

CAROLINA LOPES ZANATTA



**LIMAR DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E
RESPOSTA DO LACTATO SANGUÍNEO EM TESTE DE CARGA
CONSTANTE**

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do Curso de Bacharel em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

2006

CAROLINA LOPES ZANATTA

**LIMIAR DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E
RESPOSTA DO LACTATO SANGUÍNEO EM TESTE DE CARGA
CONSTANTE**

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do Curso de Bacharel em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

ORIENTADORA: KARIN AYUMI MATSUSHIGUE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao arquiteto da vida, DEUS, por me conceder inteligência e sabedoria.

À querida professora Doutora Karin Ayumi Matsushigue, pela oportunidade de realizar esse trabalho, pelos seus ensinamentos, orientação, dedicação, atenção e compreensão no decorrer desse estudo.

Às pessoas mais importantes da minha vida, papai e mamãe, pelo apoio em todos os momentos, pelo amor e o carinho destinado a mim sempre, e por me conduzirem no caminho do céu. Tudo o que sou hoje devo a vocês!

Às minhas irmãs, pelo companheirismo, pela influência positiva que possuem em minha vida e por serem parte do que considero o mais essencial.

Ao meu querido avô, pelo seu terno amor e por se um exemplo de motivação e inspiração para mim, AMO MUITO VOCÊ!

Às avós do coração pela presença tão inspiradora, pelo imensurável carinho e amor destinado a mim.

A todos meus grandes amigos, por estarem sempre comigo, por me aconselharem nos momentos necessários e por fazerem parte da minha vida.

A todos os colegas integrantes do grupo de pesquisa por me ajudarem nas coletas de dados.

Agradeço também a todos os voluntários pela disposição em participar dessa pesquisa. Muito obrigada!

E a Pontifícia Universidade Católica do Paraná por conceder toda a infra-estrutura necessária.

"A mente que se abre a uma nova idéia jamais
voltará ao seu tamanho original"

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Controle da frequência cardíaca.....	3
2.2 Resposta da frequência cardíaca durante exercício físico.....	4
2.3 Adaptação da frequência cardíaca ao treinamento.....	5
2.4 Análise da variabilidade da frequência cardíaca.....	6
2.5 Variabilidade da frequência cardíaca na área clínica.....	8
2.6 Variabilidade da frequência cardíaca em exercício.....	9
2.7 Comportamento do lactato sanguíneo em diferentes fases do exercício.....	10
3. METODOLOGIA	13
4. RESULTADOS	16
5. DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÕES	23
REFERENCIAS	24
ANEXO I	29
ANEXO II	37
ANEXO III	45
ANEXO IV	53

LISTA DE TABELA

- Tabela 1 - Carga máxima ($P_{m\acute{a}x}$), carga do (LVFC) (kp), carga relativa ao LVFC no Ac-LVFC e Ab-LVFC (% LVFC) e freqüência cardíaca na carga do LVFC (bpm).....16
- Tabela 2 - Média e desvio padrão das medidas de concentração sanguínea de lactato para cada teste de carga constante.....17

LISTA FIGURAS

- Figura 1 - Comportamento da VFC durante o teste progressivo e a identificação do LVFC para o sujeito x14
- Figura 2 - Curva média dos valores de SD1 de todos os 15 sujeitos obtidos no teste progressivo17
- Figura 3 - Concentração de lactato sanguíneo no decorrer dos testes de carga constante. Os valores estão representados em média e desvio padrão.....18
- Figura 4 - Média e desvio padrão do SD1 para os testes de carga constante.
*Diferença significativa com Ab-LVFC ($p < 0,05$).....19
- Figura 5 - Valores de SD1 de cada minuto para cada teste de carga constante.....19

RESUMO

Tem sido verificado que durante exercício progressivo a variabilidade da frequência cardíaca altera o seu padrão pela mudança na atividade parassimpática e simpática. Lima e Kiss (1999) observaram que a ocorrência do Limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LVFC) coincide com o limiar de lactato determinado em seu estudo.

O Objetivo foi verificar a concordância do LVFC com a resposta de estabilização do lactato sanguíneo em testes de carga constante em intensidades acima, abaixo e na intensidade do LVFC. Quinze sujeitos foram submetidos a um teste progressivo em cicloergômetro com incremento de potência de 0,25 kp por minuto até a exaustão voluntária para a determinação do LVFC, e a outros três testes de carga constante com duração de 15 minutos (CC), nas cargas de 0,5 kp acima (Ac-LVFC;), 0,5 kp abaixo (Ab-LVFC) e no limiar da VFC (L-LVFC). Amostras de sangue foram obtidas do lóbulo da orelha no 7º, 9º, 11º, 13º e 15º minutos de exercício nos testes CC e foram analisadas no lactímetro portátil Accutrend. Em todos os testes os sujeitos portaram o Polar S810 para o registro dos intervalos da variabilidade da frequência cardíaca (SD1). O LVFC foi definido como a primeira carga de trabalho que apresentou o SD1 inferior a 3 ms, segundo os critérios de Lima e Kiss (1999). Sobre os valores de lactato sanguíneo de cada sujeito foi ajustada uma função linear. Através dos coeficientes obtidos foi determinada a diferença entre os valores preditos de lactato no 7º e 15º minutos (Δ Lac). Para a comparação das variáveis entre as cargas foi realizado ANOVA para medidas repetidas, sendo assumido 5% como nível de significância. Os valores apresentados são médias (desvio padrão). A carga média correspondente ao LVFC foi de 1,57(0,55) kp. Os valores médios da concentração sanguínea de lactato para o 15º minuto de exercício nos testes Ac-LVFC, LVFC e Ab-LVFC foi de, respectivamente, 7,5(3,5), 4,4(2,3) e 2,4(1,0) mmol/l; já o Δ Lac foi de 2,5(2,1), 1,1(1,2) e 0,5(0,7) mmol/l. A quantidade de sujeitos que apresentaram o Δ Lac menor que 1 e, conseqüentemente a estabilização foi de, 33% para o teste Ac-LVFC, 69% para LVFC e de 93% para Ab-LVFC. Houve diferença significativa entre o Δ Lac no Ac-LVFC com o Δ Lac nas demais cargas, mas não se verificou diferença significativa entre o Δ Lac no L-LVFC e Ab-LVFC ($p=0,29$). Considerando as limitações do estudo, os resultados indicam concordância entre o LVFC e a estabilização da concentração sanguínea de lactato em carga constante para a maioria dos sujeitos, apontando que o LVFC pode estar de acordo com o Máximo Estado Estável do Lactato (MSSL). No entanto, é necessário verificar a precisão da medida através da análise em intervalos menores de carga e em cargas relativas de esforço.

Palavras-chaves: Limiar da variabilidade da Frequência cardíaca; lactato sanguíneo; exercícios constantes

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) representa as oscilações no sistema nervoso simpático e parassimpático que agem sobre o nódulo sinoatrial do coração. O estudo da VFC é utilizado na área clínica para analisar a regulação autonômica no coração de forma não invasiva. De acordo com Bigger et al. (1992), a baixa VFC está relacionada com doenças cardiovasculares, possivelmente pela diminuição do tônus parassimpático e aumento do tônus simpático, aumentando dessa forma a predisposição a arritmias e a morte súbita, justificando assim a menor VFC encontrada em indivíduos após infarto agudo do miocárdio quando comparados com indivíduos normais.

Ultimamente a VFC têm sido estudada em situações de exercícios físicos (Alonso, 1999, Lima e Kiss, 1999, Tulppo, 1996); alteração no seu padrão de resposta durante atividades físicas progressiva aponta relação com a transição metabólica aeróbia-anaeróbia, mais conhecida como limiar de lactato, que é determinado pela resposta da concentração sanguínea de lactato. A utilização do lactato sanguíneo para a avaliação da capacidade aeróbia e para a determinação da intensidade do esforço ou do treinamento consiste em um método invasivo e dispendioso. Alternativas indiretas têm sido propostas para determinar o limiar anaeróbio, através de outras variáveis menos invasivas, como por exemplo, dados ventilatório, de frequência cardíaca e, mais recentemente, de VFC (Lima e Kiss, 1999, Conconi, 1982).

Em exercícios progressivos, observa-se uma redução do desvio-padrão instantâneo (SD1), que representa a variabilidade dos intervalos R-R, determinada pela retirada vagal e pela maior estimulação simpática (Tulppo *et al.*, 1996). No início do exercício há uma diminuição do SD1 proporcional ao aumento da intensidade. Ao atingir valores de 3 ms o SD1 tende a se manter. De acordo com Lima e Kiss (1999), em protocolo de esforço progressivo, a primeira carga de trabalho que apresenta valores de SD1 inferiores a 3 ms corresponde ao Limiar da Variabilidade da frequência cardíaca (LVFC), sendo observado que o LVFC encontra-se em intensidade próxima ao limiar de lactato.

Em testes de carga constante, conduzidos até o Limiar da lactato (LL), observa-se que a concentração sanguínea de lactato permanece constante em valores superior ao valor de repouso, mas que em cargas acima do LL o lactato não se estabiliza, mantendo um aumento contínuo até a interrupção do esforço (Heck *et al*,1985). Dessa forma, se, de fato, o LVFC é uma referência do LL, é esperado que em cargas abaixo do LVFC e no LVFC a concentração de lactato se mantenha constante e próximo de 4 mmol/l, definido como o ponto fixo por Heck *et al* (1985), e que a VFC se mantenha com valores superiores a 3 ms ao longo do exercício. Em contra partida, em cargas superiores ao LVFC espera-se que a concentração de lactato aumente até o final do exercício e que a VFC tenha valores inferiores a 3 ms, indicando uma maior modulação simpática, e consequentemente um aumento da atividade glicolítica devido uma maior concentração de catecolaminas (Rang, 1997).

Dessa forma, o LVFC poderia representar um método não invasivo para a determinação da máxima fase estável do lactato ou do limiar de lactato, podendo ser aplicado em situações práticas para avaliação e controle da intensidade de atividades.

1.1 OBJETIVO GERAL

- O objetivo do presente estudo foi verificar a resposta do lactato sanguíneo em exercícios de carga constante acima, abaixo e no limiar da variabilidade da frequência cardíaca, como determinado pelo o método de Lima e Kiss (1999).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o Limiar da Variabilidade da frequência cardíaca.
- Comparar a resposta do lactato sanguíneo entre intensidades diferentes nos testes de carga constante.
- Comparar a resposta da variabilidade da frequência cardíaca entre intensidades diferentes nos testes de carga constante.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONTROLE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

O músculo cardíaco possui uma frequência cardíaca (FC) intrínseca provocada através de uma auto-condução dos sinais elétricos, permitindo, dessa forma, a contração sem a presença de uma estimulação neural. A atividade cardíaca sofre também um controle extrínseco, realizado através do sistema nervoso simpático, parassimpático e do sistema endócrino, que influenciam constantemente o cronotropismo cardíaco (Wilmore e Costill, 2001; Filho, 1998).

O sistema nervoso parassimpático atua no coração através da inervação do nervo vago sobre o nodo sinuatrial e o nodo atrioventricular. Quando ocorre uma estimulação do nervo vago para o coração, o hormônio acetilcolina é liberado pelas terminações nervosas vagais e aumenta a permeabilidade da membrana celular ao íon potássio, aumentando a negatividade no interior das fibras pela diminuição deste íon no meio intracelular e, conseqüentemente, reduzindo a frequência do ritmo sinuatrial. Em contrapartida, o sistema simpático representa o outro ramo do sistema nervoso autônomo que inerva todas as partes do coração e, quando estimulado libera o hormônio noraepinefrina pelas terminações nervosas simpáticas, elevando a permeabilidade das fibras aos íons de sódio e cálcio, aumentando a excitabilidade das fibras musculares e, portanto, a frequência cardíaca. A estimulação simpática sobre a glândula adrenal é também responsável por uma maior liberação de catecolaminas (Wilmore e Costill, 2001; Guyton e Hall, 1992), afetando também a atividade cardíaca.

Portanto, o aumento da frequência cardíaca pode ocorrer pela maior estimulação simpática, pela maior liberação hormonal, de catecolaminas, e pela menor atuação parassimpática sobre o coração.

2.2 RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE EXERCÍCIO FÍSICO

Durante o repouso, a frequência cardíaca é controlada predominantemente pelo sistema nervoso parassimpático, o qual faz com que aconteça uma bradicardia. Durante a transição do repouso para o exercício de intensidades moderadas, ocorre um aumento da frequência cardíaca, que segundo Araújo (1992), é provocada pela inibição vagal nos primeiros 4 segundos de exercícios, no qual não foi verificada nenhuma participação simpática expressiva. Maciel *et al.* (1986) relataram também que a taquicardia que ocorre nos primeiros 10-30 segundos de esforço inicial moderado é decorrente de um mecanismo predominantemente vagal. Portanto, de acordo com esses estudos a taquicardia nos momentos iniciais seria dependente da retirada vagal e nos momentos subseqüentes dependeria de uma maior predominância simpática.

Em atividade progressiva máxima a frequência cardíaca aumenta linear e proporcionalmente ao aumento da potência até a interrupção do esforço devido à exaustão. O aumento em altas intensidades é decorrente de um predomínio da participação do sistema nervoso simpático e endócrino, através da liberação de catecolaminas (Gallo Júnior *et al.*, 1989). Negrão *et al.* (1992) verificaram em ratos uma diminuição parassimpática com o aumento progressivo da intensidade do exercício. Essa diminuição foi justificada pelo aumento gradual da participação simpática em divergência a uma retirada vagal no decorrer da atividade.

Com relação ao pico de esforço, ao pico de esforço, Ekblom *et al.* (1973), demonstraram em seus estudos, através de bloqueios farmacológicos, não existir nenhuma participação vagal na regulação da frequência cardíaca na fase máxima do exercício. Embora, Almeida *et al.* (2005) não tenham observado uma completa ausência do tônus vagal na fase máxima.

Em atividades na qual a intensidade permanece constante, a frequência cardíaca aumenta até a intensidade alvo e logo após permanece com seus valores constantes no decorrer da execução do exercício. Astrand (1980) observou que esse estado de equilíbrio acontecia a partir do sexto e oitavo minuto de exercício. No entanto, em exercícios constantes, submáximos

e prolongados, com uma duração acima de 30 minutos, ocorre um aumento gradual da frequência cardíaca provocada por fatores metabólicos, térmicos e periféricos que influenciam na atividade cardíaca, mostrando que a frequência cardíaca durante exercícios constantes e de baixa intensidade é dependente da duração do exercício (Leite, 2000).

2.3 ADAPTAÇÕES DA FREQUÊNCIA CARDÍACA AO TREINAMENTO AERÓBIO

O sistema cardiovascular sofre alterações em resposta ao treinamento físico. Em indivíduos treinados é observada uma menor frequência cardíaca de repouso. Os mecanismos para esta adaptação são variados e não existe um consenso que explique efetivamente essas mudanças. De acordo com Negrão *et al* (2005), esse efeito crônico do exercício físico sobre o sistema cardiovascular, provocando a bradicardia de repouso, é decorrente do aumento do tônus vagal no coração, da diminuição do tônus simpático e da diminuição da frequência cardíaca intrínseca do coração. De acordo com Aubert *et al* (2001), a bradicardia de repouso aumenta em ocasião de uma maior estimulação parassimpática em repouso. Em contrapartida, Katona *et al.* (1982) não observaram mudanças significativas no tônus vagal e simpático durante o repouso após treinamento aeróbio.

A bradicardia de repouso pode ser justificada também por outras alterações causadas pelo treinamento físico, como por exemplo, da hipertrofia excêntrica cardíaca, provocando um aumento do volume diastólico final, com o aumento proporcional da contratilidade cardíaca (Leite, 2000; Negrão e Barreto, 2005).

Após um período de treinamento aeróbio, o volume sistólico em repouso aumenta em relação a valores pré-treinamento devido ao maior volume diastólico final em repouso, provocando um maior enchimento ventricular durante a diástole, uma vez que o volume sistólico final não aumenta com o treinamento físico (Brandão, 1993 apud Negrão e Barreto, 2005). Já o débito cardíaco não sofre influências após o treinamento devido a menor frequência cardíaca apresentada e um maior volume sistólico.

Com relação ao exercício físico, atletas de endurance apresentam uma menor estimulação simpática no controle da frequência cardíaca em uma mesma carga de treino se comparados a indivíduos sedentários (Gallo Jr *et al.* 1989), mostrando que o treinamento aeróbio causa adaptações funcionais no sistema simpático e parassimpático durante o exercício.

O treinamento físico parece não provocar modificações na frequência cardíaca máxima de acordo com estudos, pois é relacionada com a idade do indivíduo (Negrão 2005; Wilmore e Costill, 2001).

Nakamura *et al.* (2005), observaram que a VFC durante a execução de exercícios progressivos foi alterada em resposta a um programa de treinamento físico realizado durante 9 semanas. Embora não foi possível concluir se a menor VFC foi devido às alterações estruturais da função cardiovascular ou de modificações autonômicas.

2.4 ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDIACA

A VFC representa as oscilações dos intervalos R-R que ocorrem em decorrência da influência das variações simpátovagal. A VFC pode ser analisada em função do tempo de observação ou em função da frequência na qual o evento ocorre, denominadas como sendo análise no domínio do tempo e análise espectral, respectivamente (TASK FORCE, 1996).

A noraepinefrina, liberada pelas terminações simpáticas, é mais lenta que a transmissão da acetilcolina nas terminações vagais (CANALI *et al.* 2001). Dessa desigualdade entre as velocidades de transmissão dessas substâncias nas vias adrenergica e colinérgicas, resultarão em diferenças na frequência de modulação do sistema simpático e vagal no nodo sinoatrial do coração. A frequência que compõe essa variabilidade ocorre em indivíduos normais predominantemente em três faixas, denominadas de alta frequência, situando-se entre 0,15 a 0,4 hz, baixa frequência entre 0,03 a 0,15 hz e frequência muito baixa, menores que 0,03 hz (TASK FORCE, 1996).

Akselrod *et al.* (1981), mostraram em um estudo realizado com cães, que as flutuações de baixa frequência na análise espectral da FC são mediadas pelo sistema nervoso simpático e parassimpático, enquanto que flutuações de frequência mais altas são mediadas apenas pelo nervo vago. Dessa forma, a VFC pode ser utilizada para verificar o controle autonômico sobre o coração em diferentes situações.

Porneranz *et al.* (1985), em observações feitas em humanos após utilização de bloqueadores do sistema nervoso autônomo e com mudanças de posturas, verificaram que flutuações de baixa frequência (abaixo de 0,12 hz) na posição supina foram mediadas principalmente pelo sistema vagal, enquanto na posição ortostática as flutuações de baixa frequência aumentaram e foram mediadas conjuntamente pelo sistema nervoso simpático e parassimpático. A alta frequência (acima de 0,12 hz) diminuiu na posição ortostática e foram mediadas apenas pelo sistema parassimpático. Marães (1999) e Lindqvist *et al.* (1990) também evidenciaram em seus estudos uma maior VFC na posição supina quando comparada a posição ereta. Essas mudanças podem ser explicadas devido a uma predominância vagal na posição supina e da redistribuição do fluxo sanguíneo que o organismo sofre quando há mudança da posição supina para a ereta, causando um maior acúmulo de sangue nos membros inferiores e um retorno venoso prejudicado devido à gravidade, resultando conseqüentemente em um menor volume de ejeção e, para a manutenção do débito cardíaco, uma elevação da frequência cardíaca.

Já no domínio do tempo, a análise da VFC é feita através do desvio-padrão das variações batimento a batimento dentro de um período definido, obtidos pelo intervalo r-r do eletrocardiograma. Podendo ser analisada também pela plotagem de Poincaré, na qual, os intervalos R-R são plotados em função do intervalo R-R precedente. Na análise de Poincaré o desvio-padrão instantâneo dos intervalos R-R é denominado de SD1 e representa a modulação parassimpática, pois em estudo realizado por TULPPO *et al.* (1996) observou-se uma redução progressiva do SD1 durante doses incrementais de bloqueador vagal atropina. Dessa forma, o SD1 tem sido adotado como indicativo da modulação vagal (Tulppo *et al.* 1996). O índice SD2 representa o desvio padrão dos intervalos R-R a longo prazo e representa a participação vagal e simpática sobre o coração (TULPPO *et al.*1996).

