interaction of physiological mechanism during exercise. **American journal of cardiology**, v.14, p.22-71, 1967.
- WASSERMAN, K., MCLLORY, M. B. Detecting the threshold of metabolism in cardiac patients during exercise. **Americam journal of cardiology**, v.14, p.844-852, 1964.
- WASSERMAN, K., WHIPP, B. J., KOYL, S. N., BEAVER, W. L., anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 5, p.236-45, 1973.
- WHIPP, B. J. Dynamics of pulmonary gas exchange. **Circulation**. v.76, n.6 pt 2 p.18-28,1987.
- WHIPP, BJ. WARD, SA. LAMARRA, N. DAVIS, J. E.; WASSERMAN, K. Parameters of ventilatory and gas exchange dynamics during exercise. **Journal of Applied Physiology**. v.52, p.1506-13, 1982.
- WHIPP, B J. WARD. S A. Physiological determinants of pulmonary gas exchange kinetics during exercise. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.22, p.62-71, 1990.

- WILMORE, J. H.; COSTIL, D. L. **Physiology of Sports and Exercise**. Human kinetics. Champaign: il, usa, 1994.
- YANO, T.; YUNOKI, T.; HORIUCHI, M. Kinetics of oxygen during decremental ramp exercise. **J Sports Med Phys Fitness**, v.40, n.1, mar, p.11-16, 2000.
- YANO, T.; YUNOKI, T.; MATSUURA, R.; ARIMITSU, T.; KIMURA, T. Effects of rate of decrease in power output in decrement-load exercise on oxygen uptake. **Physiol Res**, v.6, nov, 2006.
- YANO, T.; YUNOKI, T.; MATSUURA, R.; OGATA, H. Effect of exercise intensity on the slow component of oxygen uptake in decremental work load exercise. **J Physiol Pharmacology**, v.55, n.2, p.315-324, 2004.
- ZAGATO, A. M.; CARVALHO, R. L. P.; GOBATTO, C. A. Determinação do protocolo de frequência crítica de disparo de bolas de tênis em protocolo específico. **Motriz**, v.9, n.1, s50, 2003.

10.0) ANEXOS**10.1) Anexos I - Questionário – Anamnese**

Nome: _____

Data de Nasc: ____/____/____

Idade: _____

Endereço: _____

Bairro: _____

Cidade: _____

Cep: _____

Telefone para contato: _____

Por favor, responda as perguntas a seguir:

1- Você faz exercícios freqüentemente? () Sim () Não

Há quanto tempo (anos) você pratica atividades físicas? _____

2- Com que freqüência semanal você pratica exercícios?

() 1 ou 2 vezes () 2 ou 3 vezes () 3 ou 4 vezes () 4 ou mais vezes

3- Marque o tipo de exercício que você geralmente faz (marque mais de uma se necessário).

() corrida () bicicleta () basquete () natação

() futebol () ginástica () caminhada

() outros (especifique): _____

4- Quanto tempo (horas/ minutos) você gasta com suas sessões de atividade física por dia?

Mínimo: _____ Máximo: _____

5- Você faz exercícios com assistência ou orientação de algum profissional?

() Sim () Não

6- Você tem alguma restrição que possa impedir a realização de algum tipo de exercício?

() Sim () Não

Se a resposta for sim, por favor, escreva mais detalhes sobre essa restrição:

7- Escreva a hora que você geralmente dorme e acorda diariamente:

Hora que dorme: _____ Hora que acorda: _____

8- Qual é a hora usual que você faz as refeições?

Café da manhã: _____

Almoço: _____

Lanche da tarde: _____

Jantar: _____

9- Você dorme depois do almoço? () Sim () Não

Quantas vezes por semana? _____

Quanto tempo? _____

10 – Indique com um X se alguma dessas questões se aplica a você.