De acordo com NAKAMURA *et al.* (2006) o índice SD1, que indica a regulação parassimpática do coração, foi analisado em repouso e apresentou grande associação com o LVFC, ou seja, indivíduos que possuíam uma maior estimulação vagal em repouso, representado pelos valores de SD1 elevados, apresentaram o LVFC em cargas maiores, indicando que uma maior atividade parassimpática durante o repouso pode retardar o aumento da atividade simpática em exercícios progressivos e, conseqüentemente, o LVFC acontecerá em cargas maiores de esforço, mostrando uma forte associação entre o indicador da regulação autonômica do coração (SD1) e a aptidão aeróbia.

2.5 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA NA ÁREA CLÍNICA

A Variabilidade da Frequência (VFC) tem sido utilizada pela medicina como uma forma não invasiva para análise em repouso do balanço simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo. Estudos mostram que uma menor VFC está relacionada com risco de doenças cardiovasculares e mortalidade, principalmente após infarto agudo do miocárdio (Bigger *et al.* 1992). Possivelmente essa menor VFC está relacionada a uma diminuição da atividade parassimpática e a um aumento do sistema simpático, provocando, desta forma, a predisposição a arritmias e até morte súbita (Goldsmith *et al.*, 1992).

Doenças associadas com neuropatia do sistema nervoso autônomo têm demonstrado diminuição da VFC, principalmente em diabéticos dependentes de insulina (Ewing *et al.* 1985 em Cowan, 1995). Estudos mostram que indivíduos hipertensos possuem um desequilíbrio na função simpato-vagal que está associada a um aumento da predominância simpática e diminuição parasimpática em repouso (Catai *et al.*, 2002). Existem discordâncias quanto ao aumento da VFC em função do treinamento físico aeróbio em indivíduos hipertensos. Catai *et al.* (2002) não evidenciaram alterações na VFC após 3 meses de treinamento aeróbio, apesar do aumento da capacidade aeróbia. Já Novais *et al.* (2004), demonstraram um aumento da modulação vagal produzida pelo exercício físico.

Em geral, as aplicações clínicas da VFC têm sido utilizadas como um preditor de mortalidade e sinais de doenças relacionadas ao sistema nervoso autônomo.

2.6 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM EXERCÍCIOS

O estudo da VFC em condições de esforço físico permite analisar o controle neural da frequência cardíaca (FC) durante diferentes fases e intensidades do exercício.

A VFC responde de forma inversa à resposta da FC desde os primeiros instantes de exercícios. De acordo com Alonso *et al.* (1998), em exercícios progressivos a VFC reduz progressivamente até o limiar anaeróbio (LAN), mantendo valores constantes a partir desse ponto. Já a FC aumenta concomitantemente com o aumento da intensidade do exercício, e continua aumentando nas intensidades acima do LAN. Dessa forma, o SD1 diminui progressivamente em protocolos de exercício com intensidade crescente, em decorrência da retirada vagal e da participação progressiva do sistema simpático no aumento da FC (TULPPO *et al.*, 1996).

Lima e Kiss (1999) estudaram o comportamento da VFC em teste de carga progressiva e verificaram uma diminuição acentuada da VFC até 50% da carga de pico, seguida por uma manutenção dos valores de SD1 próximos a 3 ms. A passagem da queda acentuada para valores constantes de SD1 foi denominada como sendo o limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LVFC) pelos autores, sendo considerado como a primeira carga que apresenta valores de SD1 inferiores a 3 ms. Lima e Kiss (1999) verificam a ocorrência do LVFC próximos aos valores do limiar de lactato, sugerindo, então, que o LVFC possa ser uma variável representativa do ponto de transição de predominância entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio.

Em contrapartida, Tulppo *et al.* (1996), consideraram o LVFC como sendo a primeira carga de trabalho em que a diferença entre o SD1 de dois estágios consecutivos foi menor que 1 ms. Bruneto *et al.* (2004), utilizando o método de Lima e Kiss (1999) e do Tulppo *et al.* (1996) para determinar o LVFC, não encontraram correlações significantes entre os métodos.

Entretanto, Zanatta et al. (2006), observaram uma correlação moderada entre os dois métodos.

A relação entre o limiar anaeróbio ou limiar de lactato e a VFC reside na relação entre a atividade simpática e a glicólise, uma vez que as catecolaminas, liberadas através do sistema simpático estimulam a conversão de reservas energéticas, como o glicogênio em combustíveis de fácil disponibilidade, aumentando a concentração plasmática de glicose e conduzem a um aumento da produção de ácido láctico, pois as catecolaminas aumentam a atividade de enzimas da glicólise, como a fosforilase (Roughsn *et al*, 2000).

O metabolismo láctico é uma via para rápida obtenção de energia sem a utilização do oxigênio (Mcardle, 1998), contribuindo no fornecimento de energia em atividades de alta intensidade. Alguns estudiosos apontam que o principal mecanismo para o aumento na contribuição anaeróbia está vinculado à condição de hipóxia, no entanto, o estudo de Revess *et al.* (1992), realizado em alta altitude, aponta para uma maior relação com a atividade simpática do que com a disponibilidade de oxigênio, levando a uma associação do aumento da ativação simpática com uma maior participação do metabolismo anaeróbio láctico.

O limiar anaeróbio delimita a mudança fisiológica que ocorre entre a predominância dos metabolismos energéticos aeróbio-anaeróbio e altera a atividade do sistema nervoso autônomo, através de um aumento da participação simpática e conseqüentemente da secreção de catecolaminas, uma vez que essas são reguladas pelos impulsos nervosos simpático (Gallo *et al.* 1996 e Weineck, 2000). Mazzeo e Marshall (1989) observaram que o comportamento da curva de catecolaminas em exercício de carga progressiva é muito semelhante ao comportamento do lactato, podendo-se utilizar o ponto de inflexão da concentração de adrenalina para a predição do limiar de lactato.

2.7 COMPORTAMENTO DO LACTATO SANGUÍNEO EM DIFERENTES INTENSIDADES DO EXERCÍCIO

Vários estudos apontam o uso do lactato sanguíneo para a determinação da intensidade dos exercícios aeróbios para a prescrição do treinamento físico e para a avaliação da aptidão aeróbia, e principalmente, a capacidade aeróbia.

Em exercícios prolongados e de carga constante, pode-se determinar a máxima fase estável de lactato (MSSL), a qual é representada pela carga de maior concentração de lactato sanguíneo mantido em fase estável, representando a máxima intensidade que pode ser realizada sem contribuição significativa do metabolismo anaeróbio (Beneke et al. 2000). Em intensidades acima do MSSL, a cinética do lactato apresenta um aumento em função do tempo em exercícios de carga constante. Estudos demonstraram não existir um comportamento estável do lactato em exercício realizados em cargas supra-limiâres, mas sim um contínuo aumento até a exaustão (Gaesser e Poole, 1996; Smith *et al.*, 1998), indicando que a produção superou a remoção e ocorre uma maior participação do metabolismo glicolítico para o fornecimento de energia. Heck *et al.* (1985) observaram em teste constante que a concentração sanguínea de lactato permanece constante em valores superiores aos valores de repouso em intensidades até o limiar de lactato (LL). Já em cargas acima do LL o lactato não se estabiliza e aumenta progressivamente até a interrupção do esforço.

Em exercícios contínuos realizados em intensidade sub-limiâres, o lactato se mantém estável por algum período, em torno de 30 a 40 min, atingindo uma concentração máxima de 4 mmol/l (Gaesser e Poole em Denadai e Silveira, 2002). Ascensão (2001) verificou que em exercício de carga constante com duração de 30 minutos ocorreu um steady state da concentração sanguínea de lactato em intensidade correspondente ao limiar aeróbio-anaeróbio.

O limiar anaeróbio também é utilizado como sendo um indicador da transição da predominância entre o metabolismo aeróbio e o anaeróbio (Heck et al. 1985), sendo a concentração de 4 mmol/l a mais utilizada na determinação do limiar anaeróbio (Heck e Mader, 1976).

Pelo fato da análise do limiar de lactato ser invasiva e dispendiosa, outros modelos indiretos vêm trazendo alternativas para analisar essa transição metabólica. Várias formas de concepções para análise do limiar anaeróbio têm sido desenvolvidas ao longo dos anos baseadas em dados ventilatórios, frequência cardíaca (Conconi, 1982), resposta do lactato (Farre et al.1979) e LVF, mais recentemente (Lima e Klss, 1999).

3. METODOLOGIA

Participaram do estudo 15 indivíduos adultos de ambos os sexos, 8 mulheres e 7 homens, com a idade média de $21 \pm 1,8$ anos. Todos os sujeitos foram informados dos procedimentos a que seriam submetidos, das restrições alimentares e assinaram o consentimento informado previamente ao início dos testes, concordando em participar da pesquisa. Não houve restrição ao nível de condicionamento físico, tendo, portanto, indivíduos inativos e ativos nas diferentes especialidades existentes. Não foi permitido fazer parte da amostra indivíduos que fazem uso de qualquer medicamento que controle ou altere a atividade cronotrópica do coração. A alimentação nas duas horas que antecedem o teste foi restritiva com respeito a estimulantes como cafeína. O projeto foi previamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa.

Os sujeitos foram submetidos a dois processos de avaliação. Num primeiro momento foi realizado um teste progressivo (TP) no cicloergômetro de membros inferiores da marca Cefise (Nova Odessa, Brasil) até a exaustão para a determinação do Limiar da Variabilidade da Freqüência Cardíaca (LVFC). A carga inicial foi de 0,5 kp com aumento de carga de 0,25 kp a cada minuto, sendo a freqüência do pedal mantida no ritmo constante de 60 rpm.

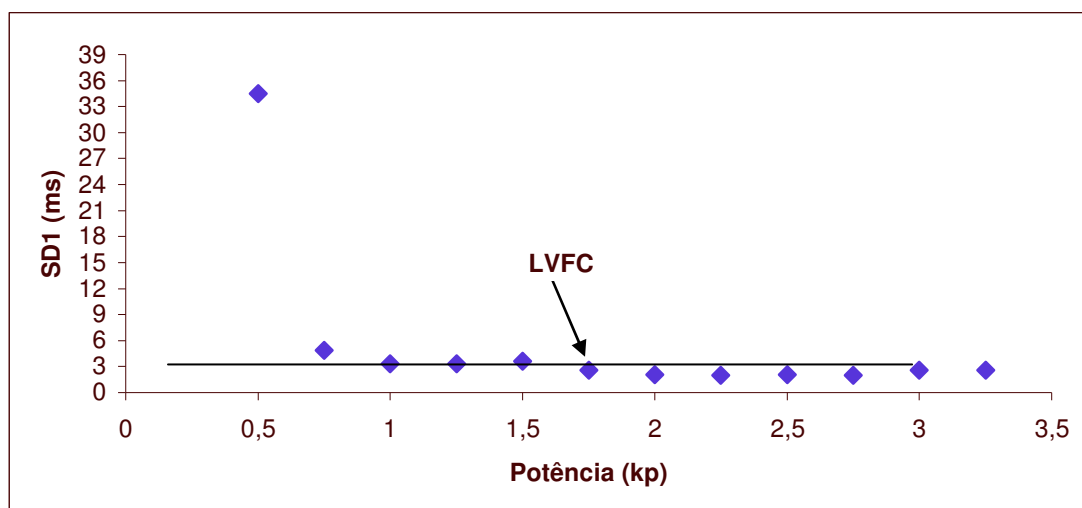
No segundo processo de avaliação foram realizados outros três testes de carga constante (CC) no mesmo cicloergômetro, em dias diferentes e em seqüência aleatória entre indivíduos, com um intervalo mínimo de um dia e máximo de dez dias entre o primeiro teste e o último. Esses testes consistiram em pedalar por 15 minutos na carga correspondente à carga do LVFC, identificada no teste anterior; na carga de 0,5 kp acima do LVFC (Ac-LVFC) e na carga de 0,5 kp abaixo do LVFC (Ab-LVFC). Em todos os testes os sujeitos mantiveram a freqüência no pedal de 60 rpm. Dessa forma, todos os sujeitos foram submetidos aos quatro testes. Em todos os testes os sujeitos portaram um freqüencímetro cardíaco polar S810 (Finlândia), que permite o registro dos intervalos R-R ao longo de todo o exercício. Os registros do freqüencímetro cardíaco foram passados para o computador através da interface da marca Polar no software de análise da VFC, também da marca polar, utilizando uma filtragem moderada dos dados. A partir da análise dos intervalos R-R foi determinado a VFC no domínio do tempo, pela plotagem de Poincaré, a qual

correspondeu à medida do desvio padrão instantâneo (SD1) e o índice SD2, representando o desvio padrão dos intervalos R-R a longo prazo. Esses valores foram todos determinados pelo software de análise da VFC da Polar (Finlândia). Os dados foram obtidos para cada minuto para o teste progressivo e para os testes de carga constante pela média de SD1 a cada minuto (VFC1).

A carga correspondente ao LVFC foi determinada através da primeira carga de trabalho na qual se observou valores de VFC menor que 3 ms (Figura 1), de acordo com o método proposto por Lima e Kiss (1999).

Para a análise da resposta do SD1 nos teste de carga constante, os valores de SD1 do primeiro minuto foram excluídos devido ao brutal aumento da frequência cardíaca por ocasião da inibição vagal.

Figura 1 - Comportamento da VFC durante o teste progressivo e a identificação do LVFC para o sujeito x.



Nos testes de CC amostras de sangue do lóbulo da orelha foram obtidas a cada 2 minutos para a verificação da resposta da concentração sanguínea de lactato ao longo do tempo (7°, 9°, 11°, 13° e 15° minuto). Antes do início do teste foi aplicada uma pomada vasodilatadora Finalgon no lóbulo da orelha, e após alguns minutos, a orelha foi perfurada com material descartável. No momento da coleta sanguínea, cada amostra de sangue (aproximadamente 20 μ l) foi imediatamente decantada em fita especial para análise em lactímetro portátil da marca Accusport da Boehringer Mannheim. A coleta de sangue foi

feita imediatamente após a interrupção do teste quando o indivíduo finalizava o teste por fadiga antes do tempo determinado para cada carga de estágio.

Sobre os valores de lactato sanguíneo de cada sujeito foi ajustada uma função linear. Através dos coeficientes obtidos foram determinados os valores preditos para a 7^o e 15^o coleta sanguínea e, a partir disso, o delta de lactato (ΔLac) foi obtido, correspondendo a diferença entre esses valores preditos. De acordo com Heck *et al* (1985), uma diferença inferior a 1 mmol/l entre a coleta do 10^o e do 30^o minuto do teste é o critério para verificação de um “steady state” da concentração sanguínea de lactato.

Para a análise de todas as variáveis obtidas foi utilizada a estatística descritiva com a determinação de média e do desvio padrão, como medida de dispersão dos dados, e para a comparação das variáveis entre as cargas Ac-LVFC no LVFC e Ab-LVFC foi realizado o teste estatístico ANOVA para medidas repetidas, utilizando o programa Statistica e assumindo um nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

Os quinze sujeitos analisados apresentaram uma carga média correspondente ao LVFC de $1,57 \pm 0,55$ kp. A média da carga imposta no teste constante Ac-LVFC correspondeu a $136 \pm 14\%$ da carga do LVFC e para Ab-LVFC a $64 \pm 14\%$ da carga de LVFC.

A Tabela 1 apresenta os valores médios e o desvio padrão dos sujeitos da amostra para a potência máxima atingida no teste progressivo, a frequência cardíaca encontradas no LVFC e o percentual da carga relativa dos testes de carga constante.

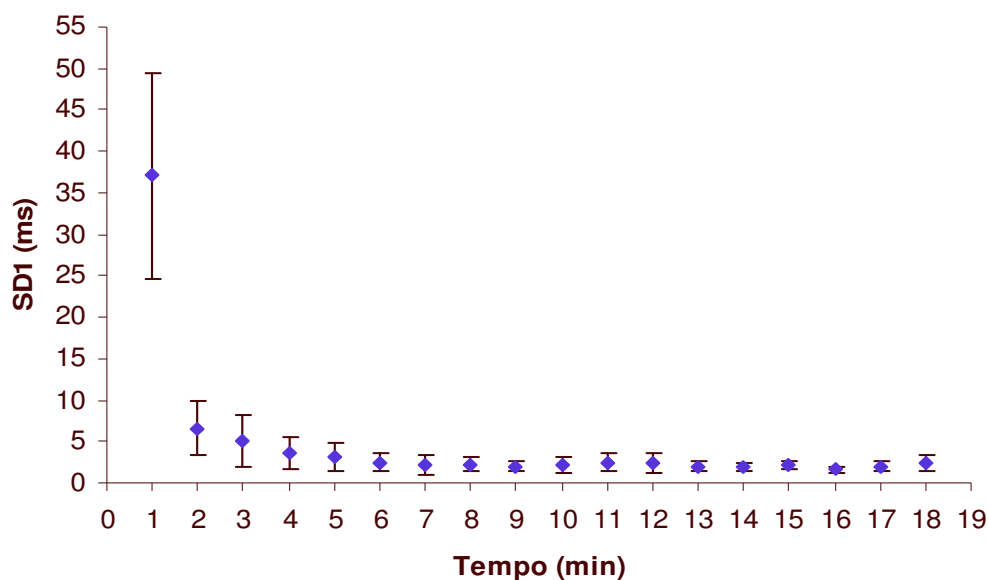
Tabela 1 - Carga máxima (P_{máx}), carga do (LVFC) (kp), carga relativa ao LVFC no Ac-LVFC e Ab-LVFC (% LVFC) e frequência cardíaca na carga do LVFC (bpm).

P _{máx} (kp)	LVFC (kp)	% Ac-LVFC	% Ab-LVFC	FC-LVFC (bpm)
$3,35 \pm 0,9$	$1,56 \pm 0,5$	136 ± 14	64 ± 14	135 ± 10

Todos os sujeitos completaram os 15 minutos de teste na carga Ab-LVFC, já no teste Ac-LVFC, três sujeitos entraram em exaustão antes do término do exercício, e na carga do LVFC, um sujeito também não completou o teste devido à exaustão física.

A análise da VFC feita através dos valores de SD1 apontou que esta variável apresenta um declínio rápido no início do exercício progressivo até atingir valores de 3 ms e um platô em valores menores que 2 ms (Figura 1).

Figura 2 - Curva média dos valores de SD1 de todos os 15 sujeitos obtidos no teste progressivo.



Os valores da concentração de lactato sanguíneo no 7º e no 15º minuto e o delta lactato, que corresponde à diferença entre o valor predito do 15º e o valor predito do 7º estão expressos na tabela abaixo em média e desvio-padrão.

Tabela 2 - Média e desvio padrão das medidas de concentração sanguínea de lactato para cada teste de carga constante.

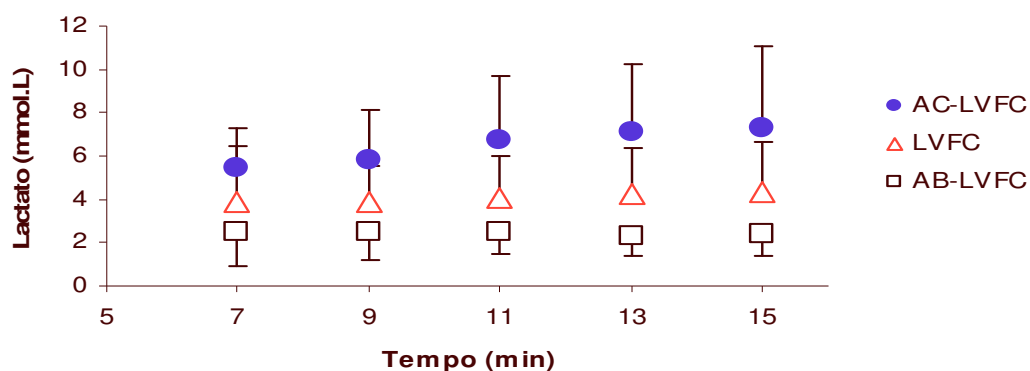
	Ac - LVFC	L - LVFC	Ab - LVFC
Lac7º(mmol.l ⁻¹)	5,2 ± 1,8	3,6 ± 1,5	2,7 ± 1,5
Lac15º (mmol.l ⁻¹)	7,5 ± 3,5	4,4 ± 2,3	2,4 ± 1,0
ΔLac (mmol.l ⁻¹)	2,5 ± 2,1	1,1 ± 1,2*	0,5 ± 0,7*

* Diferença significativa com Ac-LVFC (p<0,05)

Verificaram-se diferenças significativas através da ANOVA entre o delta lactato no Ac-LVFC com o delta lactato na carga LVFC ($p < 0,01$) e na carga Ab-LVFC ($p = 0,01$). No entanto, não foi observada diferença entre o delta lactato no LVFC e Ab-LVFC ($p=0,29$).

A Figura 2 representa o valor médio e desvio padrão da concentração de lactato sanguíneo para cada instante de coleta no exercício de carga constante. Observa-se que não ocorreu uma estabilização do lactato na carga Ac-LVFC, e a média da concentração sanguínea da última coleta apresentou valores elevados ($7,5 \pm 3,5 \text{ mmol.l}^{-1}$).

Figura 3 - Concentração de lactato sanguíneo no decorrer dos testes de carga constante. Os valores estão representados em média e desvio padrão.



Nas cargas no LVFC e Ab-LVFC, a concentração de lactato aparentemente estabilizou-se. Embora, a porcentagem de sujeitos que apresentaram o delta lactato menor que 1, e consequentemente a estabilização do lactato sanguíneo, de acordo com o critério adotado, foi de 33% no teste Ac-LVFC, 69% no LVFC e 93% no Ab-LVFC.

Os valores médios e o desvio padrão do SD1 para cada teste de carga constante estão apresentados na Figura 3. A comparação do SD1 entre as cargas dos testes constantes através da ANOVA mostrou diferença significativa do exercício Ab-LVFC com relação às cargas no LVFC e Ac-LVFC ($p < 0,05$).

Já entre as cargas Ac-LVFC e no LVFC não foi observada diferença estatística significativa ($p=0,34$). Já o comportamento do SD1 durante os exercícios de todas as cargas constantes está representado na Figura 3 em média e desvio padrão.

Figura 4 - Média e desvio padrão do SD1 para os testes de carga constante. * Diferença significativa com Ab-LVFC ($p<0,05$).

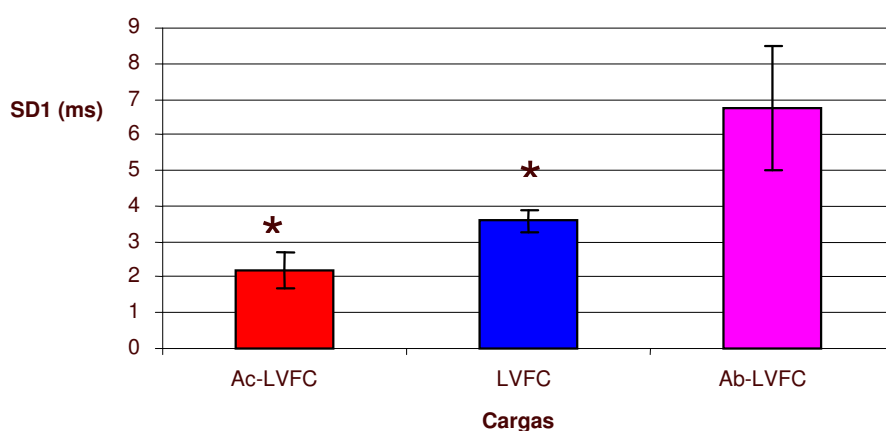
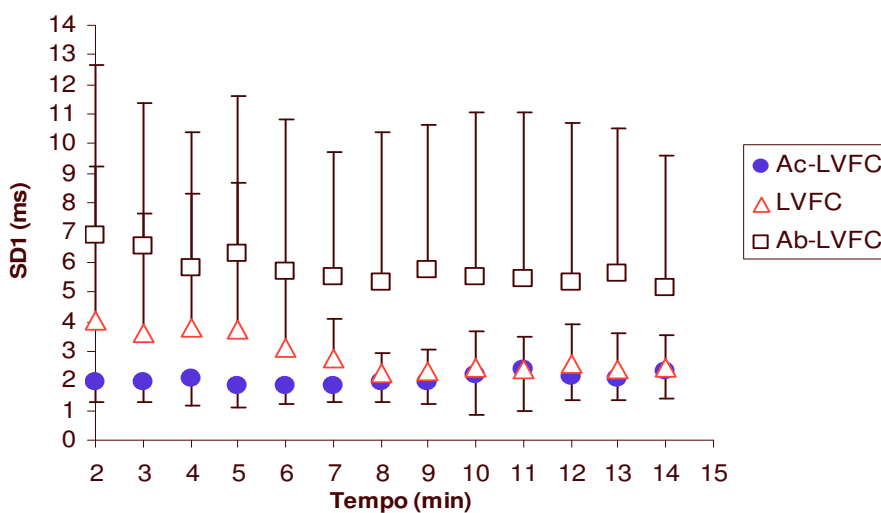


Figura 5 - Valores de SD1 de cada minuto para cada teste de carga constante.



5. DISCUSSÃO

Durante o exercício físico progressivo foi verificada a diminuição progressiva da VFC até valores próximos a 3 ms, seguido de um platô nos momentos subseqüentes com valores em torno de 2 ms, concordando com os resultados encontrados por Lima e Kiss (1999), embora não tenha sido observado um segundo platô com os valores de VFC tendendo a 0 ms, relatados pelos mesmos autores. O argumento fisiológico de uma possível abolição da VFC se fundamenta na premissa de que na fase máxima de exercício ocorre uma grande estimulação andrenérgica, ocasionando uma total retirada vagal e, conseqüentemente, valores de VFC igual à zero. No entanto, outros autores rejeitaram a hipótese de uma completa abolição da VFC no pico de um exercício verdadeiramente máximo (Almeida *et al*, 2005).

O primeiro minuto do teste progressivo apresentou uma grande variação de valores da VFC entre os indivíduos (Figura 1). Segundo Tulppo (1996), grande amplitude de valores no repouso é justificada pela idade e o estado de treinamento, o que pode também explicar essa grande variação do SD1 no primeiro minuto de exercício.

Os valores de freqüência cardíaca de 135 bpm na carga correspondente ao LVFC encontrados nesse estudo são iguais aos verificados por Nakamura *et al*. (2005). O baixo valor da freqüência cardíaca pode ser justificado pelo fato de o LVFC também ter sido relacionado com o primeiro limiar, calculado através de métodos ventilatórios, o qual representaria o limite inferior de valores de freqüência cardíaca para um treinamento aeróbio (Lima e Kiss; 1999).

Alonso *et al*. (1998) e Almeida *et al*. (2005), em seus estudos, demonstraram que a maior queda da VFC em exercício ocorre na fase de predominância aeróbia, sendo observada uma manutenção da VFC após a ocorrência do limiar anaeróbio até o pico do esforço. Lima e Kiss (1999), não encontraram diferença significativa entre a carga do LVFC e a carga do Limiar de lactato, demonstrando que o LVFC pode ser utilizado como uma forma não invasiva para estimar o limiar de lactato.

Gallo Jr *et al.* (1996) observaram que o limiar anaeróbio além de ser um delimitador de mudanças metabólicas, altera a atividade do sistema nervoso autônomo de uma menor predominância vagal para uma fase de maior predominância simpática. Nosso presente estudo demonstrou-se que, durante o exercício progressivo, observa-se um ponto de mudança na resposta da VFC, representada pelo LVFC em intensidades menores que 2 ms. No teste de carga constante correspondente ao LVFC, o lactato sanguíneo apresentou aparente estabilização em valores em torno de 4 mmol/L e pouca variação do lactato durante todo o exercício ($1,1 \pm 1,2$ mmol/L), verificada em 69% dos sujeitos.

No teste constante Ac-LVFC a não estabilização da curva média do lactato, a média da última coleta em valores elevados ($7,5 \pm 3,5$ mmol.l⁻¹) e o delta lactato com uma variação maior que 1 mmol/L demonstraram que os sujeitos estavam pedalando em uma intensidade acima do limiar anaeróbio, embora 33% dos indivíduos tenham apresentados estabilização do lactato sanguíneo nessa carga. Isso pode ser justificado talvez pela não fixação individual da carga relativa ao LVFC nos testes constante e ao tempo de execução do exercício ser limitado a 15 minutos. Pode ser que após o 15 minutos de exercício acima do limiar houvesse ainda uma estabilização do lactato sanguíneo.

Já na carga Ab-LVFC, 93% dos sujeitos estavam pedalando em uma carga abaixo do limiar anaeróbio, apresentando baixos valores de concentração e pouca variação do lactato. Esses achados sugerem que em exercícios constantes realizados em carga sublimiáres ao LVFC apresentam uma estabilização da concentração de lactato sanguíneo, evidenciando uma predominância do metabolismo aeróbio, e conseqüentemente, um baixo acúmulo de lactato.

Embora exista muita controvérsia em relação aos métodos e as terminologias utilizadas para calcular o limiar anaeróbio e a máxima fase estável, ambos são utilizados para analisar a mesma zona de transição metabólica entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio. Isso justifica a utilização da máxima fase estável do lactato nesse estudo para analisar a predominância metabólica durante o exercício, ao invés do método de lactato de menor razão entre as cargas, como utilizado por Lima e Kiss (1999).

Nos testes constantes Ac-LVFC, os valores de SD1 apresentaram valores inferiores e significativamente diferentes quando comparados às cargas no LVFC e Ab-LVFC, sugerindo que exercícios físicos realizados até ao LVFC possui uma maior proteção vagal sobre o sistema cardiovascular, sendo útil para prescrição de exercício na área clínica. Esses dados concordam com os resultados demonstrados por Alonso *et al* (1998), que verificaram, através do comportamento da VFC em exercícios progressivos máximo, que em intensidades até o limiar anaeróbio a prática de atividade é mais segura em relação a riscos cardiovasculares, devido a maior atuação parassimpática.

Observou-se que no teste constante realizado na carga do LVFC, os valores de SD1 inferiores a 3 ms eram alcançados após 7 minutos de exercício e a média do SD1 total do exercício apresentou valores acima de 3 ms. Esses dados encontrados podem nos indicar que a resposta de SD1 pode ser influenciada por uma questão temporal e não somente pela intensidade do exercício executado.

6. CONCLUSÃO

Considerando as limitações desse estudo, os resultados obtidos demonstraram uma estabilização do lactato sanguíneo nas cargas Ab-LVFC e no LVFC para a maioria dos sujeitos analisados, indicando que existe uma concordância entre a máxima fase estável do lactato e o LVFC.

REFERÊNCIAS

AKSELROD S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Barger AC, Cohen RJ. **Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat cardiovascular control.** Science, v. 213, p. 220-222, 1981.

ALMEIDA, M.B., Araújo, C.G.S. **Variabilidade da frequência cardíaca em um teste.**

ALONSO, D. O *et al.* **Comportamento da Frequência Cardíaca e da Sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo.** Arq Bras Cardiol. V.71, n. 6, p.787-792, 1998.

ASCENSÃO, P. Santos, J Magalhães, J Oliveira. **Concentração Sanguínea de lactato (csl) durante uma carga constante a uma intensidade correspondente ao limiar aeróbio-anaeróbio em jovens atletas.** São Paulo: Rev. paul. Educ. Fís., v. 15, n. 2, p.186-94, jul./dez. 2001

BENEKE R, Hutler M, *et al.* **Maximal lactate-steady-state independent of performance.** Med Sci Sports Exerc. V. 32, n. 6, p. 1135-1139, 2000.

BIGGER Jr, J. T.; Fleiss, J. L.; Steinman, R. C.; Rolnitzky, L. M; Schneider, W. J.; Stein, P. K. RR. **Variability in helth, middle-aged per sons compared whit patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction.** Circulation, v. 91, p.1936-43, 1995.

BONADUCE D, Petretta M, Cavallaro V, Apicella C, Ianniciello A, Romano M, *et al.* **Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes.** Med Sci Sports Exerc v. 30, p.691-696, 1998.

BRANDÃO U.M., Wajngarten M, Rondon E, Giorgi MC, Hironaka T, Negrão CE - **Left ventricular function during dynamic exercise in untrained and moderately trained subjects.** J Appl Physiol, v. 75, p. 1989-95, 1993.

BRUNETO, A. F.; Silva, B. M.; Roseguini, T. B.; Guedes, P. D. **Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes.** Rev. Bras. Med. Esporte., vol.11,n.1,2005.

CONCONI, F.; Ferrari, M.; Ziglio, PG. *et al.* **Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners.** J. Appl. Physiol. n. 52, p. 869-873, 1982.

COWAN, M. J. **Measurement of heart rate variability.** Western Journal of Nursing Research, v. 17, n. 1, p.32-48, 1995.

DEMEERSMAN, R.E. **Heart rate variability and aerobic fitness.** American Heart Journal, v.125, p.726-731, 1993.

DENADAI, B. S.; Silveira, L.R. **Efeito modulatório de diferentes intensidades de esforço sobre a via glicolítica durante o exercício contínuo e intermitente.** São Paulo: Rev. paul. Educ. Fís., v. 16, n. 2, p.186-197, jul./dez, 2002.

EKBLOM B, Kibon A. & Soltysiak J. **Physical trainig, bradycardia, and autonomic nervois systems.** Scandinavin Journal of Clinical and Laboratory Investigation, v. 32, p.251-256, 1973.

EWING, D. J., Martyn, C. N., Young, R. J., & Clarke, B. F. **The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetes.** Diabetes Care, v. 8, p.491-502, 1985.

FARREL, P. A.; Wilmore, J. H.; Coyle, E. F.; Billing, J. E.; Costil, D. L. **Plasma lactate accumulation and distance running performance.** Winter: Medicine and Science in Sports and Exercise, v.11, n.4, p.338-44, 1979.

GAESSER, G.A.; Poole, D.C. **The slow of oxygen uptake kinetics in human.** Baltimore, **Exercise and Sport Sciences Reviews.** v.24, p.35-70, 1996.

GALLO Jr L, Maciel BC, Marin-Neto JA, Martins LEB, Lima-Filho EC & Manço JC. **The use of isometric exercise as a means of evaluating the parasympathetic contribution to the tachycardia induced by dynamic exercise in normal man.** Pflugers Archiv, v. 412, p.129-132, 1988.

GALLO, Jr, Maciel BC, Marin-Neto JA & Martins LEB. **Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man.** Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v. 22, p.631-643, 1989.

GOLDSMITH, R. L.; Bigger Jr. J. T.; Steinman, R. C.; Fleiss, J. L. **Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men.** J. Am. Coll. Cardiol.,v20,p. 552-8, 1992.

GUYTON, A. C.; Hall, J. E. **Tratado de fisiologia médica.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

GUZZETTI, S.; Piccaluga, E., Casati, R.; Cerutti, S.; Lombardi, F.; Pagani, M., *et al.* **Sympathetic predominance in essential hypertension: a study employing spectral analysis of heart rate variability.** J. Hypertens., v.6, p. 711-7, 1988.

HECK, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R. & Hollmann, W. **Justification of the 4mmol/l lactate threshold.** International Journal of Sports Medicine. V. 6, p.117-30, 1985.

KATONA PG, McLean M, Dighton DH & Guz A. **Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and nonathletes at rest.** Journal of Applied Physiology. v. 52, p.1652-1657, 1982.

LEITE, Paulo Fernando. **Fisiologia do exercício: ergometria e condicionamento físico, cardiologia desportiva.** 4a ed. São Paulo: Robe editorial, 2000.

LIMA, J.R.P.; Kiss, M.A.P.D.M. **Limiar de variabilidade da frequência cardíaca.** Londrina: Revista Brasileira de Atividade física e saúde. v.4,n.1, p.29-38, 1999.

MACIEL BC, Gallo Jr L, Marin Neto JA, Lima Filho EC & Martins LEB. **Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal men.** Clinical Science, v. 71, p.457-460, 1986.

MAZZEO and Mashall. **Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise.** J Appl Physiology, v. 67, p.1319-1322, 1989.

McARDLE, W. D.; Karch, F. I.; Katch, V. L. **Fisiologia do exercício. Energia, nutrição e desempenho humano.** 3^o ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1992.

MOUROT, L.; Bouhaddi, M.; Perrey, S.; Rouillon, J-D.; Regnard, J. **Quantitative Poincaré plot analysis of heart rate : effect of endurance training.** Berlin: *European Journal of Applied Physiology*. v.91, n.1, p.79-87,2004.

NAKAMURA, F. Y. ; Aguiar, A.F. ; Fronchetti, L. ; Lima, J.R.P. **Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo.** Rio Claro: Motriz (UNESP), v. 11, n. 1, p. 1-10, 2005.

NEGRÃO, C. E.; Moreira, E. D.; Brum, P. C.; M. L. D. R. Denadai and Krieger, E. M. **Vagal and sympathetic control of heart rate during exercise by sedentary and exercise-trained rats.** *Brasilian J. Med. Biol. Res.*, v. 25, p.1045-1052, 1992.

NEGRÃO,C.E.,:Barreto, A.C.P. **Cardiologia do exercício. Do atleta ao cardiopata.** São Paulo: Manole, 2005.

NÓBREGA ACL, Castro CLB, Araújo CGS. **Relative roles of the sympathetic and parasympathetic systems in the 4-s exercise test.** *Brazilian J Med Biol Res.*, v. 23, n. 12, p.59-62, 1990

OLEG, A.; Andreas Patzak.; Kononovich Y. **High-frequency oscillations of the heart rate during ramp load reflect the human anaerobic threshold.** *Eur. J. Appl. Physiol* v. 83, p.388-394, 2000.

POMERANZ B. *et al.* **Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis.** *Am J Physiol.* v. 248, n. 1 Pt 2, p. H151-153, 1985.

RANG, HP, Dale, M, M; Rittes, J. M. **Farmacologia**, 3^o ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.

SMITH M.; Hudson, D.; Graitzer, H.; Raven, P. **Exercise training bradycardia: the role of autonomic balance.** *Medicine Science of Sports Exercise*, v.21, p.40-44, 1989.

TASK FORCE of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use.** Dallas: *Circulation*, v.93, n.5, p.1043-1065, 1996.

TULPPO, M. P.; Makikallio, T.H.; Takala, T.E.S.; Seppanen, T.; Huikuri, H.V. **Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamic during exercise**. Bethesda: American Journal of Physiology (Heart Circ. Physiol.), v.27, n.7, p.H244-H252,1996.

WILMORE, J. H.; Costill, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 2001.

ANEXO I

Gráficos individuais da resposta de SD1 no teste progressivo para todos os sujeitos.

Figura 1 - Gráfico do sujeito 1.