() Tem hipertensão

() Tem pessoas na família com histórias de problemas cardíacos

() Tem alguma doença cardíaca

() Tem diabetes – Tipo I () ou Tipo II ()

() Tem algum problema ortopédico

() Fuma cigarro ou outro produto que contém tabaco

() Tem asma ou outros problemas respiratórios

() Apresentou recentemente algum mal estar ou distúrbios gastrointestinais

() Apresenta alguma disfunção renal

() Apresenta algum outro problema de saúde não listado aqui. Qual?

11- Se você faz uso de algum medicamento, liste o que está sendo usado por você diariamente.

12- Eu certifico que as respostas dadas por mim para responder esse questionário são todas verdadeiras, precisas e completas.

Nome: _____

Data: _____ de _____ de _____

Assinatura: _____

10.2) Anexo II - Antropometria

- Avaliador: _____

- Voluntário: _____

- Peso: _____ Altura: _____ IMC: _____ Sexo: _____ Idade:

| Dobras | Medida 1 | Medida 2 | Medida 3 | Média |
|--------------|----------|----------|----------|-------|
| Tríceps | | | | |
| Bíceps | | | | |
| Subescapular | | | | |
| Supra ilíaca | | | | |
| Abdominal | | | | |
| Peitoral | | | | |
| Coxa | | | | |
| Panturrilha | | | | |
| Axilar média | | | | |
| Σ das DC | | | | |

DIÂMETRO (mm)

| | |
|---------|--|
| MALEOLO | |
| JOELHO | |

PERÍMETRO (cm)

| | |
|-------------|--|
| OMBRO | |
| TÓRAX | |
| CINTURA | |
| ABDOMINAL | |
| QUADRIL | |
| BRAÇO | |
| COXA | |
| PANTURRILHA | |

Porcentagem de Gordura: _____

Massa de Gordura (kg): _____

Massa Magra (kg): _____

Classificação de IMC (kg/m^2): _____

Risco relacionado a circunferência da Cintura: _____

10.3) Anexo III - Recomendações para os dias das sessões experimentais

No dia anterior aos testes você não deve realizar exercício físico extenuante.

No dia do teste:

- Estar em jejum de 3 horas da última refeição.
- Estar em abstinência de cafeína nas últimas 24 horas precedentes de cada teste.
- Estar em abstinência de bebidas alcoólicas nas últimas 24 horas precedentes de cada teste.
- Não fazer uso de medicamentos.
- Não realizar exercício físico extenuante nas últimas 24 horas precedentes de cada teste.
- Vir com roupas adequadas para a realização do teste (bermuda ou short; top ou soutien bem firme; camiseta confortável; tênis esportivo).
- A duração das sessões dos testes será de no mínimo 20 e máximo 40 minutos, aproximadamente.

10.4) Anexo IV – Termo de Consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, livremente e voluntariamente, aceito ser participante do projeto de pesquisa intitulado: “Relação entre parâmetros fisiológicos com os pontos de recuperação da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio em um teste progressivo regressivo de caminhada”, sendo o principal pesquisador Guilherme Morais Puga, aluno regular do Curso de Mestrado em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (UCB). O andamento do estudo estará sendo supervisionado pela professora Dra. Carmen Silvia Grubert Campbell e pelo professor Dr. Herbert Gustavo Simões.

O objetivo deste estudo será relacionar o ponto de recuperação da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio em um teste progressivo-regressivo de caminhada com parâmetros fisiológicos de avaliação da aptidão aeróbia, bem como comparar as inclinações correspondentes a diversos parâmetros fisiológicos de avaliação da aptidão aeróbia, como Limiar Ventilatório, lactato mínimo, Limiar Glicêmico, máxima estado estável de lactato, Limiar de Conconi de deflexão da frequência cardíaca, com modelos matemáticos de determinação da Inclinação Crítica e ponto de recuperação da frequência cardíaca, consumo de oxigênio, ventilação pulmonar e percepção subjetiva de esforço.