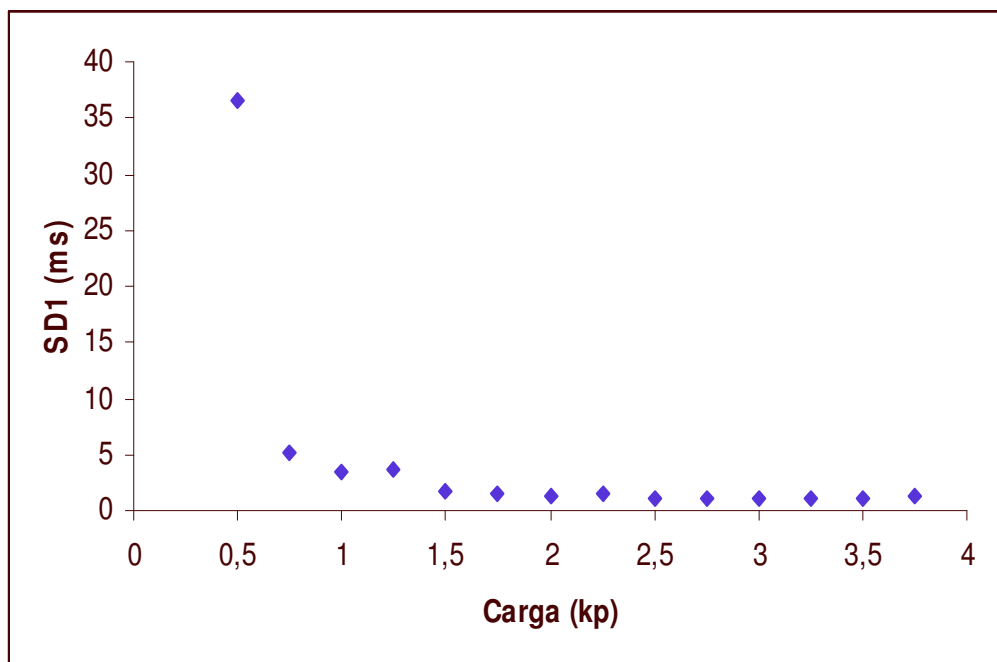


Figura 2 - Gráfico do sujeito 2.

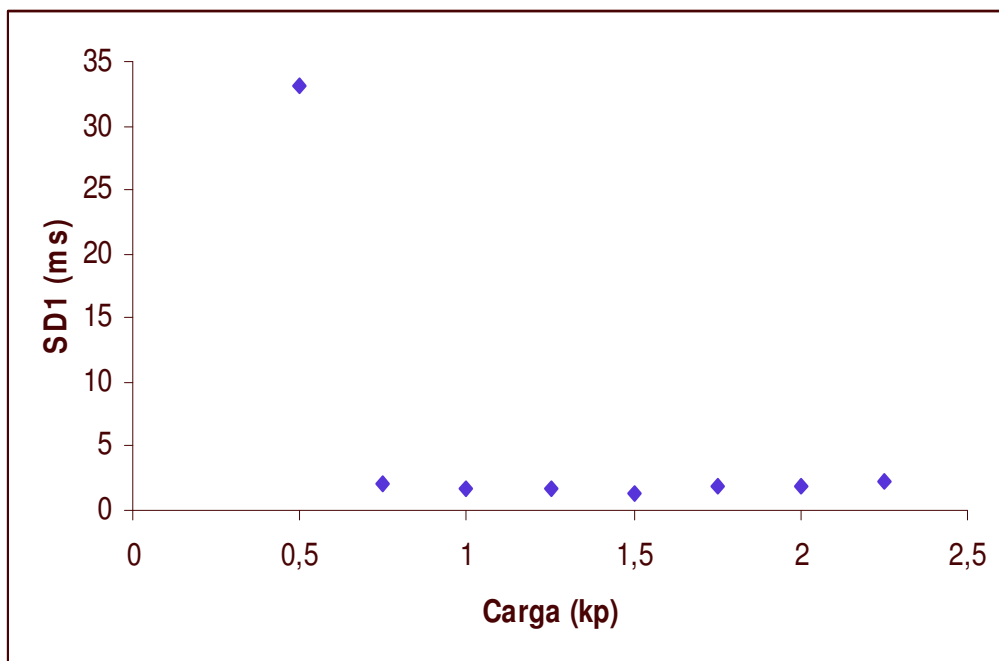


Figura 3 - Gráfico do sujeito 3.

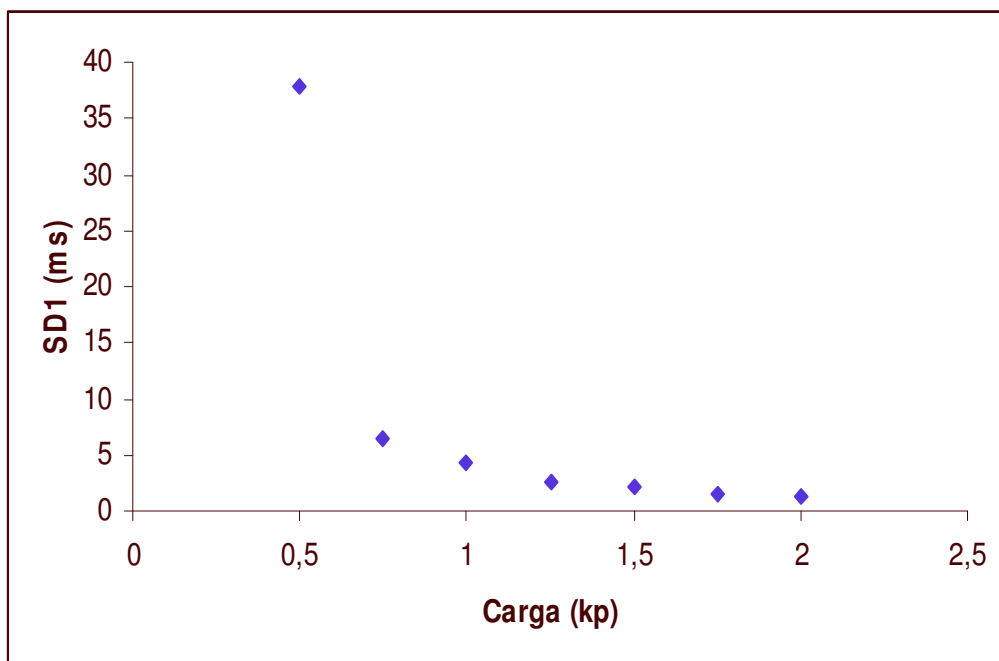


Figura 4 - Gráfico do sujeito 4.

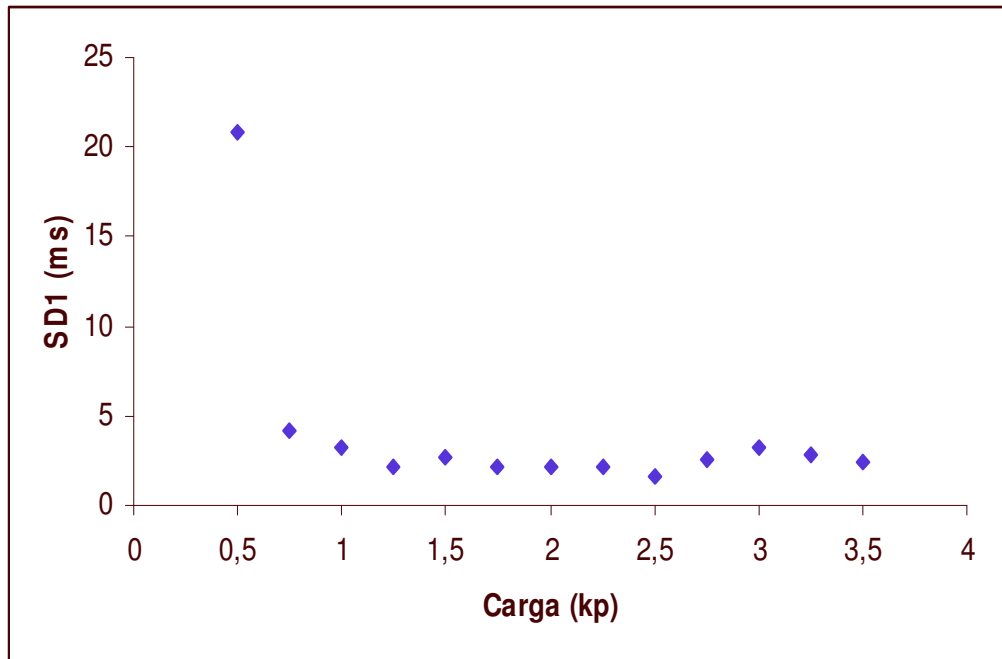


Figura 5 - Gráfico do sujeito 5.

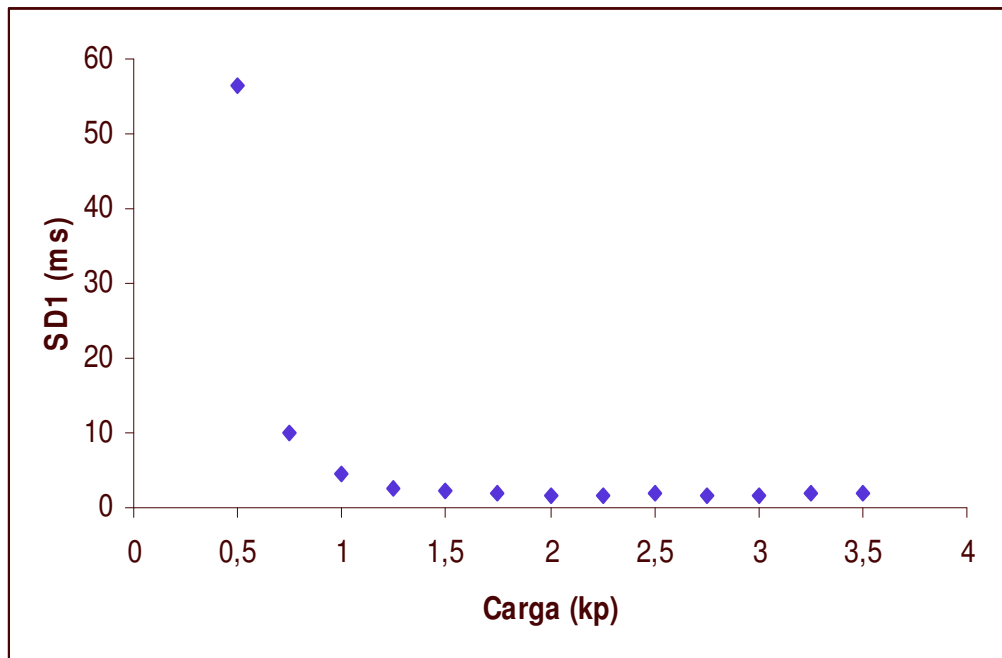


Figura 6 - Gráfico do sujeito 6.

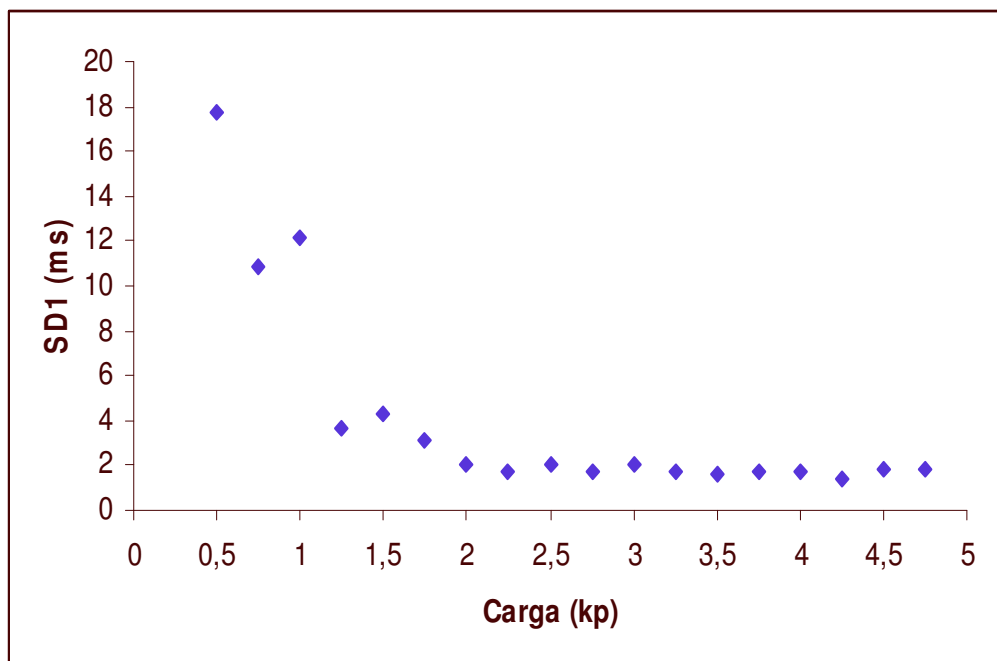


Figura 7 - Gráfico do sujeito 7.

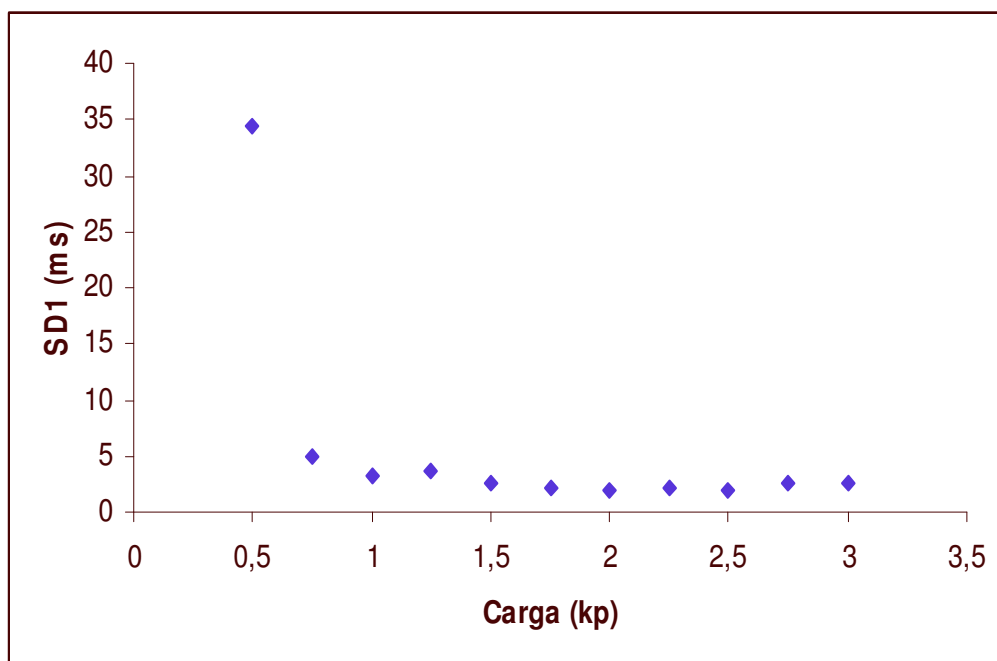


Figura 8 - Gráfico do sujeito 8.

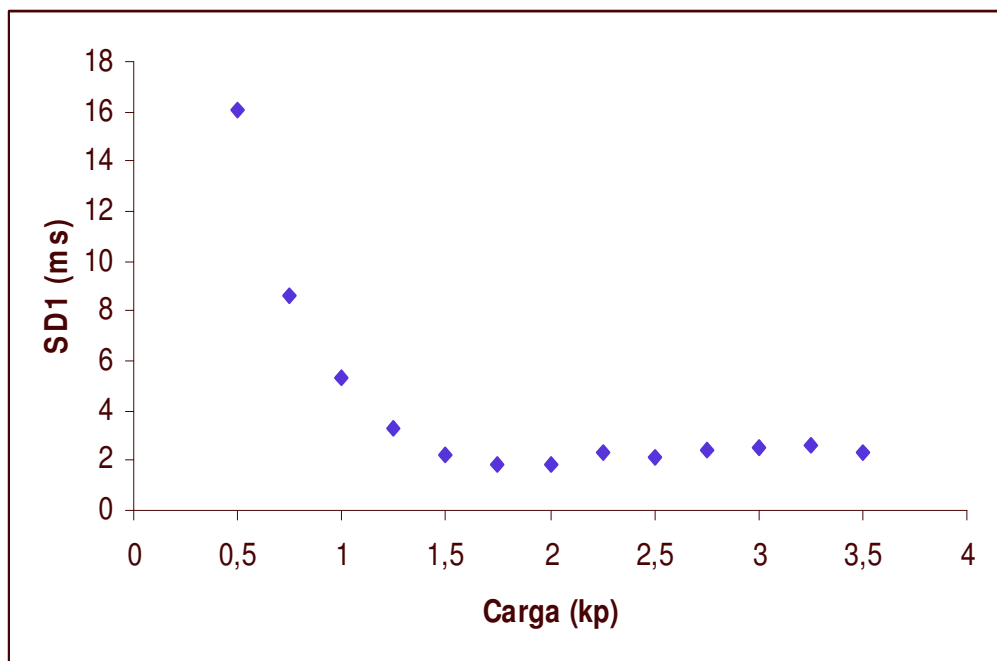


Figura 9 - Gráfico do sujeito 9.

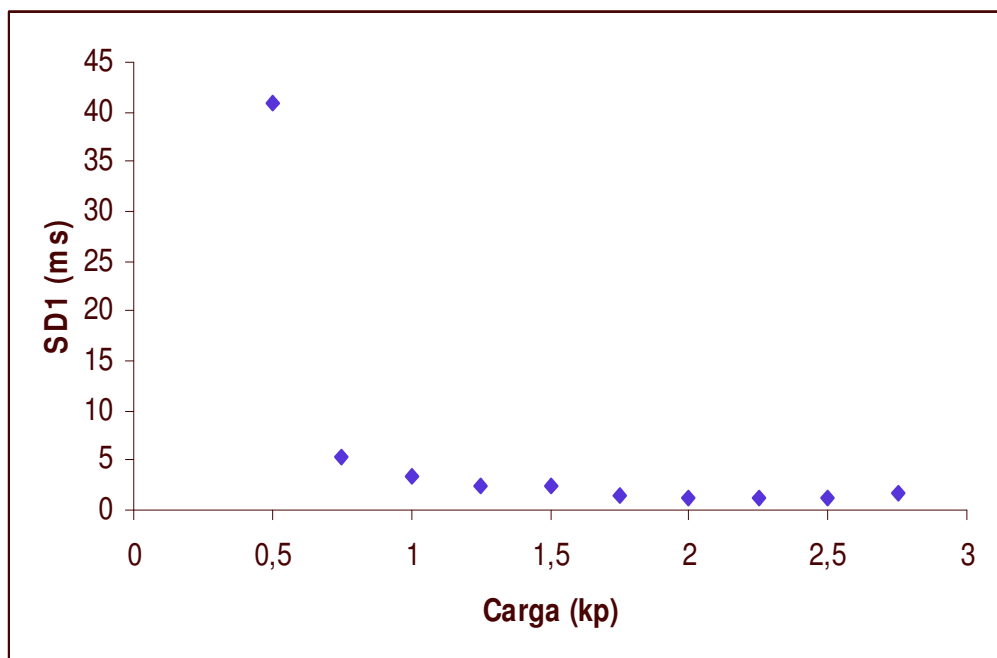


Figura 10 - Gráfico do sujeito 10.

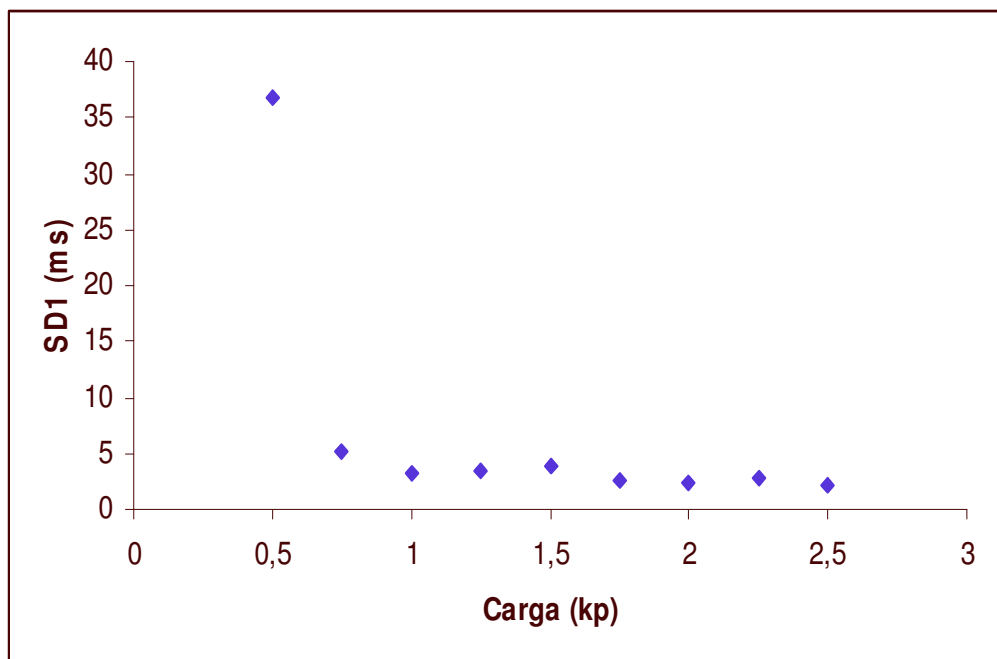


Figura 11 - Gráfico do sujeito 11.