Estou ciente que para ser voluntário e participar do estudo, terei que conhecer e seguir os seguintes critérios:

1. Ter idade entre 20– 30 anos;
2. Não ser sedentário;
3. Não participar qualquer tipo de programa de treinamento;
4. Todas as informações do histórico de saúde serão respondidas honestamente, para assegurar minha integridade física e para melhor resultado do estudo, e caso algum item do histórico de saúde for assinalado eu estarei impedido de participar do estudo.
5. Estou ciente que participarei dos seguintes testes:

Quatro a seis testes de forma randomizada que serão realizados no Laboratório de Estudos em Educação Física e Saúde (LEEFS) da Universidade Católica de Brasília - UCB em Taguatinga – DF, precedido de aquecimento e alongamento (membros

superiores/inferiores), os testes serão realizados em um período de 2 a 3 semanas com intervalo de no mínimo 2 dias entre os testes:

- *Teste para identificação do Lactato Mínimo e Glicose Mínima de 3 coletas* – Consiste em uma série de exercício a uma inclinação e velocidade fixa até a exaustão voluntária do indivíduo, seguida de 8 minutos de recuperação e logo em seguida um teste incremental de 3 séries submáximo com velocidade constante e incrementos de inclinação de 1% a cada 3 minutos.
- *Teste para identificação do Lactato Mínimo e Glicose Mínima de 6 coletas* - Consiste em um teste com velocidade constante de caminhada com uma série de exercício a uma inclinação fixa até a exaustão voluntária do indivíduo, seguida de 8 minutos de recuperação e logo em seguida um teste incremental de 3 séries submáximo com velocidade constante e incrementos de inclinação de 1% a cada 3 minutos.
- *Teste progressivo-regressivo* – Consiste em um teste submáximo de caminhada com velocidade constante e incremento de 1% de inclinação na esteira a cada minuto até atingir uma inclinação pico correspondente a 16 da Percepção Subjetiva de Esforço, seguida de decrementos da 1% de inclinação na esteira a cada minuto até atingir a inclinação inicial do teste.
- *Teste de Máxima fase estável de lactato* – Consiste em testes de 30 minutos com inclinação e velocidades fixas na esteira para identificar a máxima fase estável de lactato.

Estou ciente que todos os testes serão acompanhados por um médico cardiologista do próprio laboratório onde serão feitos todos os testes

Estou ciente de que durante os testes, será feita uma punção no lobo da minha orelha para coleta de amostras de 25µl sangue (mais ou menos 1 gota), pelo próprio pesquisador que possui experiência de no mínimo 1000 coletas feitas, de 6 a 8 vezes por teste, para avaliar a resposta do lactato sanguíneo, sendo observado os procedimentos mínimos de higiene e assepsia (luvas, materiais de coleta e punção descartáveis). Assim como usarei uma máscara interligada a um analisador de gases durante todos os testes.

Estou ciente de que existe a possibilidade de alguns desconfortos e riscos esperados da minha participação nesse estudo, como segue:

- Embora o protocolo de exercícios desse estudo não apresente risco significativo à saúde dos indivíduos, já que os procedimentos de coleta de sangue são

relativamente inócuos, existe a possibilidade de desconfortos associados à introdução de uma lanceta no lóbulo da orelha, que pode provocar uma vermelhidão e ser incomodo no local;

- Os riscos associados à picada no lóbulo da orelha são mínimos. A coleta será feita pelo investigador principal do estudo, o qual teve o treinamento adequado para fazê-las da melhor maneira possível. A superfície da pele será limpa com algodão e álcool antes da coleta da amostra e serão usadas luvas, lancetas e tubos capilares descartáveis.
- Devido a alguns testes serem máximos, alguns sintomas como náuseas, dores de cabeça, ardências musculares, aumento abrupto da frequência cardíaca e da frequência respiratória, aumento da temperatura corporal, poderão ocorrer durante os testes e poderão prolongar até alguns minutos após estes, sintomas esses esperados após esse tipo de esforço físico, e que estará acompanhado por um médico cardiologista durante todo o processo, caso seja necessária alguma intervenção.
- Outros possíveis riscos são possibilidade de isquemia (redução do suprimento de oxigênio ao coração), hiperglicemia durante os esforços intensos e hipoglicemia reativa após os testes, angina (dor no peito), lesões articulares e musculares, e em casos extremos e/ou raras situações, ataque cardíaco, com possível óbito decorrente.
- Caso ocorra qualquer sintoma de risco listado acima, os testes serão interrompidos imediatamente e o tratamento emergencial será feito pelo médico local que estará acompanhando e monitorando todos os procedimentos dos testes.