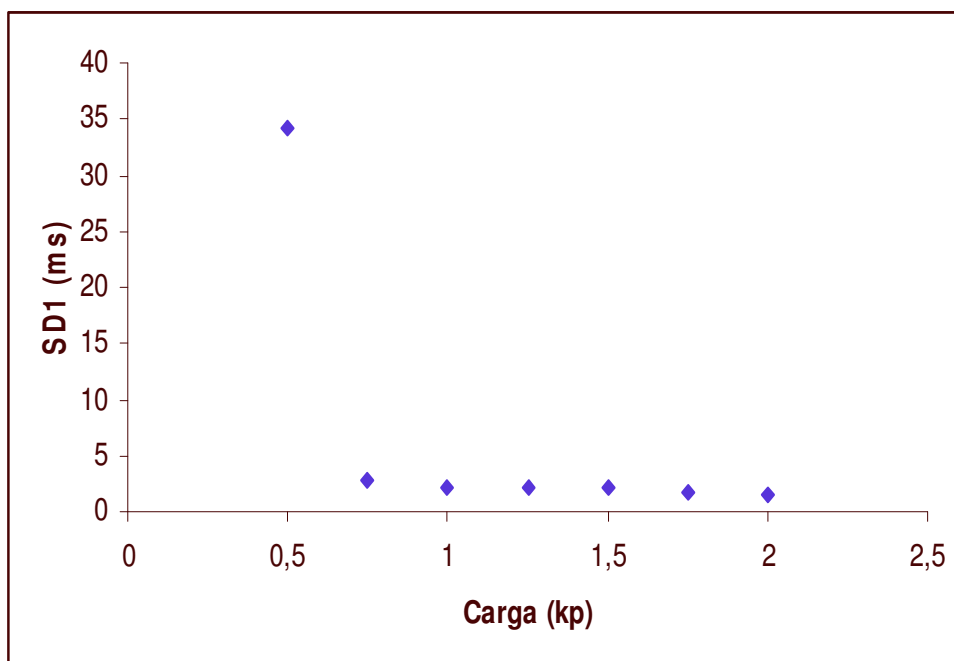


Figura 12 - Gráfico do sujeito 12.

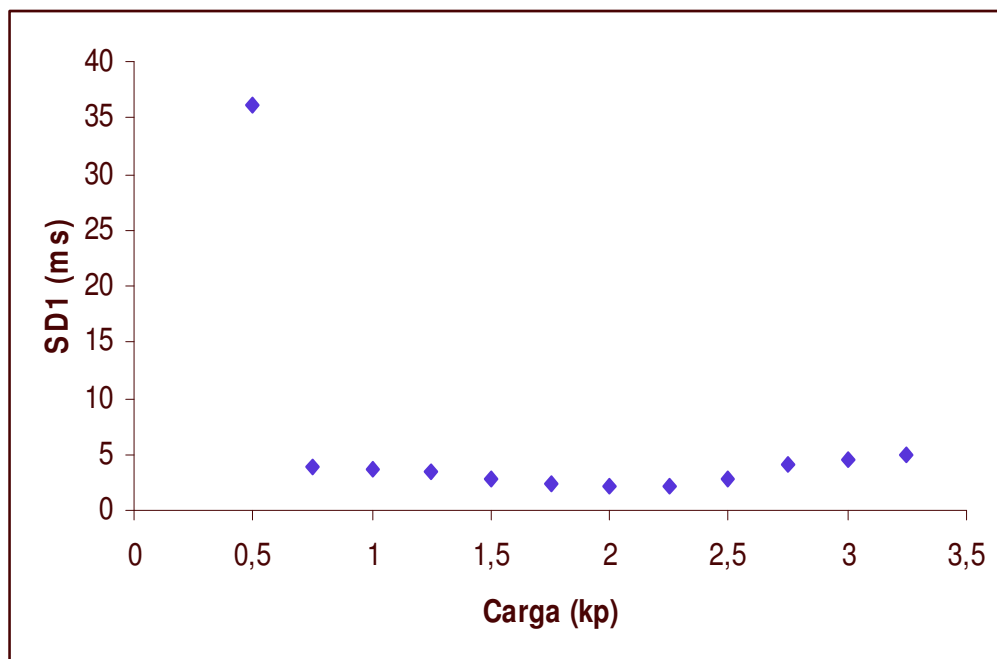


Figura 13 - Gráfico do sujeito 13.

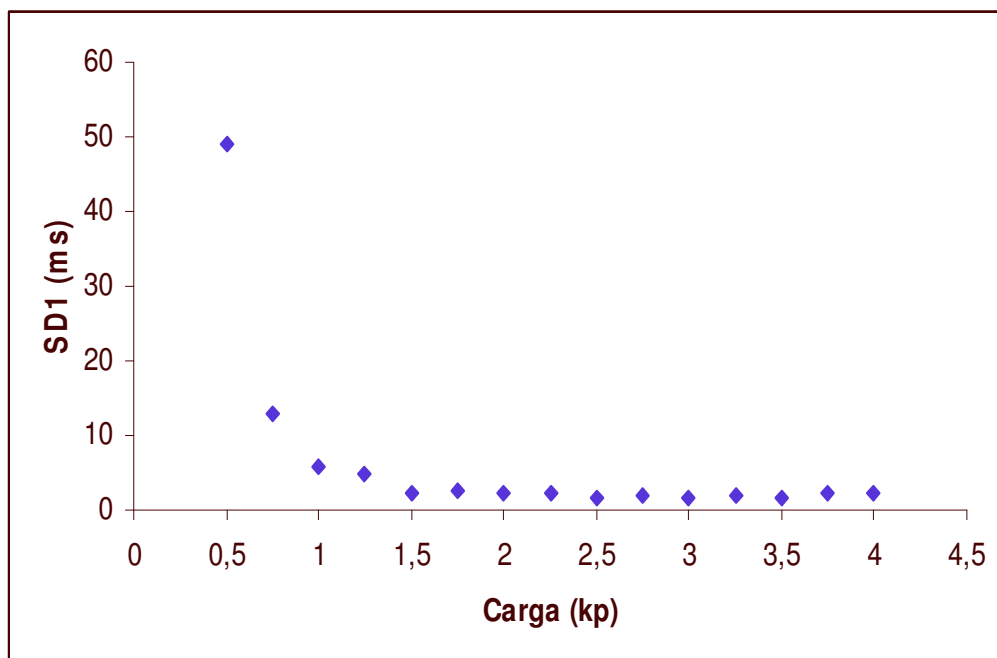


Figura 14 - Gráfico do sujeito 14.

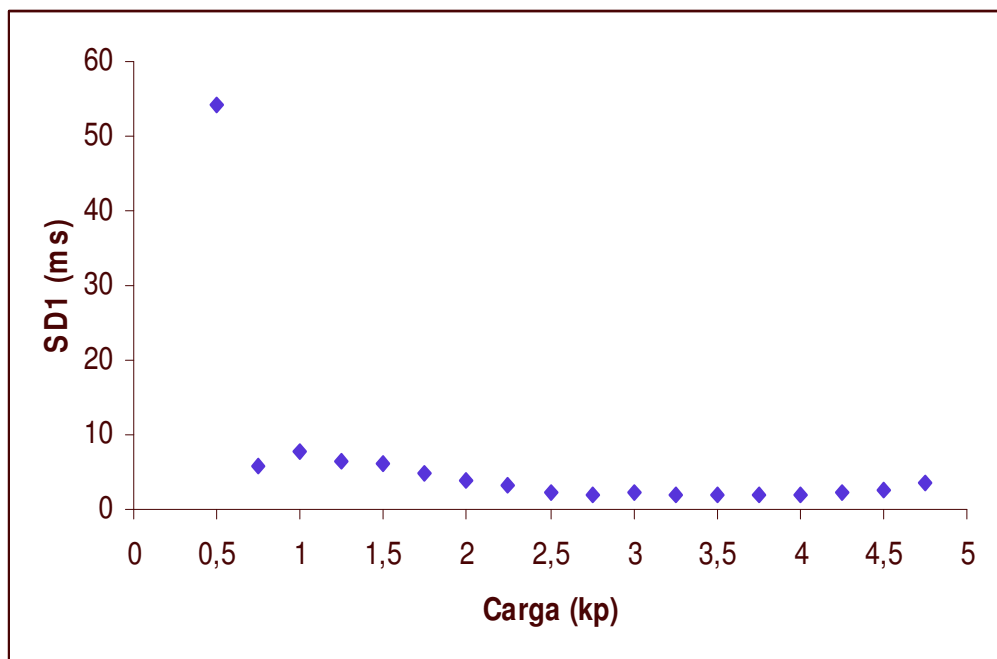
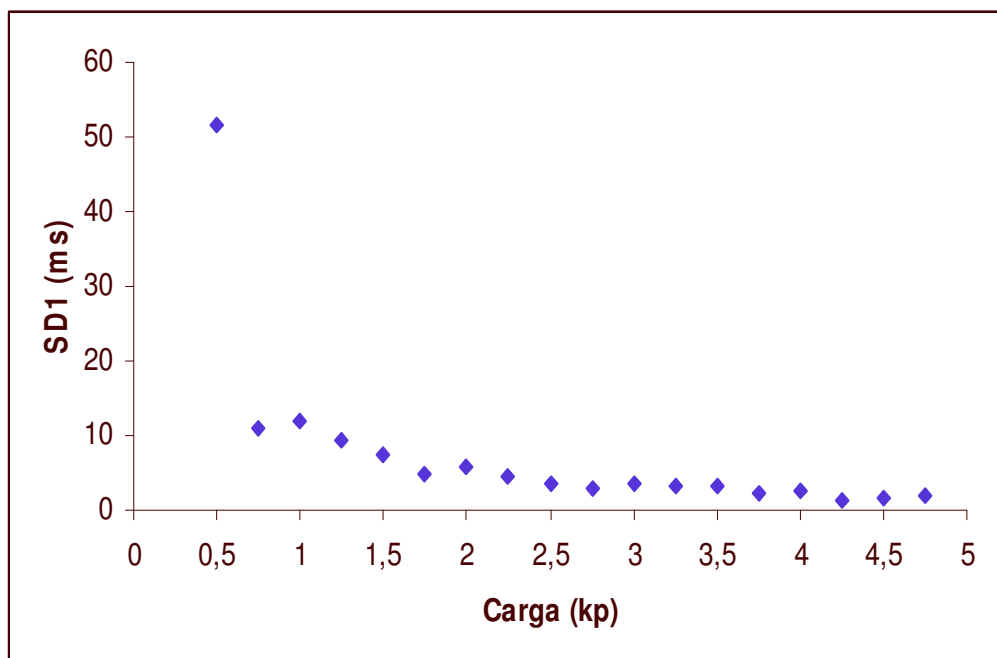


Figura 15 - Gráfico do sujeito 15.



ANEXO II

Gráficos individuais do comportamento do SD1 durante todos os testes de carga constante de todos os sujeitos da amostra. Ac-LVFC = carga acima do LVFC; LVFC = carga de limiar da variabilidade da frequência cardíaca; Ab-LVFC = carga abaixo do LVFC.

Figura 1 - Gráfico do sujeito 1.

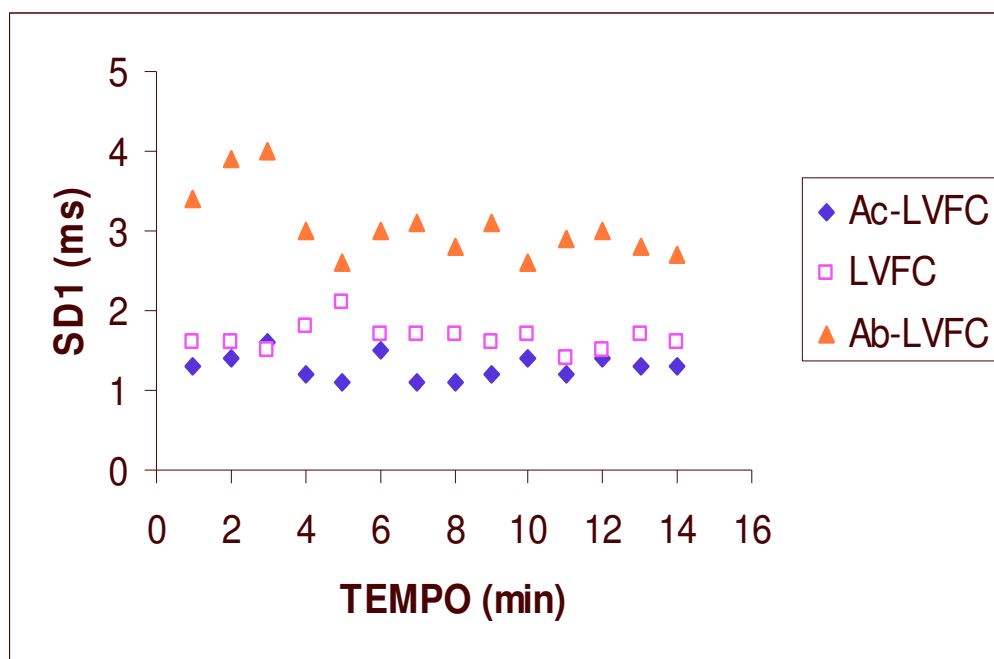


Figura 2 - Gráfico do sujeito 2.

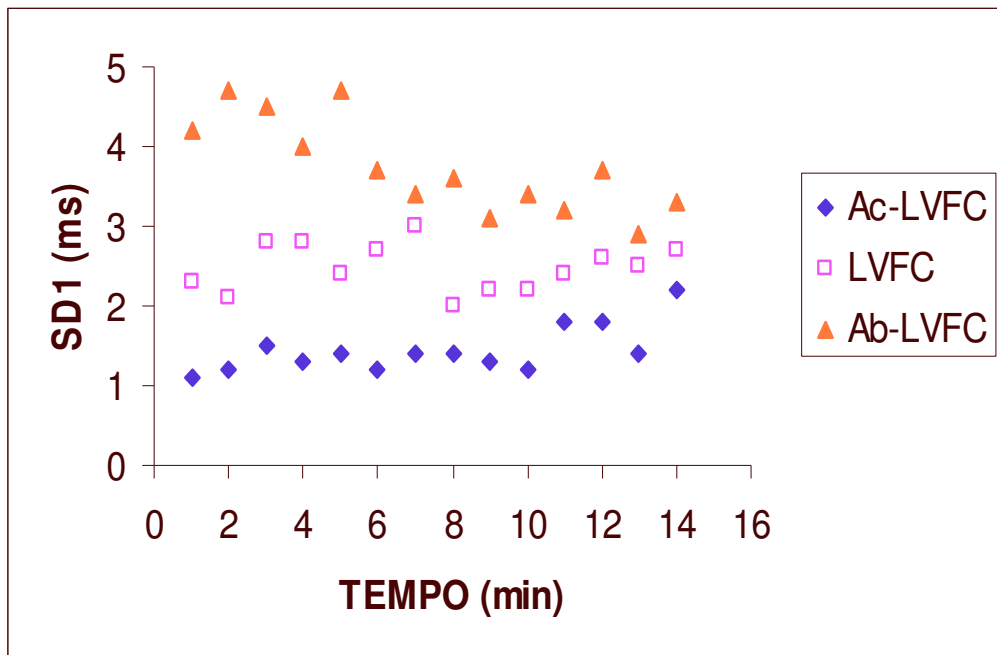


Figura 3 - Gráfico do sujeito 3.

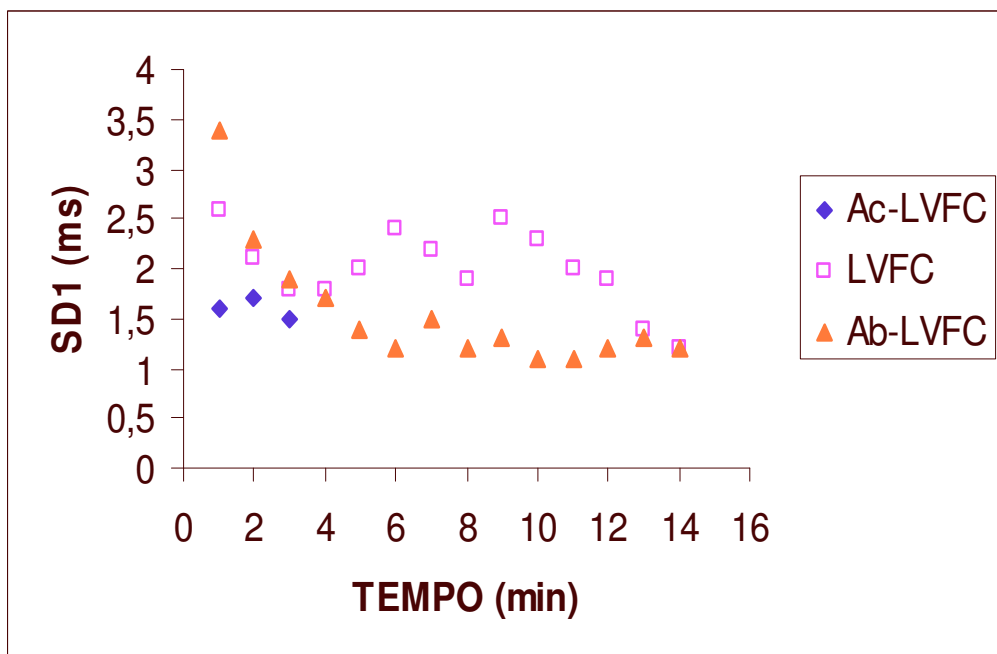


Figura 4 - Gráfico do sujeito 4.

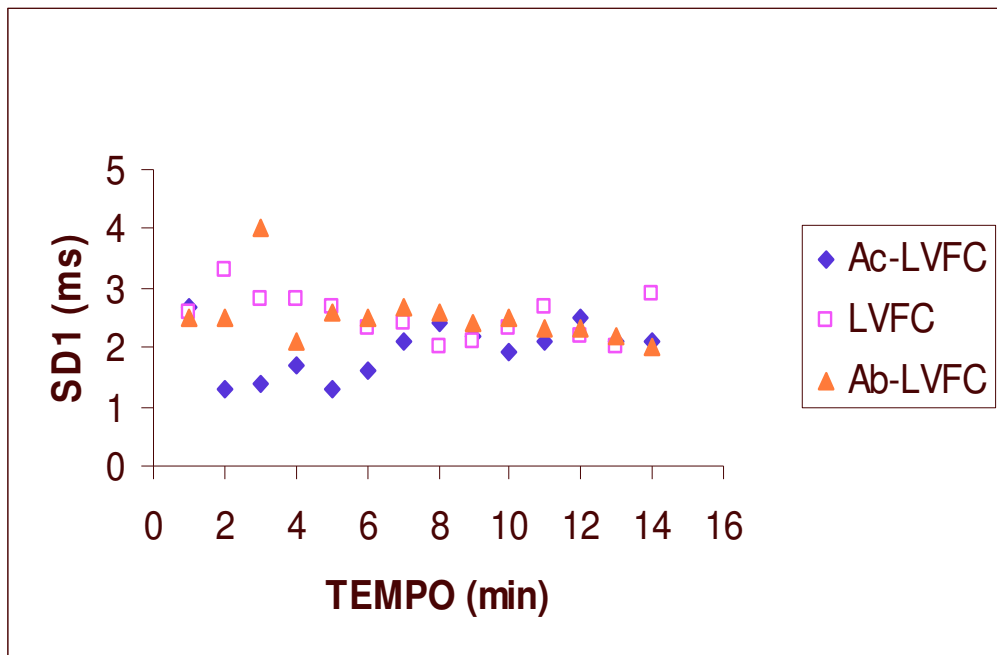


Figura 5 - Gráfico do sujeito 5.

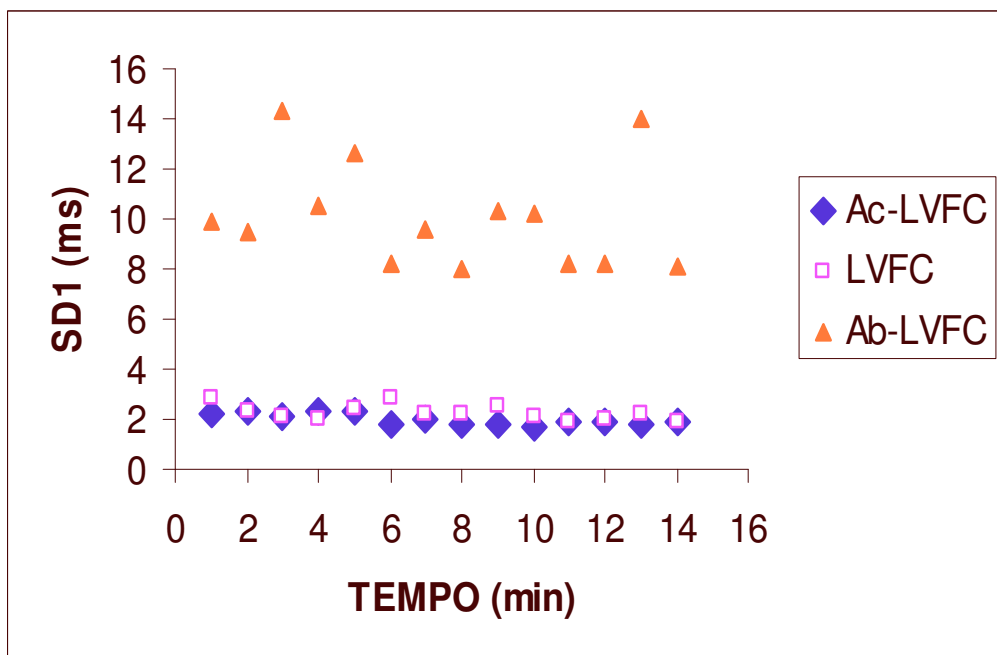


Figura 6 - Gráfico do sujeito 6.

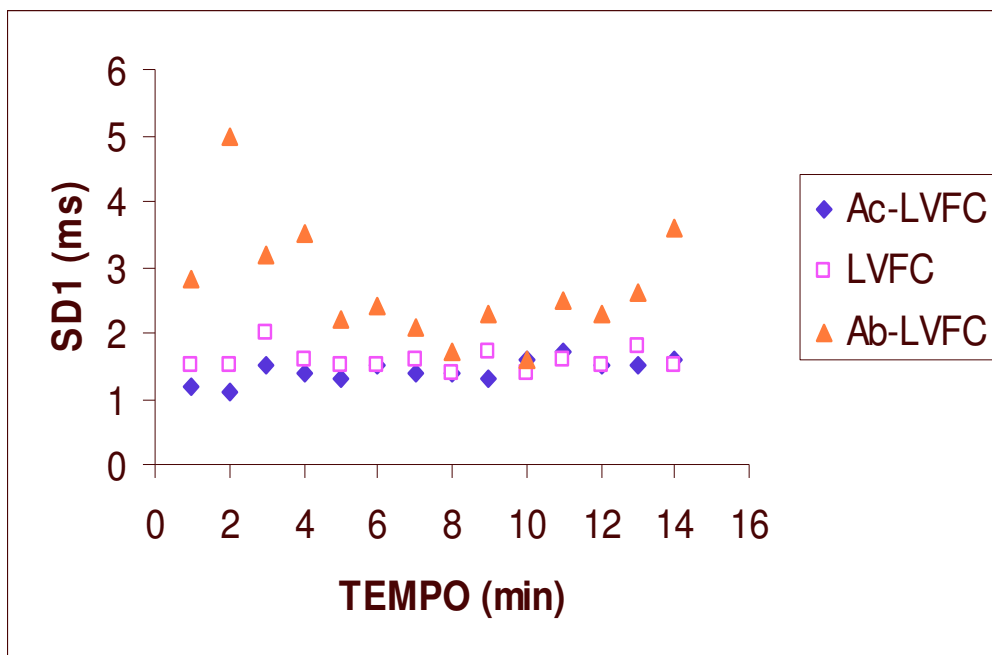


Figura 7 - Gráfico do sujeito 7.

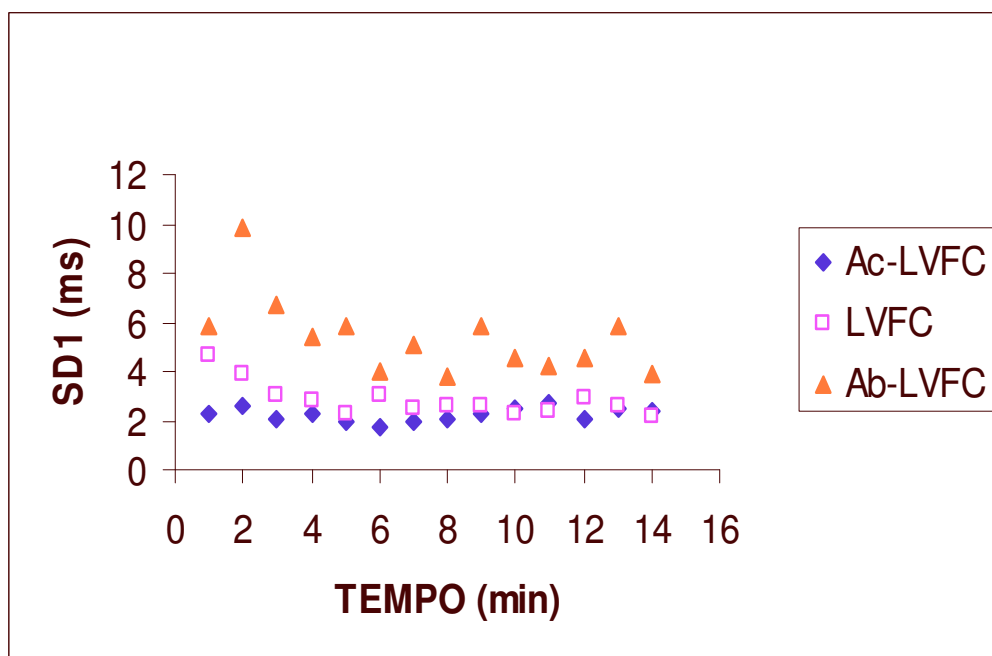


Figura 8 - Gráfico do sujeito 8.

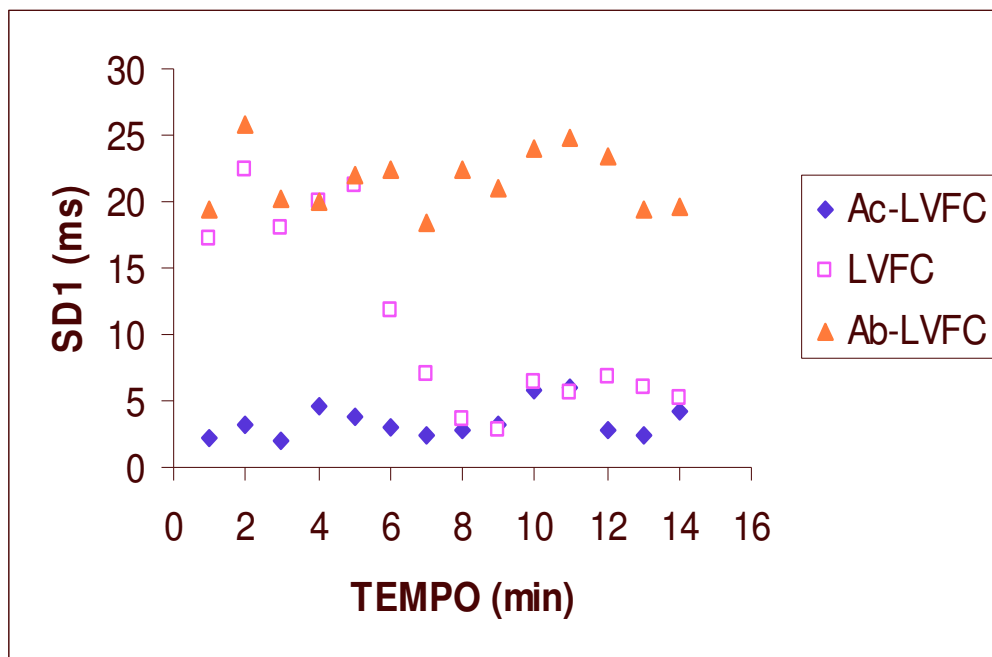


Figura 9 - Gráfico do sujeito 9.

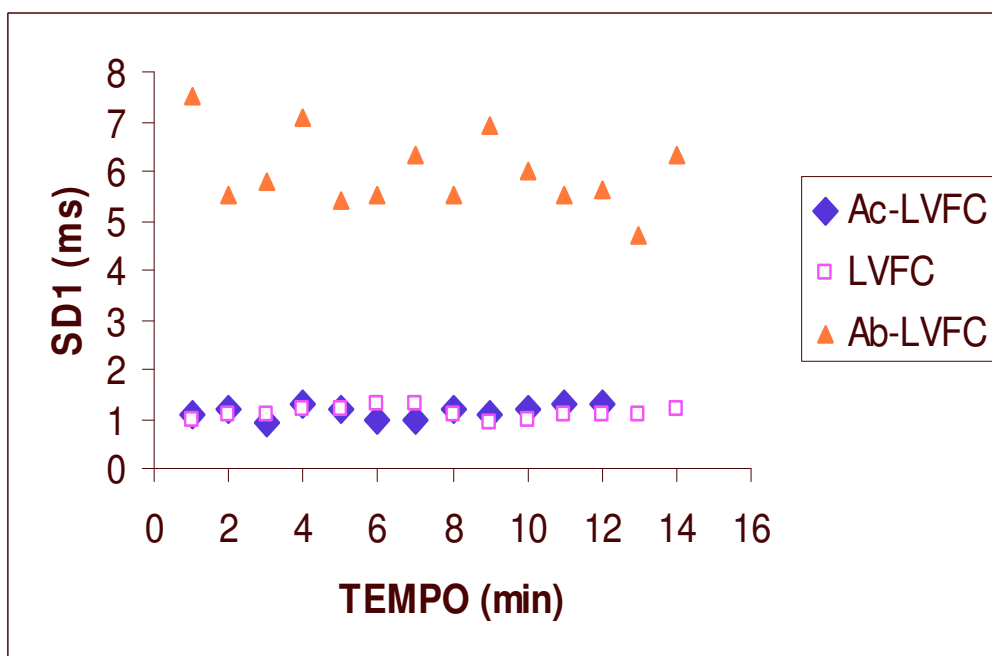


Figura 10 - Gráfico do sujeito 10.

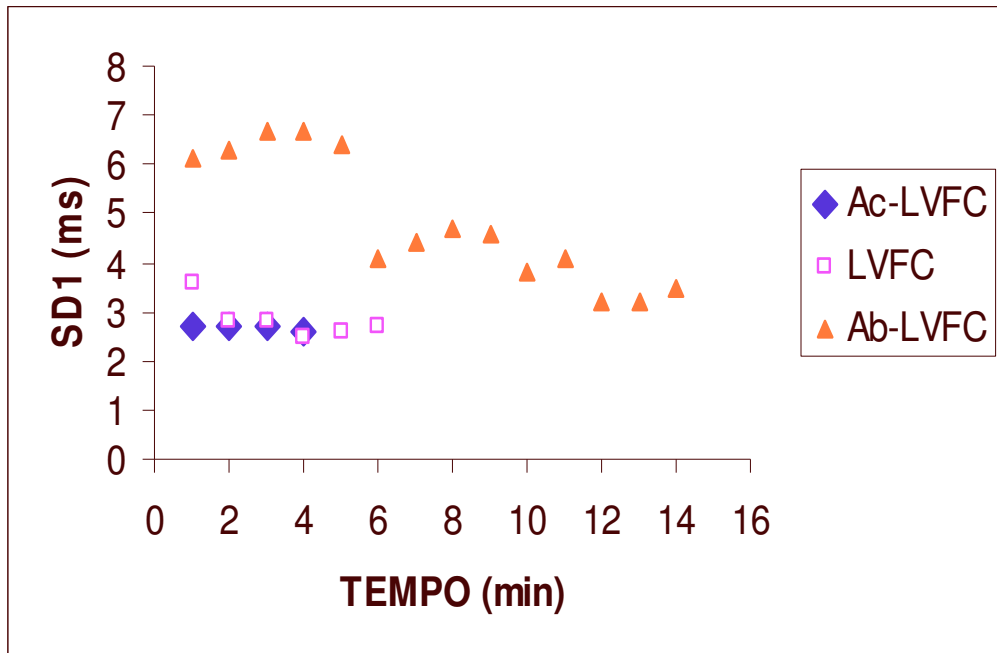


Figura 11 - Gráfico do sujeito 11.

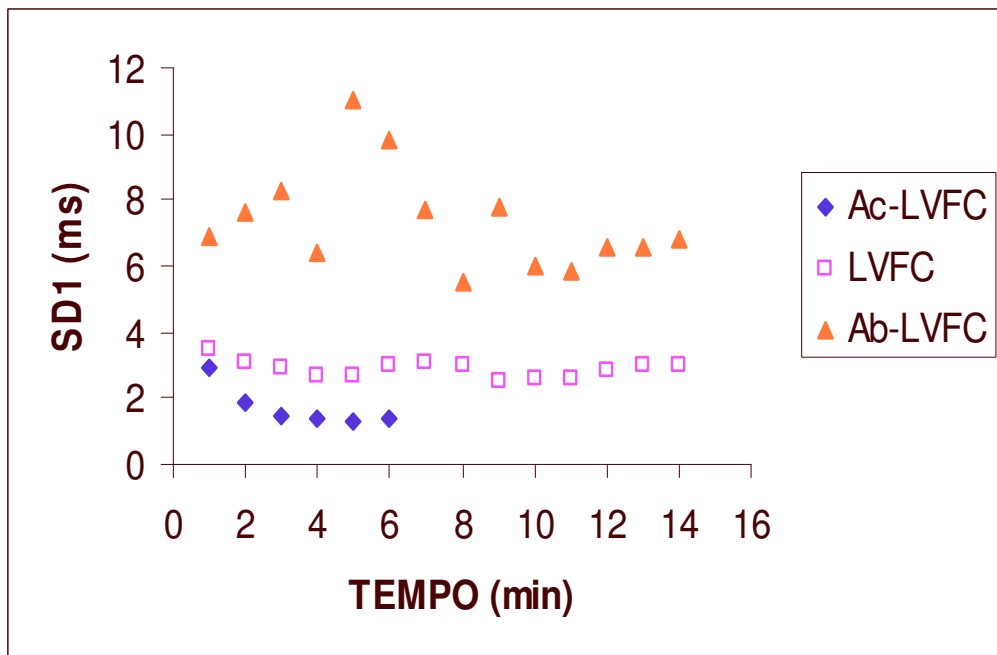


Figura 12 - Gráfico do sujeito 12.

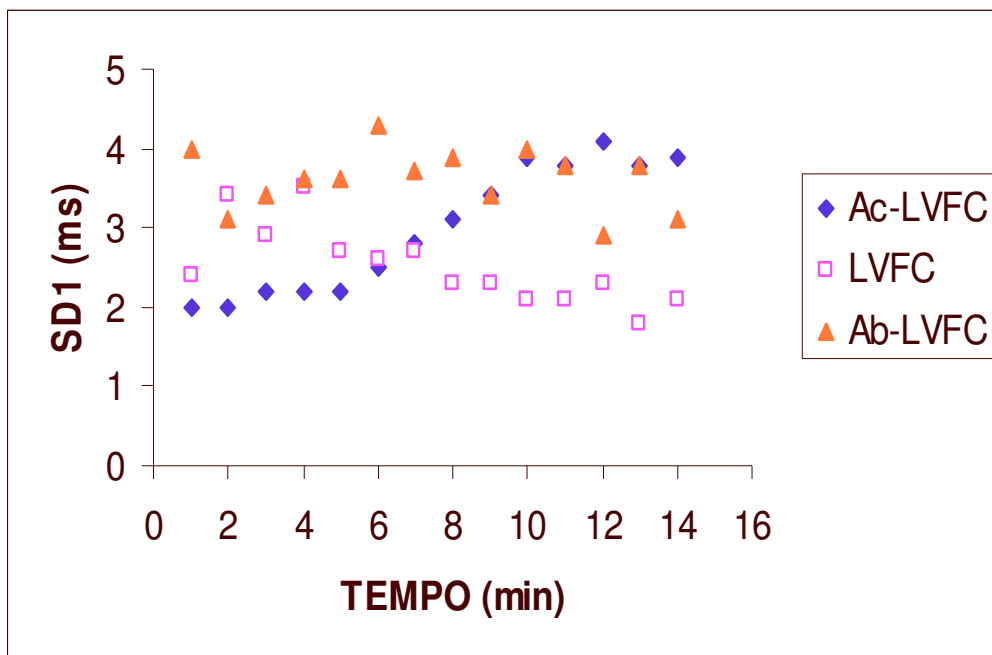


Figura 13 - Gráfico do sujeito 13.

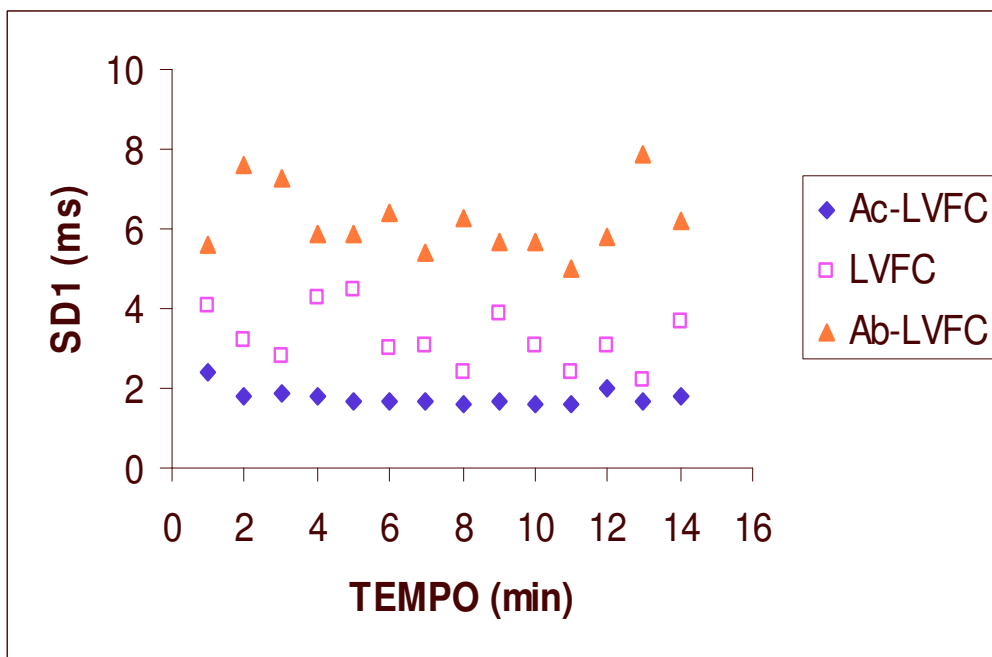


Figura 14 - Gráfico do sujeito 14.