Estou ciente que devo fazer a refeição que antecede o teste no mínimo 3h antes, além de manter-me hidratado, e também não realizar esforço físico intenso e ingerir bebidas alcoólicas e cafeína 24h antes do esforço.

Estou ciente que todas as informações obtidas no estudo, serão confidenciais, onde somente o investigador terá acesso.

No improvável dano físico resultado de minha participação neste estudo, entendo que, o tratamento será viabilizado no local mais próximo e apropriado de assistência médica, porém, nenhum benefício especial será concedido, para compensação ou pagamento de um possível tratamento.

Eu entendo que poderei interromper minha participação sem que haja prejuízo, penalidade ou multas, e poderei parar a execução de um exercício em qualquer momento do teste.

Entendo que participar desse estudo trará informações importantes para mim, como meu limiar anaeróbio bem como o Eletro Cardiograma de repouso e exercício, desde que sejam realizados todos os testes. Esses dados serão de grande importância para um profissional da área, prescrever a intensidade adequada de treinamento ou exercício físico, podendo assim, melhorar meu rendimento e/ou qualidade de vida. Sei que os dados obtidos durante a pesquisa, serão publicados em veículos especializados sem que minha identidade seja revelada.

Este consentimento pode ser retirado a qualquer instante, sem preconceito, penalidade ou perda de benefícios. Tenho direito de perguntar e responder possíveis dúvidas referentes ao estudo, as quais serão esclarecidas com prazer e satisfação por todos os envolvidos. Entendo que posso contatar o pesquisador Guilherme Morais Puga, nos telefones: 3036 9147 e 99549082, para possíveis esclarecimentos referentes a este estudo, ou sobre minha participação.

Declaro que li e compreendi este termo de consentimento.

Assinatura do voluntário: _____

Assinatura do pesquisador: _____ Data: ___/___/___

Teste de Lactato e Glicose Mínima

- Avaliador: _____
- Voluntário: _____
- Data _____ Número _____ Hora _____
- Peso: _____ Altura: _____ IMC: _____ Sexo: _____ Idade: _____
- Data de Nascimento: _____
- Pressão Arterial em repouso: Sistólica _____ Diastólica _____
- Nível de Atividade Física: () Sedentário
() Fisicamente Ativo
() Treinado
- Frequência Cárdica Máxima: _____
- Temperatura: _____ Umidade: _____
- Obs: _____
- _____
- _____

Aquecimento

| | FC (bpm) | PSE | Lactato (mmol/L) | Glicemia (mg/dL) | Nº Ependorff |
|-----------------|-------------|-----|---------------------|---------------------|--------------|
| Pré-aquecimento | | | | | |
| Pós-aquecimento | | | | | |

Indução da Acidose

| Inclinação (%) | Tempo (min) | FC (bpm) | PSE | Lactato (mmol/L) | Glicemia (mg/dL) | Nº Ependorff |
|-------------------|-------------|-------------|-----|---------------------|---------------------|--------------|
| | | | | | | |

Teste Incremental

| Estágio | Tempo (min) | Inclinação (%) | FC (bpm) | PSE | Lactato (mmol/l) | Glicemia (mg/dl) | Nº Ependorff |
|---------|----------------|-------------------|-------------|-----|---------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 3 | | | | | | |
| 2 | 6 | | | | | | |
| 3 | 9 | | | | | | |
| 4 | 12 | | | | | | |
| 5 | 15 | | | | | | |
| 6 | 18 | | | | | | |
| 7 | 21 | | | | | | |
| 8 | 24 | | | | | | |

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)