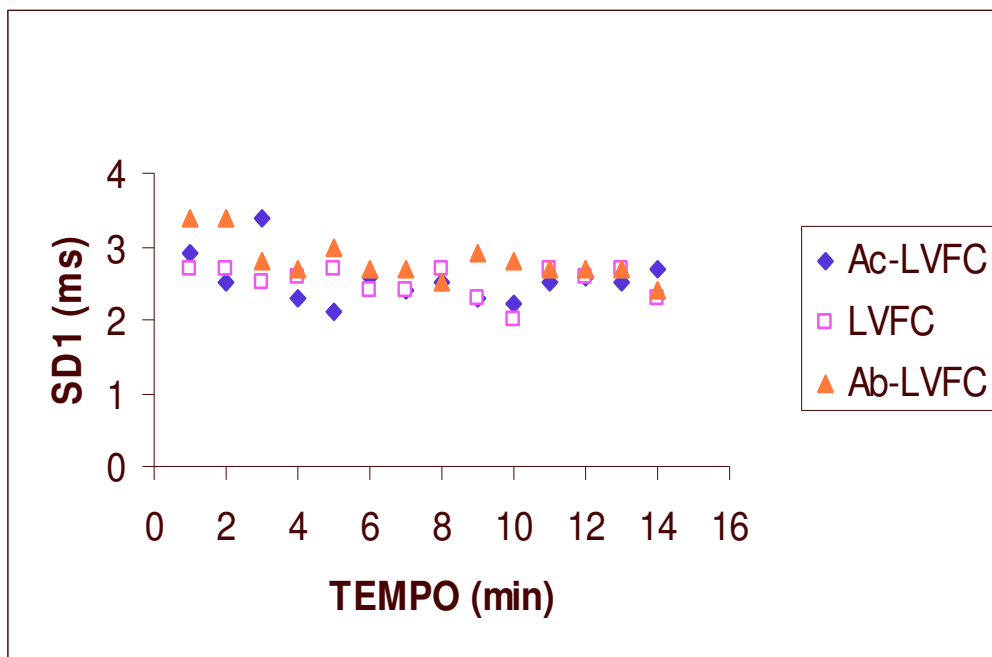
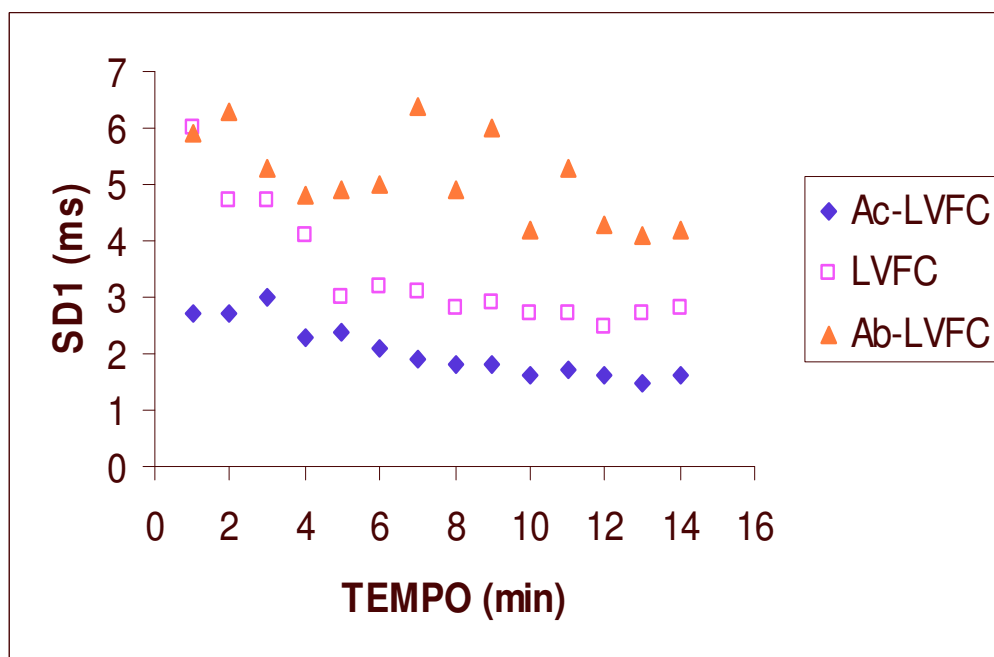


Figura 15 - Gráfico do sujeito 15.



ANEXO III

Gráficos individuais da concentração sanguínea de lactato e da função linear em relação ao tempo de exercício de todos os sujeitos da amostra para os testes de carga constante. Ac-LVFC = carga acima do LVFC; LVFC = carga de limiar da variabilidade da frequência cardíaca; Ab-LVFC= carga abaixo do LVFC.

Figura 1 - Gráfico do sujeito 1.

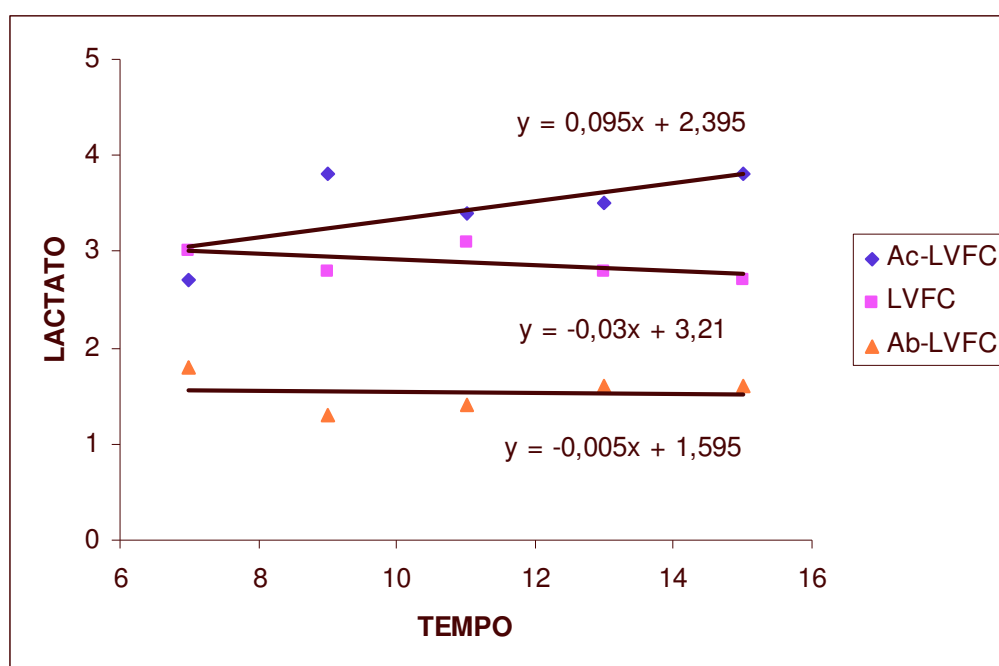


Figura 2 - Gráfico do sujeito 2.

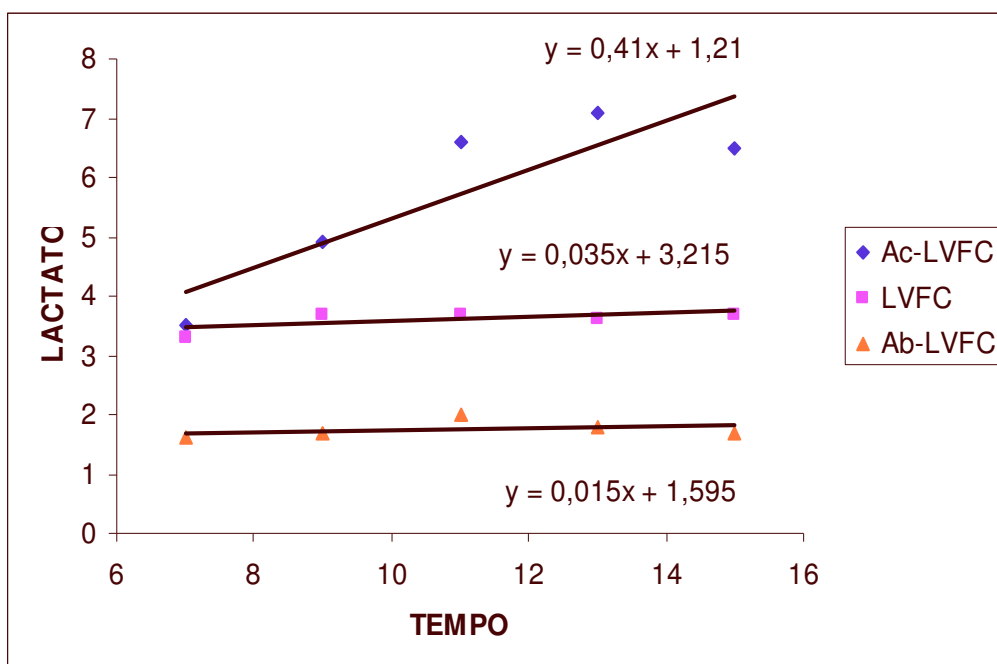


Figura 3 - Gráfico do sujeito 3. O teste na carga Ac-LVFC teve somente uma coleta no 7º minuto.

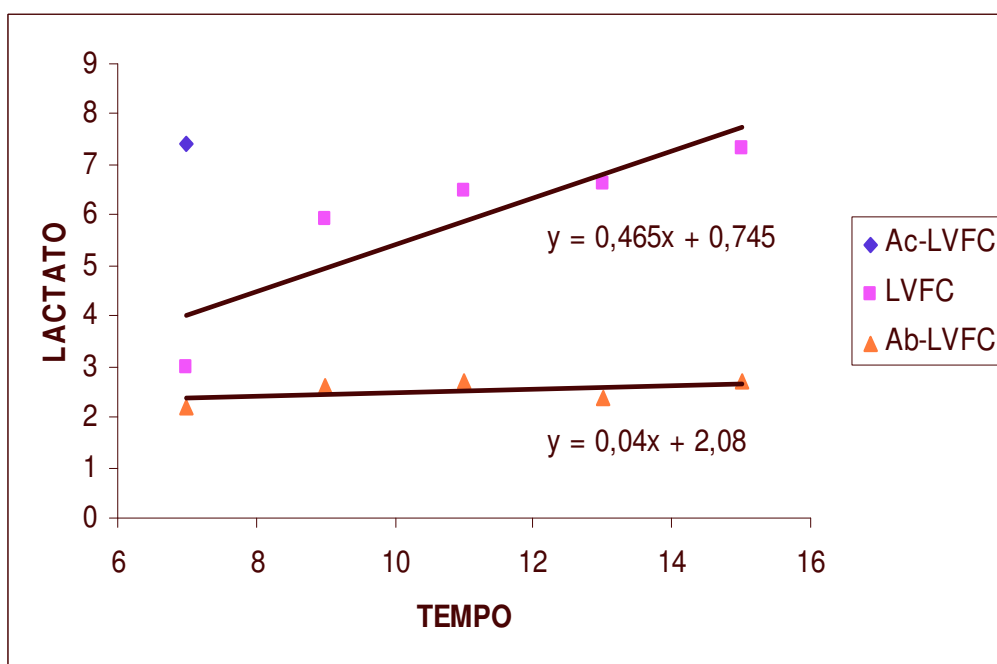


Figura 4 - Gráfico do sujeito 4.

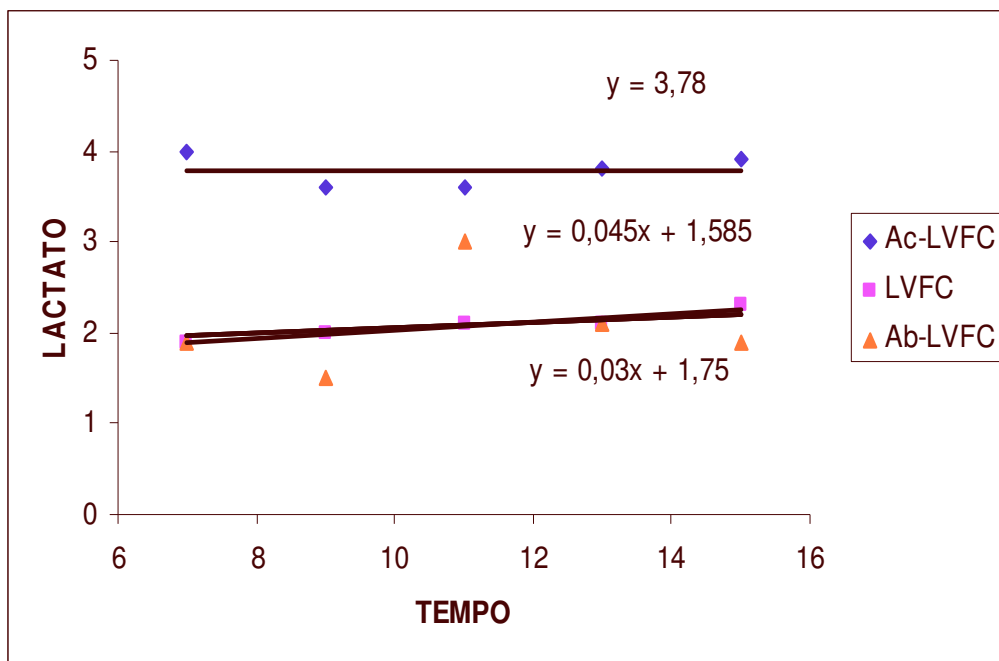


Figura 5 - Gráfico do sujeito 5.

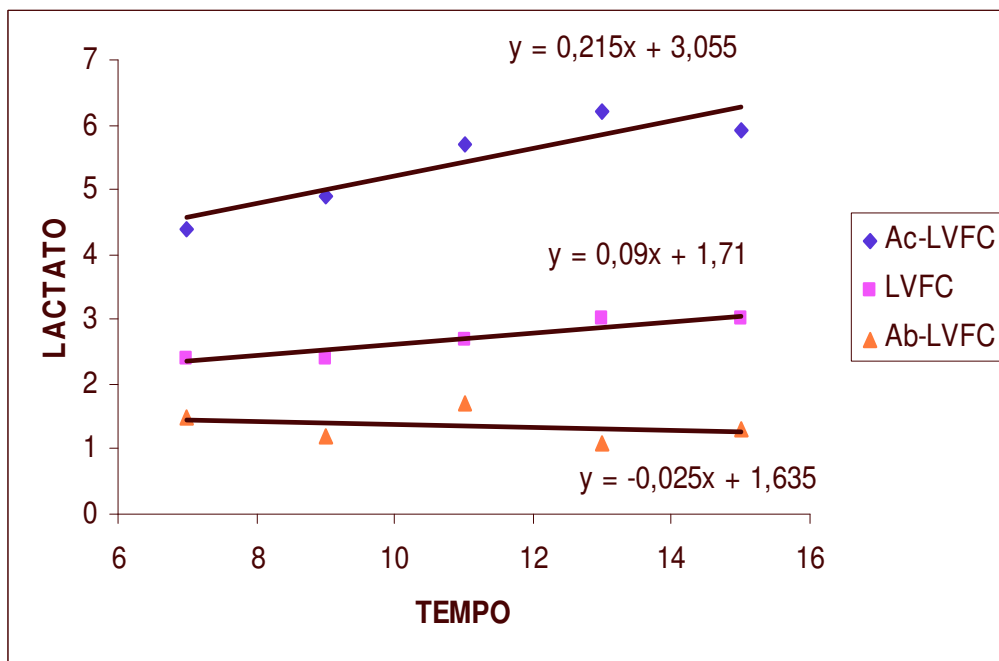


Figura 6 - Gráfico do sujeito 6.

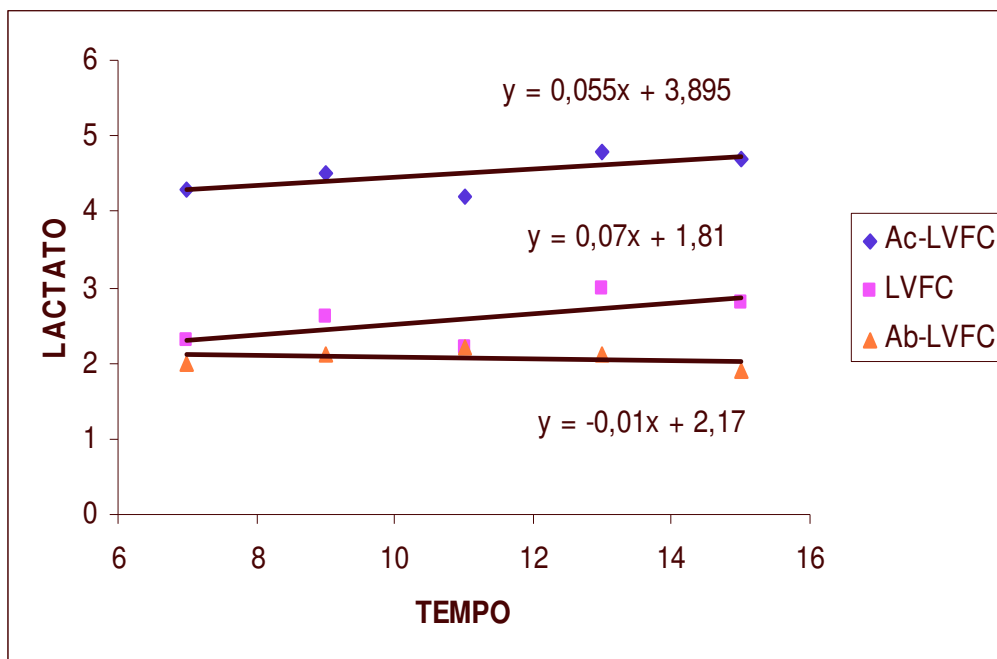


Figura 7 - Gráfico do sujeito 7.

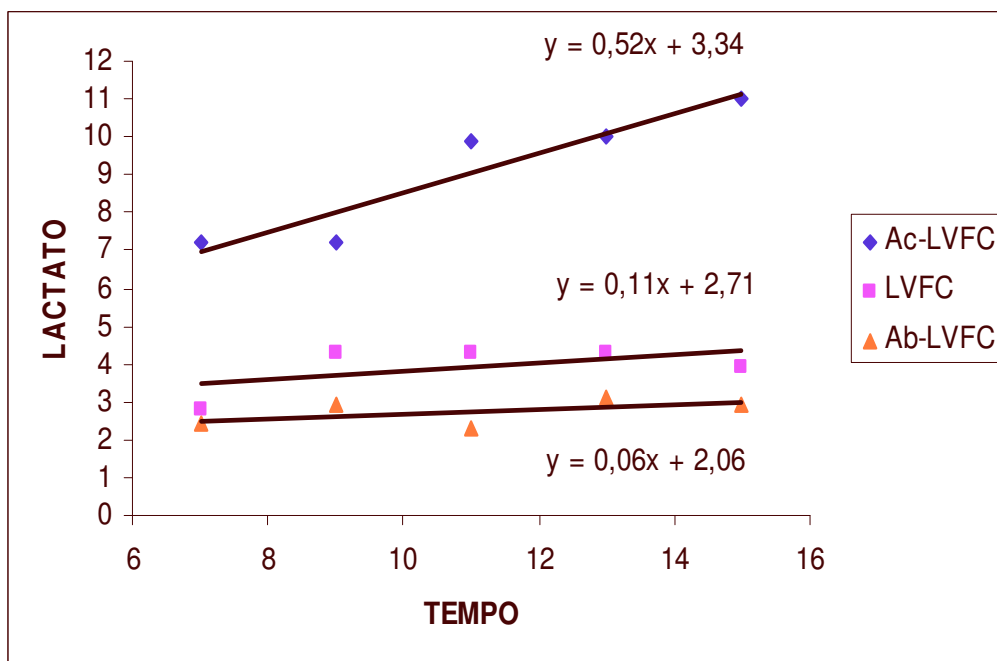


Figura 8 - Gráfico do sujeito 8.

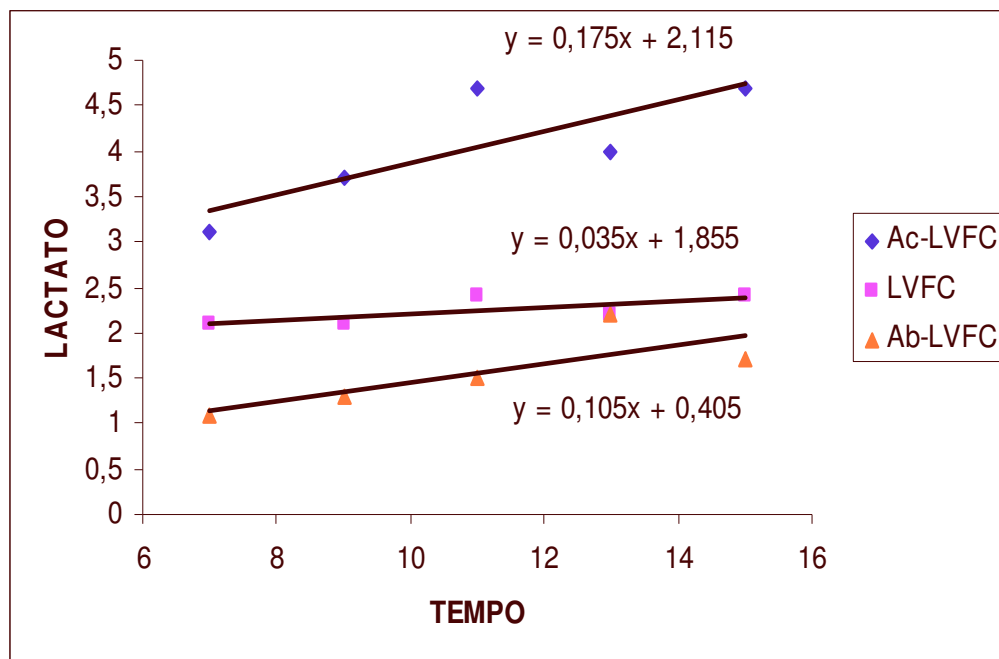


Figura 9 - Gráfico do sujeito 9.

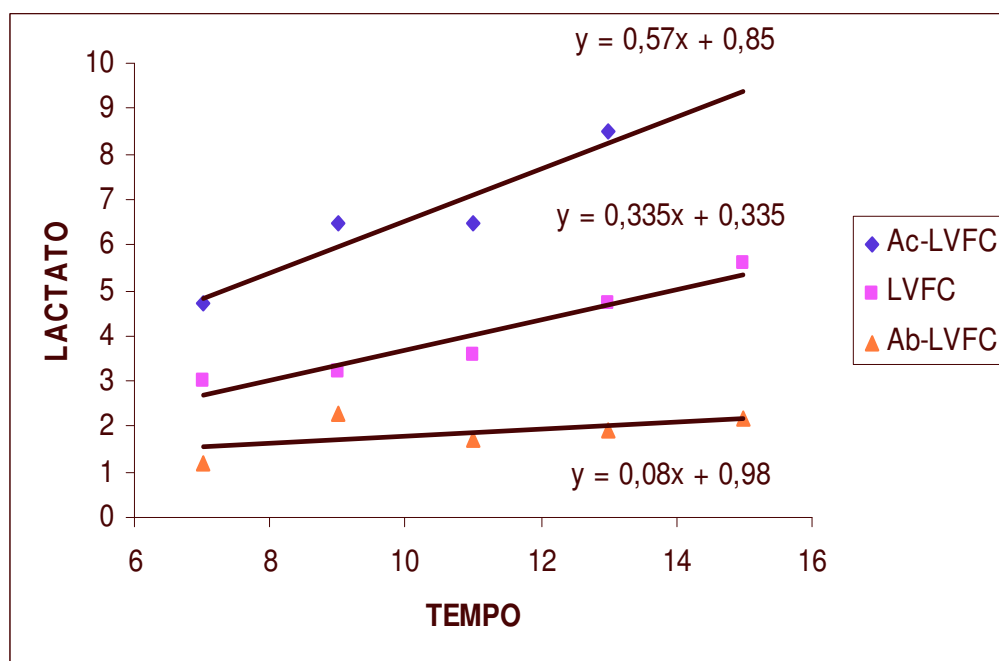


Figura 10 - Gráfico do sujeito 10. Os testes Ac-LVFC e no LVFC tiveram somente uma coleta, ambas no 7º minuto.

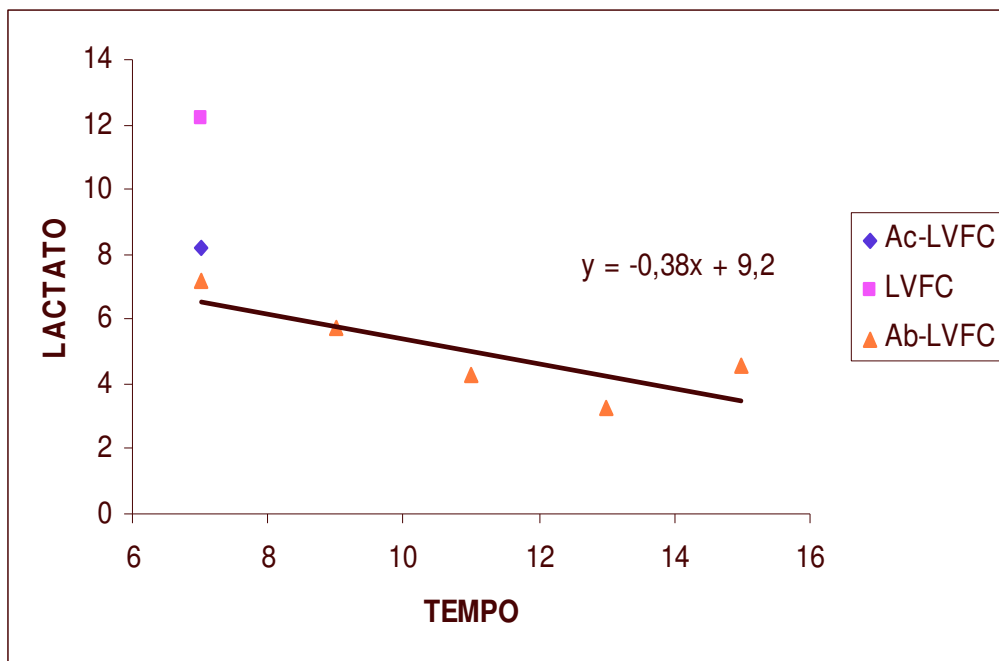
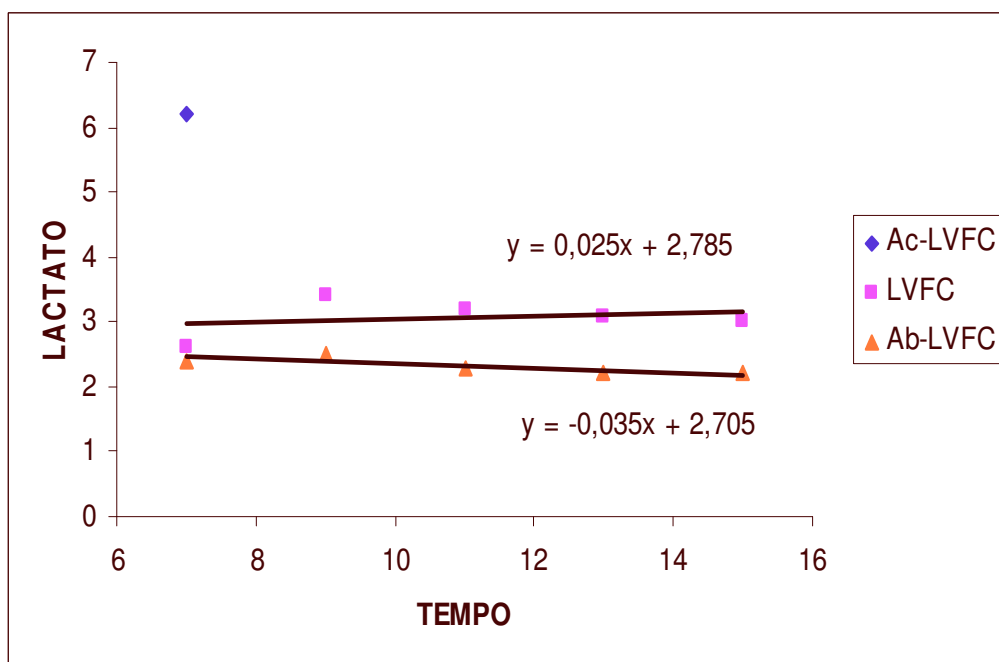


Figura 11 - Gráfico do sujeito 11. O teste Ac-LVFC teve somente uma coleta no 7º minuto.



Figuras 12 - Gráfico para o sujeito 12.

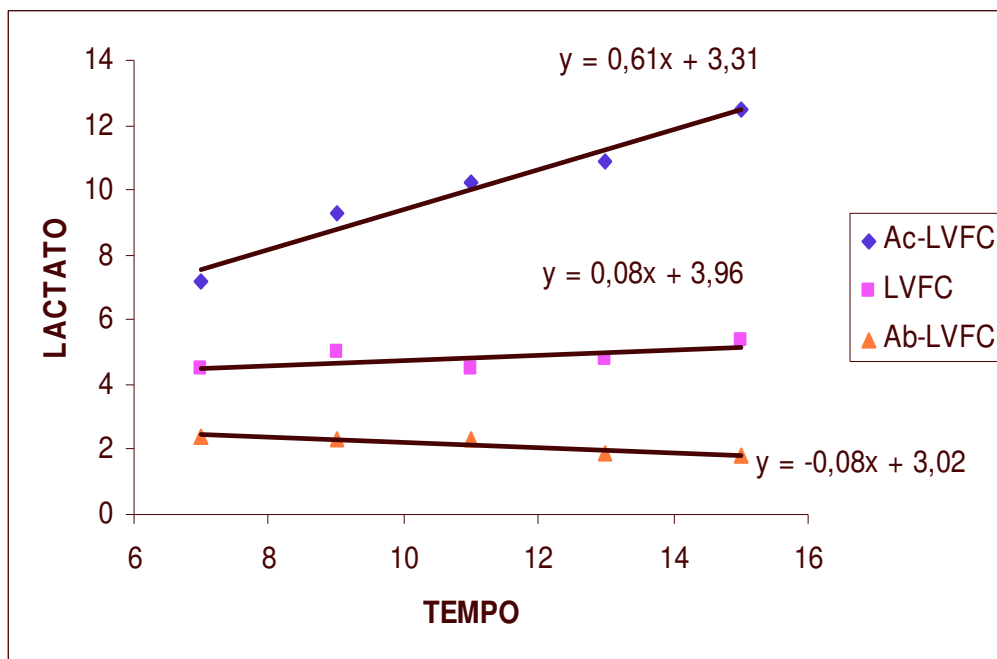


Figura 13 - Gráfico do sujeito 13.

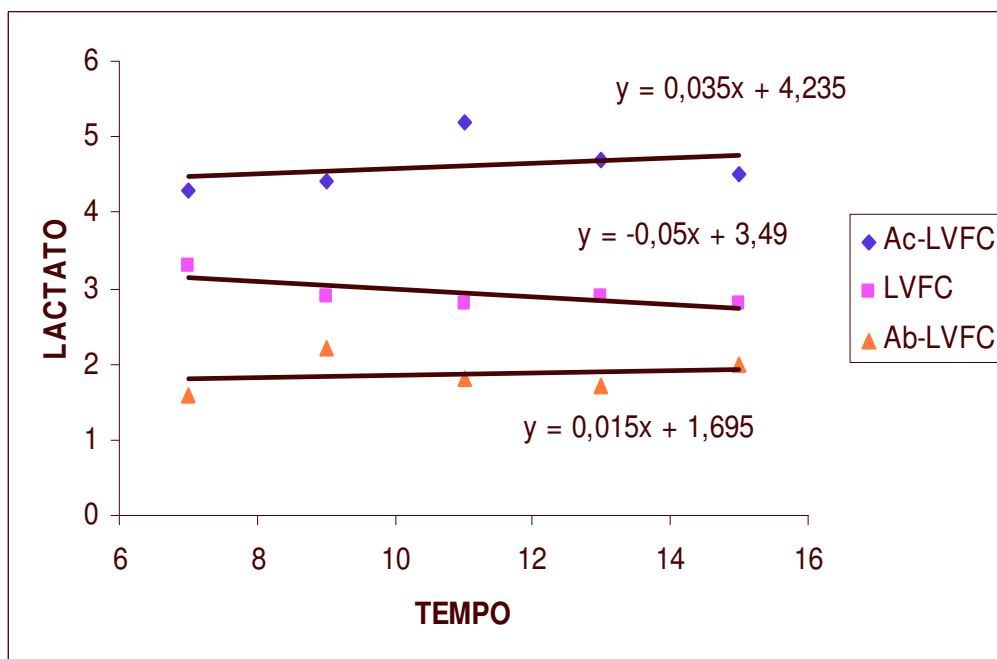


Figura 14 - Gráfico do sujeito 14.

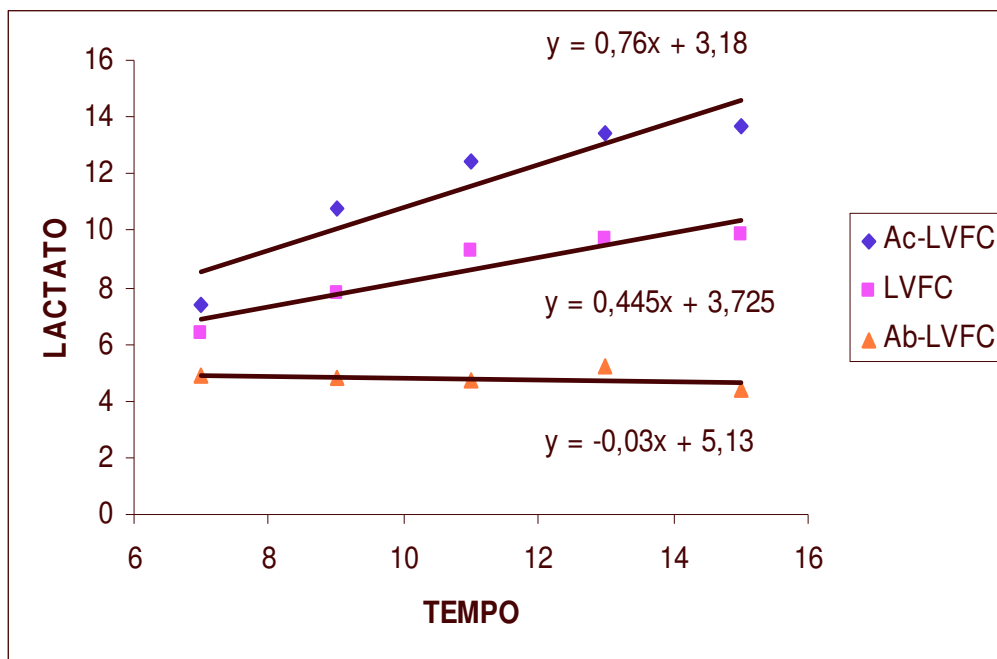
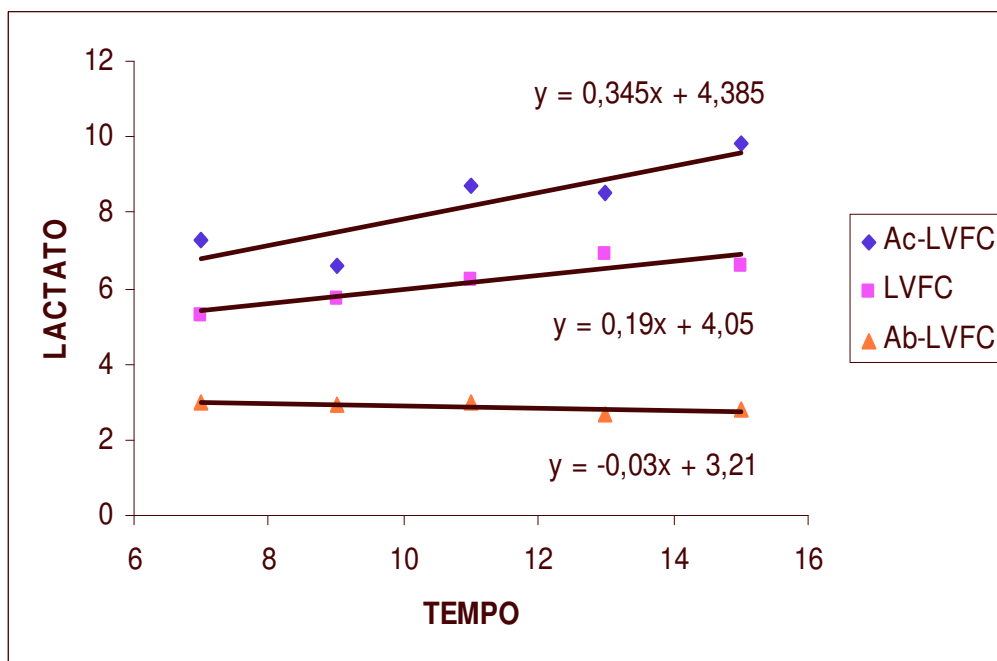
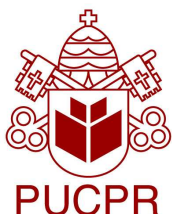


Figura 15 - Gráfico para o sujeito 15.





ANEXO IV

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, _____
portador do RG _____, concordo em ser voluntário no Projeto "Análise da resposta da VFC em diferentes protocolos de exercícios".

Este projeto tem por objetivo avaliar a resposta da VFC em exercícios de carga constante e exercícios de carga progressiva.

Estou ciente que:

1. Participarei das seguintes situações:

- a) Teste progressivo, onde será aumentada a carga em 0,25 Kp a cada minuto e pedalarei até não conseguir manter o ritmo.
- b) Teste em carga constante, onde pedalarei na carga correspondente a 0,5 Kp acima do meu Limiar da VFC por 15 minutos.
- c) Teste em carga constante, onde pedalarei na carga correspondente a 0,5Kp abaixo do meu Limiar da VFC por 15 minutos.
- d) Teste em carga constante, onde pedalarei na carga correspondente à carga do meu Limiar da VFC por 15 minutos.
- e) Em todos os testes utilizarei uma tira no tórax e um relógio do freqüencímetro cardíaco da marca polar.
- f) Nos testes de carga constante serão obtidas amostras de sangue do lóbulo da orelha a cada 2 minuto(uma gota)

2. Serão obtidos nos testes:

- a) Valores de Freqüência Cardíaca ao longo dos testes através do freqüencímetro cardíaco.
- b) Os intervalos de tempo entre cada batimento cardíaco através do freqüencímetro cardíaco.
- c) Valores da concentração sangüínea de lactato. Neste procedimento poderá ser necessária a realização de várias pequenas perfurações no mesmo lóbulo da orelha ou nos dois lóbulos, o que pode resultar em pequeno desconforto e pequeno edema que desaparece em poucos dias.

3. São meus direitos:

- a) Que todas as sessões de testes sejam realizadas por acadêmicos supervisionados por profissionais qualificados e experientes;

b) Que se a qualquer momento, eu experimentar desconforto não usual, será permitida a descontinuidade da atividade durante a avaliação, como também, poderei desistir dos demais processos de avaliação a qualquer momento, sem obrigação de explicação à equipe de avaliadores.

c) A não divulgação de informações pessoais, assim como de imagens que apresentem identificação pessoal, em qualquer veículo de divulgação;

d) Obter os resultados pessoais e utiliza-los para proveito próprio.

4. Os riscos são:

a) Sensação de fadiga pela exigência física das atividades;

b) Dor tardia pelo esforço;

c) Desconforto ao pedalar;

d) Sensação de ardência pela aplicação de pomada vasodilatadora no lóbulo da orelha;

e) Ligeiro edema e pequeno desconforto no lóbulo da orelha, como citado anteriormente;

5. Os dados obtidos, bem como imagens, serão utilizados para publicação e apresentação em congressos científicos e/ou artigos científicos, sem a identificação pessoal.

Avaliado (para maiores de 18 anos):

Avaliador Responsável: