

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ATLÉTICA DE CAVALOS
DA RAÇA ÁRABE SUBMETIDOS A EXERCÍCIO AERÓBICO
EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA

MÁRIO AIGNER RIBEIRO

BOTUCATU – SP

Agosto 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ATLÉTICA DE CAVALOS DA
RAÇA ÁRABE SUBMETIDOS A EXERCÍCIO AERÓBICO EM
ESTEIRA ERGOMÉTRICA

MÁRIO AIGNER RIBEIRO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP –
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Cirurgia Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Armen Thomassian

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Liz Garcia Alves

Botucatu - SP

Agosto 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: Selma Maria de Jesus

Ribeiro, Mário Aigner.

Avaliação da capacidade atlética de cavalos da raça árabe submetidos a exercício aeróbico em esteira ergométrica / Mário Aigner Ribeiro. – 2006.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2006.

Orientador: Armen Thomassian

Co-Orientadora: Ana Liz Garcia Alves

Assunto CAPES: 50501062

1. Equino - Exercícios físicos - Aspectos fisiológicos

CDD 636.12

Palavras-chave: Cavalo árabe; Esteira ergométrica; Exercício aeróbico
Lactato sangüíneo; Músculo glúteo médio

Dedico aos meus “maiores” professores,
meus filhos André e Bianca.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Armen Thomassian, pela orientação e ensinamentos.

À Prof^{ra}. Ana Liz Garcia Alves, pela co-orientação e pela atenção e dedicação dispensados.

Aos meus pais, Ingrid e Mario, pela minha existência, pelo amor, carinho e educação que sempre me propuseram.

Aos meus irmãos, Leonardo, Bruno e Rogério, agradeço por tê-los como irmãos.

À minha esposa, Cibeles, pela compreensão e apoio indispensáveis à realização deste estudo e pelos filhos maravilhosos que Deus nos permitiu.

Aos meus pais e à minha esposa, pelo suporte financeiro determinante às minhas viagens a Botucatu.

Ao Prof. José Luiz de Mello Nicoletti, pela conduta e postura profissionais.

Ao Prof. Carlos Alberto Hussni, pela amizade, companheirismo e pelos incontáveis auxílios prestados.

À Prof^{ra}. Agnemi Kohayagawa, pelo auxílio junto ao Laboratório Clínico.

À Prof^{ra}. Maeli Dal Pai Silva, do Departamento de Morfologia do Instituto de Biociências, pelos ensinamentos de biologia celular e pela permissão em realizar todas as etapas pertinentes à elaboração das análises laboratoriais de músculo.

Ao Prof. Carlos Roberto Padovani (Carlão), do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências, pela amizade e análise estatística deste estudo.

Ao Prof. Flávio Ferrari Aragon, do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências, pelo auxílio prestado na análise estatística.

Ao Prof. João Carlos Pinheiro Ferreira e ao funcionário Valter Osvaldo Fabris, do Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária, pelo fornecimento de nitrogênio líquido.

Aos funcionários da Seção de Atividades Auxiliares da DSAA e da Seção de Conservação e Manutenção, pelos auxílios prestados.

Aos funcionários do Departamento de Cirurgia e Anestesiologia, José Correa (Zito) e Melissa Ágata Saleme, pelos auxílios prestados.

À funcionária Sueli Cruz Michelin, pelos ensinamentos no Laboratório de Histoquímica do Departamento de Morfologia do Instituto de Biociências e pelos auxílios prestados.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação, Denise Aparecida Fioravanti Garcia, Maria Aparecida Dias Almeida Manoel e Maria Regina Tenor Forlin, pelos auxílios prestados.

Às bibliotecárias Marluci Betini e Rosemary Cristina da Silva, pelo auxílio nas orientações pertinentes à FAPESP e na revisão das referências.

À FAPESP pelo auxílio à pesquisa concedido à realização deste estudo.

Aos colegas Veridiana Fernandes Silveira, Luciana Pereira Machado, Mere Érika Saito, Regina de Cássia Veronesi, Sandro Colla e Alessandra de Souza Barreto, pelo auxílio na alimentação e nos cuidados aos cavalos.

Aos colegas Veridiana Fernandes Silveira, Luciana Pereira Machado, Mere Érika Saito, Regina de Cássia Veronesi, Sandro Colla, Marcos Jun Watanabe e Prof. Armen Thomassian, pelos exercícios promovidos aos cavalos na esteira.

À mestrande Fernanda Regina Carani, pelos auxílios no Laboratório de Histoquímica.

Aos residentes Andressa, Bruna, Júlia, Rolf, Lucas e Bruno, pelos auxílios prestados.

Ao colega George Ben Josef, por sempre oferecer auxílio e pela amizade.

A todos aqueles que colaboraram para que este estudo fosse concluído.

Aos cavalos, pela beleza que encanta meus olhos e pela colaboração imprescindível à execução deste estudo.

A Jesus Cristo, nosso salvador!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA.....	22
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	23
4. MATERIAL E MÉTODO.....	30
4.1 Avaliações Pré-Condicionamento.....	30
4.1.1 Avaliações em Repouso.....	30
4.1.1.1 Exame Físico.....	30
4.1.1.2 Hemograma.....	31
4.1.1.3 Avaliação Videoendoscópica do Sistema Respiratório Superior.....	31
4.1.2 Avaliações Dinâmicas.....	32
4.1.2.1 Avaliação Morfofuncional da Laringe.....	32
4.1.2.2 Avaliação do Aparelho Locomotor.....	32
4.2 Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (EBILD).....	33
4.3 Teste Ergométrico de Resistência (TER).....	38
4.4 Avaliações Musculares.....	40
4.5 Análise Estatística.....	46
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	46
5.1 Avaliações Pré-Condicionamento.....	47
5.1.1 Avaliações em Repouso.....	47
5.1.1.1 Exame Físico.....	47
5.1.1.2 Hemograma.....	48
5.1.1.3 Avaliação Videoendoscópica do Sistema Respiratório Superior.....	50
5.1.2 Avaliações Dinâmicas.....	50
5.1.2.1 Avaliação Morfofuncional da Laringe.....	50
5.1.2.2 Avaliação do Aparelho Locomotor.....	50
5.2 Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (EBILD).....	51
5.3 Teste Ergométrico de Resistência (TER).....	74
5.4 Avaliações Musculares.....	98
6. CONCLUSÕES.....	105
7. REFERÊNCIAS.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cell-Dyn 3500R.....	31
Figura 2. Esteira Ergométrica Kagra 2200 – Mustang.....	32
Figura 3. Termo-higrômetro.....	33
Figura 4. Monitor Cardíaco.....	35
Figura 5. Lactímetro e tira-teste.....	36
Figura 6. Biópsia do Músculo Glúteo Médio.....	42
Figura 7. Agulha de Bergström 5.0.....	43
Figura 8. Micrótomos Criostatos.....	44
Figura 9. Fragmento de músculo fixado ao suporte metálico com adesivo específico e Guia <i>Anti-roll</i>	44
Figura 10. Câmera de Captura de Imagens Leica DFC 300 FX Microscópio Leica DM-LB e Sistema Computadorizado para Análise de Imagens, o Software Leica Qwin Standard V 3.1.0.....	46
Figura 11. Peso Corpóreo dos Cavalos 1 a 5.....	48
Figura 12. Frequência Cardíaca em Repouso (Média $\pm$ DP) – EBILD.....	52
Figura 13. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 1.....	53
Figura 14. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 2.....	53
Figura 15. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 3.....	54
Figura 16. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 4.....	54
Figura 17. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 5.....	55
Figura 18. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 6.....	55
Figura 19. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 7.....	56
Figura 20. Frequência Cardíaca Diária (Média $\pm$ DP) – EBILD – Cavalo 8.....	56
Figura 21. Frequência Cardíaca (Média $\pm$ DP) – EBILD.....	58
Figura 22. Frequência Cardíaca Máxima (Média e Máxima) – EBILD.....	59
Figura 23. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD.....	59
Figura 24. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD – Semana 1.....	60
Figura 25. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD – Semana 2.....	60
Figura 26. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD – Semana 3.....	61
Figura 27. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD – Semana 4.....	61
Figura 28. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD – Semana 5.....	62

Figura 29. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD – Semana 6.....	62
Figura 30. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) – EBILD – Semana 7.....	63
Figura 31. Frequência Cardíaca de Recuperação (Média) – EBILD.....	63
Figura 32. Frequência Respiratória (Média) – Semana 1 – EBILD.....	64
Figura 33. Frequência Respiratória (Média) – Semana 2 – EBILD.....	65
Figura 34. Frequência Respiratória (Média) – Semana 3 – EBILD.....	65
Figura 35. Frequência Respiratória (Média) – Semana 4 – EBILD.....	66
Figura 36. Frequência Respiratória (Média) – Semana 5 – EBILD.....	66
Figura 37. Frequência Respiratória (Média) – Semana 6 – EBILD.....	67
Figura 38. Frequência Respiratória (Média) – Semana 7 – EBILD.....	67
Figura 39. Frequência Respiratória Inicial e Final (Média $\pm$ DP) – EBILD.....	69
Figura 40. Temperatura Retal - Inicial e Final (Média $\pm$ DP) – EBILD.....	72
Figura 41. Temperatura Ambiente - Inicial e Final (Média $\pm$ DP) – EBILD.....	72
Figura 42. Umidade Relativa do Ar - Inicial e Final (Média $\pm$ DP) – EBILD.....	73
Figura 43. Frequência Cardíaca em Repouso – TER.....	74
Figura 44. Frequência Respiratória - Inicial e Final – TER.....	75
Figura 45. Temperatura Retal - Inicial e Final – TER.....	76
Figura 46. Frequência Cardíaca - Cavalo 1 - TER.....	76
Figura 47. Frequência Cardíaca - Cavalo 2 - TER.....	77
Figura 48. Frequência Cardíaca - Cavalo 3 - TER.....	77
Figura 49. Frequência Cardíaca - Cavalo 4 - TER.....	78
Figura 50. Frequência Cardíaca - Cavalo 5 - TER.....	78
Figura 51. Frequência Cardíaca - Cavalo 6 - TER.....	79
Figura 52. Frequência Cardíaca - Cavalo 7 - TER.....	79
Figura 53. Frequência Cardíaca - Cavalo 8 - TER.....	80
Figura 54. Frequência Cardíaca Máxima – TER.....	81
Figura 55. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 1 - TER.....	82
Figura 56. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 2 - TER.....	82
Figura 57. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 3 - TER.....	83
Figura 58. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 4 - TER.....	83
Figura 59. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 5 - TER.....	84
Figura 60. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 6 - TER.....	84
Figura 61. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 7 - TER.....	85
Figura 62. Frequência Cardíaca de Recuperação - Cavalo 8 - TER.....	85

Figura 63. Lactato Sangüíneo - Cavalo 1 - TER.....	86
Figura 64. Lactato Sangüíneo - Cavalo 2 - TER.....	87
Figura 65. Lactato Sangüíneo - Cavalo 3 - TER.....	87
Figura 66. Lactato Sangüíneo - Cavalo 4 - TER.....	88
Figura 67. Lactato Sangüíneo - Cavalo 5 - TER.....	88
Figura 68. Lactato Sangüíneo - Cavalo 6 - TER.....	89
Figura 69. Lactato Sangüíneo - Cavalo 7 - TER.....	89
Figura 70. Lactato Sangüíneo - Cavalo 8 - TER.....	90
Figura 71. Lactato Sangüíneo de Recuperação ao Passo - TER.....	92
Figura 72. Temperatura Ambiente - Inicial e Final - TER.....	93
Figura 73. Umidade Relativa do Ar - Inicial e Final - TER.....	93
Figura 74. Modelo de Regressão Exponencial do Lactato Sangüíneo - TER.....	94
Figura 75. Fotomicrografias de cortes histológicos do músculo glúteo médio (HE) – aumento 40X.....	99
Figura 76. Fotomicrografias de cortes histológicos de músculo glúteo médio (NADH-TR) – aumento 40X.....	100
Figura 77. Fotomicrografias de cortes histológicos de músculo glúteo médio (mATPase) – aumento 40X.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores Hematológicos dos Cavalos 1 a 8.....	49
Tabela 2. Perfil de resposta dos parâmetros fisiológicos e ambientais no grupo de estudo – EBILD.....	51
Tabela 3. Lactato Sangüíneo de Controle ([LA] em mmol/L) – EBILD.....	70
Tabela 4. Lactato Sangüíneo EBILD ([LA] em mmol/L).....	71
Tabela 5. Equação de regressão do lactato em função do tempo de exposição ao exercício para cada cavalo.....	91
Tabela 6. Medidas de associação entre as variáveis de interesse – TER.....	96
Tabela 7. Média e desvio-padrão das frequências percentuais dos tipos de fibras na reação histoquímica mATPase, segundo o momento de avaliação.....	103
Tabela 8. Média e desvio-padrão das áreas (μm^2) das fibras musculares na reação histoquímica NADH-TR, segundo tipo de fibra e momento de avaliação.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

bpm = batimento por minuto

Ca²⁺ = íon cálcio

DP = desvio-padrão

EBILD = exercício de baixa intensidade e longa duração

FC = frequência cardíaca (**bpm**)

FC₀ = FC em repouso (**bpm**)

FC_{MÁX} = frequência cardíaca máxima (**bpm**)

FC_{MÁX n} = frequência cardíaca máxima na enésima semana do EBILD (**bpm**)

FC_n = FC com n minutos de exercício (**bpm**)

FCR = FC de recuperação (**bpm**)

FCR_n = FCR, após n minutos do término do exercício (**bpm**)

FCRP = FCR ao passo (**bpm**)

FCRP_n = FCRP, após n minutos do término do exercício (**bpm**)

FCS_n = FC na enésima semana de exercício

FR = frequência respiratória (**mrpm**)

FR_i = FR inicial (antes do exercício) (**mrpm**)

FR_f = FR final (após o exercício) (**mrpm**)

HE = hematoxilina e eosina

LA = lactato sangüíneo

[LA] = concentração de lactato sangüíneo (**mmol/L**)

LA_{CONTROLE} = [LA] no quinto dia de cada semana do EBILD (**mmol/L**)

LA_{EBILD} = [LA] obtidas durante o EBILD (**mmol/L**)

LA_i = [LA] antes do exercício (**mmol/L**)

LA_f = [LA] ao final do exercício (**mmol/L**)

LA_n = enésima mensuração da [LA] durante o exercício (**mmol/L**)

LARP₁ = primeira mensuração de lactato durante a recuperação ao passo (**mmol/L**)

LARP₂ = segunda mensuração de lactato durante a recuperação ao passo (**mmol/L**)

mATPase = adenosina trifosfatase miofibrilar

mrpm = movimento respiratório por minuto

NADH-TR = nicotinamida adenina dinucleotídeo tetrazólio redutase

RD = recuperação em descanso

RP = recuperação ao passo

TA = temperatura ambiente (°C)
TA_i = TA inicial (antes do exercício) (°C)
TA_f = TA final (após o exercício) (°C)
TER = teste ergométrico de resistência
TPC = tempo de perfusão capilar
TR = temperatura retal (°C)
TR_i = TR inicial (antes do exercício) (°C)
TR_f = TR final (após o exercício) (°C)
UR = umidade relativa do ar (%)
UR_i = UR inicial (antes do exercício) (%)
UR_f = UR final (após o exercício) (%)
v₄ = velocidade na qual a [LA] é da ordem de 4 mmol/L
v₂₀₀ = velocidade na qual a FC é da ordem de 200 bpm
% = porcentagem
± = mais ou menos
≤ = é menor ou igual a
≥ = é maior ou igual a
°C = grau Celsius
fl = femtolitro (10^{-15} L)
G = gauge
g = grama
g/dl = grama por decilitro
kg = quilograma
L = litro
m = metro
m/s = metro por segundo
mg/dl = miligrama por decilitro
mg/kg = miligrama por quilograma de peso vivo
ml = mililitro (10^{-3} L)
mmol/L = milimol por litro
pg = picograma (10^{-12} g)
UI = unidades internacionais
μl = microlitro (10^{-6} L)
μm = micrometro (10^{-6} m)
μm² = micrometro ao quadrado

RESUMO

Este estudo objetivou estimar a capacidade atlética em 8 cavalos da raça Árabe, submetidos a um condicionamento físico aeróbico (EBILD) e a um teste ergométrico de resistência (TER). Foram realizadas avaliações das características fisiológicas (frequência cardíaca, frequência respiratória e temperatura retal), ambientais (temperatura ambiente e umidade relativa do ar) e bioquímica (lactato sanguíneo). Avaliações musculares foram realizadas 3 dias antes do EBILD e 2 dias após o TER. Com os resultados do EBILD elaborou-se um perfil de resposta dos parâmetros fisiológicos e ambientais. No TER, o estudo preditivo do lactato em função do tempo de exercício utilizou a técnica de análise de regressão exponencial; para os demais dados, foram estudadas associações entre variáveis, utilizando-se o coeficiente de correlação linear de Pearson entre pares de interesse. Concluiu-se que o EBILD proposto foi satisfatório para avaliação ergométrica, pois demonstrou ser um exercício aeróbico. O protocolo para TER mostrou-se adequado ao possibilitar a distinção de resistência física e revelar diferenças significativas na capacidade atlética de cada indivíduo. A técnica para biópsia de músculo mostrou-se adequada e simples de ser realizada, não produziu seqüela no local de inserção da agulha e não provocou alteração na locomoção. O exercício realizado promoveu modulação e hipertrofia nas fibras tipo IIA. Obteve-se, através de análise estatística, um modelo de regressão exponencial do lactato sanguíneo que deve ser utilizado para se estimar a capacidade atlética de cavalos sem prévio condicionamento físico ou treinamento esportivo (destreinados) e que forem submetidos ao protocolo para teste ergométrico de resistência proposto.

Palavras-chave: cavalo Árabe; esteira ergométrica; exercício aeróbico; lactato sanguíneo; músculo glúteo médio.

ABSTRACT

This study aimed at evaluating the athletic capacity in 8 Arabian horses submitted to aerobic physical conditioning (AFC) as well as to ergometric resistance test (ERT). Evaluations of physiological characteristics were accomplished (heart frequency, breathing frequency and rectal temperature) as well as environmental (room temperature and relative air humidity) and biochemical ones (sanguine lactate). Muscular evaluations were accomplished 3 days before AFC and 2 days after ERT. According to AFC results an answer profile of physiological and environmental parameters was elaborated. For ERT the predictable study of lactate in relation to exercise time was carried out using exponential regression analysis technique; for the other data associations among variables were observed using Pearson linear correlation coefficient among interest pairs. It was concluded that the proposed AFC was satisfactory for ergometric evaluation for it showed to be an aerobic exercise. ERT protocol was appropriate when enabling the distinction of physical resistance and revealing significant differences for each individual athletic capacity. The technique for muscle biopsy was appropriate and simple of being accomplished and did not produce any harmful consequences at needle insertion and also did not produce any alteration in locomotion. The accomplished exercise promoted modulation and hypertrophy in IIA fiber types. The obtained statistical analysis resulted in an exponential regression model of sanguine lactate which should be used to evaluate the athletic capacity of horses without previous physical conditioning or sporting training (untrained ones) which are submitted to the proposed protocol for ergometric resistance test.

Key words: aerobic exercise; Arabian horse; medium gluteus muscle; treadmill; sanguine lactate.

1. INTRODUÇÃO

A aptidão atlética para o desenvolvimento de exercício que exige resistência física é determinada geneticamente, sendo característica em cavalos da raça Árabe. Entende-se por capacidade atlética a expressão desta aptidão utilizando-se avaliações ergométricas. O desempenho atlético (ou performance) é a expressão da capacidade atlética com a finalidade de desenvolvimento de determinada modalidade esportiva, utilizando-se avaliações paramétricas fisiológicas, ambientais, metabólicas e musculares.

Quanto às avaliações paramétricas fisiológicas, o estudo da fisiologia do exercício em cavalos pode avaliar a atividade cardíaca aferindo-se a frequência cardíaca e com análises do débito cardíaco. O sistema respiratório pode ser estudado avaliando-se valores da frequência respiratória, da espirometria e do consumo de oxigênio. Pode-se avaliar também o comportamento da temperatura retal e do peso corpóreo dos cavalos. Para o conhecimento da fisiologia do exercício, avaliações paramétricas ambientais (temperatura ambiente e umidade relativa do ar) também podem contribuir ao entendimento destes estudos.

As avaliações metabólicas, com estudos laboratoriais de amostras de sangue, utilizando-se análises de enzimas, hormônios e produtos do metabolismo advindos do desenvolvimento de atividade física, também são utilizados na medicina esportiva eqüina.

Avaliações musculares, utilizando-se análises bioquímicas e histoquímicas de determinados grupos musculares através de fragmentos obtidos por biópsia, fornecem importantes dados às avaliações da condição atlética de cada indivíduo.

Tais exames auxiliam e fornecem subsídios imprescindíveis a uma correta avaliação do desempenho atlético em cavalos, bem como podem ser realizados para estimar-se a capacidade atlética para resistência física, ou seja, a expressão da aptidão deste atleta em exercícios que exijam, predominantemente, metabolismo aeróbico.

O sistema cardiovascular é um sistema de transporte composto por uma bomba, o coração, e uma rede de vasos sangüíneos que contém em seu interior sangue. Sua principal função é transportar água, oxigênio, dióxido de carbono, substratos para produção de energia, eletrólitos, hormônios e produtos do metabolismo. Entende-se por ciclo cardíaco a seqüência de eventos que ocorrem

durante cada contração (sístole) e relaxamento (diástole). Débito cardíaco é o resultado dos batimentos cardíacos multiplicados pelo volume de sangue ejetado do coração a cada contração e o consumo de oxigênio é o produto do débito cardíaco pela quantidade de oxigênio extraída do sangue pelo tecido muscular em exercício, ou seja, é a multiplicação do débito cardíaco pela diferença na concentração de oxigênio entre os sangues arterial e venoso (EVANS, 1994). O batimento cardíaco é gerado pelo nodo sinoatrial, localizado no átrio direito e que gera uma atividade elétrica que se espalha pelos átrios, havendo também a participação de um outro nodo, o atrioventricular que emite o impulso elétrico aos ventrículos. A frequência cardíaca durante o exercício depende da intensidade deste, podendo superar 200 batimentos por minuto (MARLIN e NANKERVIS, 2002).

A principal função do sistema respiratório é exercida pelos pulmões, que realizam o transporte de oxigênio do ar para o sangue e do dióxido de carbono em direção oposta. Quando a demanda de oxigênio aumenta devido à atividade do músculo durante o exercício, a quantidade de gases transportados pelo sistema respiratório ajusta-se proporcionalmente à manutenção do suprimento de oxigênio ao tecido muscular (LEKEUS e ART, 1994). A respiração define o processo no qual o ATP é regenerado do ADP utilizando oxigênio (MARLIN e NANKERVIS, 2002).

Provavelmente, de todos os tecidos, o músculo é o que mais se adapta de maneira imediata (quando submetido a exercícios) ou a longo tempo (com o avançar da idade; com alterações no treinamento ou modificações nutricionais). Esta adaptabilidade da musculatura esquelética deve-se às suas características de plasticidade e maleabilidade (SNOW e VALBERG, 1994).

Cada fibra muscular contém miofibrilas dispostas longitudinalmente em uma matriz de citoplasma (sarcoplasma) que está limitada por uma fina membrana (sarcolema). Os núcleos (até diversas centenas por fibra) estão dispostos perifericamente. A fibra parece ser estriada transversalmente devido à alternância de miofilamentos espessos e finos das miofibrilas (St CLAIR, 1986).

As miofibrilas podem ser subdivididas em segmentos individuais denominados sarcômeros, que por sua vez são divididos entre si por uma fina camada de proteínas estruturais denominada de linha Z. Os filamentos de miosina estão localizados especialmente na porção escura do sarcômero, denominada banda A, enquanto os filamentos de actina ocorrem principalmente na região clara do sarcômero, denominada banda I. No centro do sarcômero existe uma porção do

filamento de miosina sem sobreposição com a actina, a zona H (POWERS e HOLEY, 2000).

O sarcômero é a unidade funcional da contração muscular (MARLIN e NANKERVIS, 2002).

Os músculos esqueléticos estão ligados às peças ósseas por tendões, que são contínuos com o tecido conjuntivo denso (fáscia ou aponeurose) que envolve externamente o músculo. O tecido conjuntivo denso que envolve o músculo todo, e que se confunde com a fáscia, é denominado de epimísio. Este tecido conjuntivo emite septos que penetram no interior do músculo, subdividindo-o em fascículo ou feixe de fibras. Cada fascículo é constituído por um conjunto de fibras musculares, estando envolto por tecido conjuntivo denso denominado de perimísio. Cada fibra muscular é envolvida por tecido conjuntivo frouxo, o endomísio, que possui capilares e terminações nervosas para suprir as fibras musculares e prendendo-as umas às outras. Estas estruturas (vasos sanguíneos e fibras nervosas) encontram-se também no perimísio. Todo tecido conjuntivo do músculo serve para delimitá-lo, conter e ancorar as fibras musculares, de tal forma, que sua contração se traduza em trabalho útil (LEVY, 1978).

Powers e Howley (2000) descreveram que o processo de contração muscular pode ser explicado pelo modelo do filamento deslizante, que sugere que o encurtamento muscular ocorre em decorrência do movimento do filamento de actina sobre o filamento de miosina. Os passos que levam à contração muscular são:

a) impulso nervoso (despolarização) atinge o retículo sarcoplasmático e o Ca^{2+} é liberado no sarcoplasma;

b) Ca^{2+} se liga à proteína troponina;

c) Ca^{2+} ligado à proteína troponina provoca mudança de posição da tropomiosina, afastando-a dos “sítios ativos” da molécula de actina, e permite um estado de ligação forte entre a actina e a miosina;

d) a contração muscular ocorre por meio de múltiplos ciclos de atividade das pontes cruzadas, e o encurtamento continua enquanto há energia (ATP) e Ca^{2+} livre para se ligar à troponina;

e) quando a atividade nervosa cessa na junção neuromuscular (potenciais de ação interrompidos), o Ca^{2+} é removido ativamente do sarcoplasma ao interior do retículo sarcoplasmático pela bomba de Ca^{2+} , fazendo com que a tropomiosina se mova cobrindo os sítios ativos da actina, e o músculo relaxa.

Neurônios motores enervam as fibras musculares num sítio específico na membrana celular muscular denominado de placa motora terminal. Nos músculos dos membros, um neurônio motor inerva, provavelmente, entre 1.000 a 2.000 fibras musculares espalhadas em numerosos fascículos (SNOW e VALBERG, 1994).

Segundo Powers e Howley (2000), de maneira geral, as duas principais características do músculo, importantes para a função muscular, são:

a) capacidade oxidativa: a de uma fibra muscular, é determinada pelo número de mitocôndrias, pelo número de capilares que circundam a fibra e pela quantidade de mioglobina em seu interior. Uma grande quantidade de mitocôndrias provê uma maior capacidade de produção aeróbia de ATP. Uma quantidade elevada de capilares circundando uma fibra muscular garante que ela receba oxigênio adequadamente nos períodos de atividade contrátil. Finalmente, a mioglobina é similar à hemoglobina no sangue, pelo fato dela se ligar ao O_2 , e também por atuar como um mecanismo de “lançadeira” de O_2 entre a membrana celular e as mitocôndrias. Conseqüentemente, uma concentração elevada de mioglobina aumenta a liberação de oxigênio do capilar para as mitocôndrias, onde é utilizado. Coletivamente, a importância dessas características bioquímicas é que uma fibra muscular com alta concentração de mioglobina aliada a um número elevado de mitocôndrias e capilares, possuirá alta capacidade aeróbica, portanto, será resistente à fadiga.

b) atividade da ATPase: existem numerosas isoformas de ATPase e estas diferem em suas atividades (isto é, a velocidade com a qual elas degradam a ATP). As fibras musculares que contêm isoformas da ATPase com alta atividade, degradam a ATP rapidamente, e isso resulta numa maior velocidade de encurtamento muscular. Por outro lado, as fibras musculares com baixas atividades de ATPase, encurtam mais lentamente.

As células musculares são alongadas e por esta razão são chamadas de fibras musculares, que podem ser classificadas de acordo com suas propriedades contráteis, isto é, quão rápido são capazes de contrair e relaxar, estando dependentes aos tipos de miosina e mATPase presentes. São também classificadas de acordo com suas capacidades oxidativas, ou seja, na habilidade em utilizar oxigênio. Desta forma, quanto mais rápido uma fibra contrair, mais utilizará das vias anaeróbicas e menor capacidade oxidativa terá (MARLIN e NANKERVIS, 2002).

O músculo glúteo médio é um grande (amplo) músculo locomotor do membro posterior do cavalo, e devido a isso, ele é um dos maiores retratores deste membro, sendo, portanto, responsável pelo desenvolvimento, em grande parte, da força propulsora que movimentará o cavalo para a frente (MARLIN e NANKERVIS, 2002).

Biópsia do músculo glúteo médio em eqüinos é preconizada para análises histológicas e/ou histoquímicas (LINDHOLM e PIEHL (1974); HODGSON, et al. (1984); ESSÉN-GUSTAVSSON e LINDHOLM (1985); GOTTLIEB (1989); LOPEZ-RIVERO et al. (1991); RIVERO et al. (1993); SNOW e VALBERG (1994); RIVERO et al. (1995); RIVERO e HENCKEL (1996); RONEUS et al. (1994); RONEUS e ESSÉN-GUSTAVSSON (1997); TYLER et al. (1998); SERRANO et al. (2000); JOSEF et al. (2004); LEDWITH e MCGOWAN, (2004)).

A locomoção requer do músculo esquelético sustentação e geração de força física. O potencial de força do músculo é proporcional ao seu peso. Quanto maior o músculo, maior será seu poder em produzir esse potencial. Um melhor entendimento da proporção do músculo esquelético (em sua arquitetura e importância funcional), pode conduzir a uma melhor compreensão da performance de um cavalo (KEARNS et al, 2002).

Snow e Valberg (1994), relatam que, histoquimicamente, baseando-se na atividade da mATPase a um pH de 9,4, há dois tipos de fibras quanto à capacidade de contração e relaxamento:

b) Fibras Tipo I: pouca atividade; mostrando, fisiologicamente, ter contração e tempo de relaxamento lentos, porém maior resistência à fadiga que as fibras tipo II

b) Fibras Tipo II: alta atividade; mostrando, fisiologicamente, ter contração rápida e podem ser classificadas nos tipos IIA, IIB e IIC, de acordo com a labilidade da mATPase após incubação prévia em pH ácido. As do tipo IIC podem ser encontradas em animais muito jovens, sendo raramente observadas em adultos, podendo ser consideradas transicionais.

As fibras podem ainda serem classificadas de acordo com as propriedades metabólicas que apresentam, ou seja, a capacidade oxidativa é determinada com um marcador metabólico, desde que seja aceito que as fibras do tipo I tenham, relativamente, baixa atividade glicolítica, e todas do tipo II possuam alta atividade glicolítica. Para avaliação da capacidade oxidativa (habilidade em

consumir oxigênio), as fibras são incubadas para determinação de NAD (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo), podendo apresentar alta atividade oxidativa (tipo I); alta a intermediária atividade oxidativa (tipo IIA), ou intermediária a baixa atividade oxidativa (tipo IIB) (SNOW e VALBERG, 1994).

Assim sendo, Snow e Valberg (1994), relatam, ainda, que as fibras podem ser classificadas em:

- * Tipo I ou ST ou SO (*slow-twitch high oxidative*): contração lenta e metabolismo oxidativo;
- * Tipo IIA ou FTH ou FOG (*fast-twitch high oxidative*): contração rápida e metabolismo oxidativo e glicolítico;
- * Tipo IIB ou FT ou FG (*fast-twitch low oxidative*): contração rápida e metabolismo glicolítico.

Características dos tipos de fibras musculares em cavalos (SNOW e VALBERG, 1994)

	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Velocidade de Contração	lenta	rápida	muito rápida
Atividade miosina ATPase	baixa	alta	alta
Capacidade Oxidativa	alta	alta a intermediária	intermediária a baixa
Resistência à Fadiga	alta	intermediária	intermediária a baixa

Modulação é o nome dado à adaptação da capacidade metabólica das fibras musculares ao trabalho físico com conseqüente alteração na forma de obtenção energética (JOSEF et al, 2004).

Entende-se por hipertrofia, o aumento no volume (área) das fibras musculares após a realização de exercício (POWERS e HOWLEY, 2000).

As mensurações das concentrações de lactato no sangue em cavalos de esporte revelam sua condição muscular, ou seja, as reais condições do metabolismo aeróbio e anaeróbio do tecido muscular, tendo-se como referência o limiar de lactato no sangue (v₄). A velocidade na qual a concentração de lactato da ordem de 4 mmol/L de sangue (v₄) é alcançada, é muito utilizada para se determinar a aptidão atlética de um cavalo (TRILK et al, 2002).

Estas mensurações de lactato permitem avaliar a condição atlética de um determinado equino, proporcionando a realização de condutas preventivas à sua

saúde atlética impedindo o aparecimento de lesões ao sistema musculoesquelético. Podem ainda promover alterações no programa de treinamento objetivando minimizar os possíveis efeitos nocivos à integridade física e também permitir adotar medidas que venham a melhorar o desempenho atlético.

Avaliações das frequências cardíaca e respiratória, do lactato sanguíneo e do músculo glúteo médio em cavalos podem ser realizadas com o atleta em repouso, durante a execução de um exercício ou mesmo após a realização deste.

2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade atlética de resistência física, em cavalos da raça Árabe, clinicamente sadios, submetidos a protocolo de exercício de baixa intensidade e longa duração e a protocolo de exercício para teste ergométrico de resistência em esteira ergométrica, utilizando-se mensurações paramétricas fisiológicas e ambientais, mensurações do lactato no sangue e exames histoquímicos do músculo glúteo médio.

Tal experimento justificou-se pela necessidade dos profissionais que atuam na área da medicina esportiva eqüina, especificamente com cavalos em provas que exigem resistência física, em avaliarem a capacidade atlética destes animais através de protocolos adequados e das avaliações clínico-laboratoriais propostas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Embora diferentes atributos fisiológicos e comportamentais sejam necessários a vários tipos de competições eqüestres, McMiken (1983) sugere que, na corrida bem sucedida, depende-se, primariamente, da habilidade metabólica do animal em converter energia química em mecânica, que é a função do músculo.

Num estudo realizado com cavalos de enduro das raças Árabe, Anglo-árabe e cruzas Árabe, com diferentes índices de desempenho em provas, Rivero et al. (1995) utilizaram amostras do músculo glúteo médio destes cavalos para avaliar a atividade de enzimas musculares. Os resultados obtidos mostraram que os cavalos de enduro com os melhores índices de performance tiveram uma maior capacidade aeróbica e uma capacidade anaeróbica relativamente menor no músculo glúteo médio quando comparados àqueles com índices inferiores de desempenho nas provas de enduro.

Roncati et al. (2004) realizaram a classificação das fibras musculares em 10 éguas da raça Mangalarga Paulista e concluíram que não há diferenças estatisticamente significativas quanto ao número de fibras do tipo I e II, bem como quanto aos subtipos IIA e IIB no músculo glúteo médio destes cavalos quando analisados fragmentos musculares processados por meio das reações histoquímicas que refletem a atividade da mATPase em pré-incubações alcalina (pH = 10,3) e ácida (pH 4,3 e 4,4). Neste estudo, foram classificados 4 tipos de fibras musculares (I, IIA, IIB e IIC) pela reação histoquímica de mATPase após pré-incubação em diferentes pHs.

As adaptações da musculatura esquelética em treinamento de longa duração, treinamento excessivo e supressão do treinamento, foram estudados por Tyler et al. (1998). Concluíram que muitas respostas às adaptações, observadas nas áreas das fibras musculares e nos capilares, ocorreram no período inicial de treinamento. Porém os marcadores da capacidade oxidativa da musculatura indicaram aumentos progressivos na capacidade aeróbica com o aumento na carga de treinamento.

No estudo realizado por Roneus e Essén-Gustavsson (1997), houve relação entre a habilidade do músculo em produzir energia por glicólise aeróbica e a velocidade do andamento a trote na distância de 1600m em cavalos trotadores (Standardbreds) jovens (2 anos de idade).

Essén-Gustavsson e Lindholm (1985) analisaram as características das fibras musculares em dois grupos de cavalos trotadores (*Standardbred*), sendo um grupo de sedentários (inativos) e outro, de cavalos treinados e em atividade de corrida (ativos). Observaram que em todos os animais, as porcentagens de fibras do tipo I e suas áreas, foram semelhantes; já nas do tipo II, houve uma diferença significativa. Nos cavalos ativos, houve uma alta proporção de fibras do tipo IIA e menores proporções das do tipo IIB quando comparados com os cavalos inativos. A média das áreas das fibras do tipo II foi menor no músculo dos cavalos ativos quando comparados aos inativos. Dos resultados obtidos, demonstra-se uma dependência crítica da performance na produção de energia aeróbica nos músculos locomotores, isto porque os cavalos com melhores índices de performance tiveram maiores proporções de fibras do tipo IIA em relação às do tipo IIB, menores áreas das fibras do tipo II e um maior potencial oxidativo no tecido muscular.

O recrutamento das fibras musculares durante trabalho de tração exercido por cavalos trotadores (*Standardbred*), através da utilização de padrões de depleção de glicogênio, foi estudado por Gottlieb (1989) e os resultados obtidos indicam que as fibras musculares têm depleção de glicogênio na seguinte ordem: as do tipo I, depois IIA e então as do tipo IIB, na medida em que aumenta a intensidade ou duração do trabalho de tração. Relatam que as fibras do tipo I são preferencialmente recrutadas para produção de força física em baixas intensidades de atividades, como a manutenção da posição quadrupedal e caminhar na cocheira. No início de exercícios submáximos, há recrutamento das fibras tipo I e IIA, havendo o recrutamento preferencial das dos tipos IIA e IIB com o aumento da exigência metabólica no decorrer destes exercícios.

Lopez-Rivero et al. (1991) estudaram a composição do músculo glúteo médio, quanto aos tipos de fibras musculares encontradas, em garanhões não treinados e naqueles treinados para enduro, das raças Andaluz e Árabe. No grupo de animais treinados, houve alta porcentagem de fibras do tipo IIA e menores porcentagens de fibras do tipo IIB, quando comparados aos animais do grupo sem treinamento. Entre as raças estudadas, as porcentagens dos tipos de fibras foram similares. Destes resultados, os autores sugeriram que as proporções de fibras do tipo I e II são altamente estáveis dentro de uma dada raça, mas o estímulo do treinamento facilitou alterações nas propriedades contráteis e, particularmente, na capacidade oxidativa dos subgrupos do tipo II.

Rivero et al. (1993) relataram colheitas de biópsias musculares em três diferentes profundidades no músculo glúteo médio de 36 cavalos de enduro, com idades entre 4 e 17 anos, divididos em dois grupos de acordo com a idade: seniores (7 a 17 anos) e juniores (4 a 6 anos). Os seniores apresentaram uma maior proporção e uma maior área de fibras do tipo I e IIA, bem como uma menor proporção de fibras do tipo IIB, quando comparados aos juniores. Estas diferenças na distribuição dos tipos de fibras e suas dimensões (áreas) são mais marcantes nas regiões mais profundas do músculo e estão, provavelmente, relacionadas às diferentes exigências funcionais situadas em porções distintas do músculo. Portanto, já que existe uma ótima correlação entre os tipos de fibras e suas quantidades no músculo glúteo médio e a habilidade atlética individual de cavalos de enduro, estes autores sugerem que, no futuro, possa ser possível a obtenção de um índice músculo-fisiológico para cada cavalo, e desta maneira, estimar fidedignamente o desempenho atlético dos cavalos.

Rivero e Henckel (1996) relataram colheitas de biópsias musculares em três diferentes profundidades no músculo glúteo médio de 36 cavalos de enduro, com idades entre 4 e 17 anos, separados em dois grupos: com desempenho atlético excelente, e outro grupo, com desempenho atlético moderado. Após análise estatística, foi possível fazer uma correta distinção entre os cavalos conforme os índices de desempenho atlético por eles apresentados através das análises, quando os dados histoquímicos e morfométricos de todas as três amostras de biópsias foram utilizados, mas não foi possível quando somente uma única amostra de biópsia foi utilizada. As análises confirmaram que o mais eficiente parâmetro muscular para descrever o potencial atlético de cavalos de enduro foram as porcentagens de fibras, bem como as áreas relativas dos tipos de fibras. Concluíram também que aqueles cavalos com excelente desempenho atlético em enduro, possuem as mais altas porcentagens e áreas relativas de fibras dos tipos I e IIA, e menores porcentagens e áreas relativas de fibras do tipo IIB, do que aqueles com desempenho atlético moderado. Roneus e Essén-Gustavsson (1997), em estudo realizado com 13 cavalos trotadores (*Standardbreds*) aos 2 anos de idade submetidos a exercícios ao passo e trote, num total de 15 meses, citam correlação significativa entre a distribuição dos tipos de fibras musculares e as respostas metabólicas ao exercício e entre esta distribuição e a não identificação da capacidade de performance. Concluíram que a velocidade do trote a uma distância

de 1.600 m nestes cavalos está relacionada à habilidade do músculo em produzir energia através da glicólise aeróbica.

A modulação nas fibras musculares em cavalos puro sangue inglês participando de corrida com obstáculos foi estudada por Hodgson et al. (1984). Relatam diminuição significativa nas frequências percentuais das fibras IIA e IIB quando comparam amostras colhidas antes e após tais competições. Porém em 1985, Hodgson et al. aplicaram, em quarto garanhões trotadores (*Standardbred*), um programa de treinamento submáximo com sete semanas de duração e objetivando avaliar seus efeitos na composição do músculo esquelético. Não houve alterações significativas quanto aos tipos de fibras ou na quantidade de capilares, embora tenha ocorrido um aumento na capacidade oxidativa das fibras do tipo IIB.

Em humanos, o treinamento físico de *endurance* e o de resistência demonstraram promover uma conversão das fibras rápidas em lentas. No entanto, esta conversão costuma ser pequena e resulta na conversão de fibras tipo IIB em IIA (POWERS e HOWLEY, 2000).

Cavalos trotadores submetidos a teste submáximo de exercício revelaram diminuição na proporção de fibras do tipo IIB e aumento nas do tipo I quando comparadas amostras do músculo glúteo médio colhidas antes e após este teste (RONEUS et al., 1994).

Em 12 cavalos da raça Árabe submetidos a um programa de treinamento aeróbico com 90 dias de duração, D'Angelis et al. (2005) relatam a observação de hipertrofia nas fibras dos tipos I, IIA e IIB quando comparadas amostras do músculo glúteo médio colhidas antes e após este treinamento. Ressaltam que nos cavalos treinados as áreas relativas das fibras do tipo I foram maiores do que às dos cavalos não treinados e que este aumento observado na área das fibras do tipo I deve ser resultante da hipertrofia observada nos cavalos treinados. Já a manutenção das áreas relativas ocupadas pelas fibras dos tipos IIA e IIB, apesar da hipertrofia observada, deve-se à redução na frequência destes tipos de fibras. Concluem que os resultados das avaliações morfométricas das fibras musculares indicam uma resposta de adaptação do músculo glúteo médio ao treinamento aeróbico imposto aumentando a capacidade oxidativa deste músculo.

O tamponamento no músculo é importante na compensação dos efeitos causados pelo aumento de íons de hidrogênio que ocorre durante exercício intenso devido ao aumento na produção de ácido láctico. Desta forma, uma alta capacidade

neste tamponamento muscular pode ser um importante determinante na performance em exercícios de alta intensidade (HARRIS et al., 1990). Neste sentido, estes autores compararam a capacidade de tamponamento entre um cavalo puro sangue inglês, um cão *Greyhound* e um ser humano, utilizando amostras de músculo glúteo médio e concluíram que o cavalo e o cão possuem maiores capacidades de tamponamento do que o ser humano e isso se deve, predominantemente, a maiores quantidades de histidina nestas espécies.

Num estudo com éguas da raça Quarto de Milha, com 23 anos de idade ou mais, submetidas a um programa de treinamento aeróbico com 10 semanas de duração, Kim et al. (2005), concluíram que cavalos mais velhos adaptam-se prontamente à intensidade deste treinamento, havendo melhorias na resistência física, na capacidade aeróbica do organismo como um todo e na capacidade oxidativa do músculo. Este treinamento também aumentou a resistência a danos ultra-estruturais nas células musculares e que são induzidos pelo exercício. No entanto, essas adaptações podem ter especificidade quanto ao grupo muscular estudado (estudaram os músculos: tríceps braquial, semimembranoso e masseter).

Baragli et al. (2001) testaram um método de colheita de sangue em cavalos durante exercício em esteira, onde uma bomba peristáltica foi usada para controlar a aspiração de sangue através de um cateter intravenoso. Foi utilizado um coletor automático de frações de sangue, com intervalos de tempo entre as colheitas constante, e com o uso de um protocolo padrão de exercício em esteira (SET). Com fluxo de sangue a 12 ml/min e colheitas de amostras a cada um minuto durante o SET. A cinética do lactato plasmático, baseado nas mensurações de lactato em cada colheita (fração), mostrou um aumento exponencial durante os primeiros 13 minutos de exercício. O pico na concentração de lactato plasmático foi observado entre 2,5 e 5,5 minutos após o término do SET. Os autores indicam esta metodologia de colheita de sangue durante o exercício para estudos com fisiologia do exercício em eqüinos.

Evans e Golland (1996) investigaram correlações entre concentrações de lactato, em sangue total e plasma de eqüinos, com mensurações realizadas com os métodos *Accusport* e *Yellow Springs Instruments (YSI 2300)*. Concluíram que o *Accusport* deve ser utilizado apenas para a mensuração de lactato no sangue total de eqüinos, quando o hematócrito for menor que 53 % e a concentração de lactato menor que 10 mmol/l. Portanto, há uma grande limitação no uso deste equipamento,

pois muitas doenças, e também após a realização de exercícios, os eqüinos poderão apresentar hematócrito e concentrações de lactato superiores aos limites deste equipamento.

Já Desmecht et al. (1996), estudaram a relação da produção de lactato e a liberação de cortisol após a participação em diferentes esportes eqüestres de várias intensidades e durações, através de amostras de sangue venoso (plasma) colhidas antes e após o exercício. Concluíram que as mensurações concomitantes de lactato e cortisol plasmáticos são úteis para se discriminar os diferentes tipos de exercícios, promovendo ajustes nos programas de treinamento e melhorando a nossa compreensão da fisiologia do exercício em cavalos.

Langsetmo et al. (1997) demonstraram que características fundamentais da cinética do consumo de oxigênio (Vo_2) em eqüinos, associado com o aumento da velocidade de corrida, são dependentes da intensidade do exercício. Concluíram que nos exercícios com velocidades acima do limiar de lactato, características qualitativas da cinética do consumo de O_2 (Vo_2) em cavalos são similares às dos humanos. No entanto, nas velocidades inferiores ao limiar de lactato, o componente da resposta é mais rápido do que aquele relatado em humanos, provavelmente refletindo diferenças energéticas da utilização de O_2 pelas fibras musculares.

A avaliação do lactato em cavalos trotadores durante a realização de teste submáximo de exercício pode ser um importante instrumento para a avaliação da capacidade atlética, podendo também ser útil à adequação do treinamento (RONEUS et al, 1994).

Trilk et al. (2002) relatam que mensurações das concentrações de lactato sangüíneo ([LA]) são amplamente utilizadas em cavalos para a avaliação de performance, havendo poucos dados publicados utilizando-se estas mensurações como um guia para melhorias em enduro (provas de resistência). Sabe-se que a velocidade na qual a [LA] de 4 mmol/L é alcançada (v_4), é amplamente utilizada para se determinar a aptidão destes cavalos.

Cavalos participando em eventos esportivos de várias intensidades e durações (salto, concurso completo de equitação, corrida de trote, corrida a galope e provas de enduro), tiveram as produções de lactato e cortisol, antes e após a atividade física, analisadas e todas as modalidades induziram aumento significativo no cortisol (DESMECHT et al., 1996). Relatam, também, que a intensidade deste aumento induzido pelo exercício depende da intensidade e duração da atividade

física, sendo as provas de enduro a modalidade esportiva que mais induziu alterações no cortisol após o exercício e o salto a que menos alterou a produção. Já a produção de lactato é mais fidedignamente relacionada à intensidade do exercício quando comparada à do cortisol, mas os autores sugerem que mensurações simultâneas de cortisol e lactato antes e após o exercício podem ser úteis para se discriminar o tipo de exercício, ajustar programas de treinamento e prover ensinamentos à nossa compreensão da fisiologia do esporte em cavalos.

Serrano et al. (2002) analisaram a frequência cardíaca e lactato sanguíneo em cavalos em treinamento para concurso completo de equitação e compararam com os dados obtidos no dia da competição. Tanto a frequência cardíaca quanto o lactato, foram significativamente menores durante as sessões de treinamento quando comparados aos dados obtidos durante a competição. A intensidade dos exercícios durante o treinamento foram menores do que a duração da competição e isso sugere que muitos destes cavalos não são adequadamente treinados.

As respostas metabólicas ao exercício, em 3 protocolos distintos de exercícios em esteira ergométrica, foram comparadas entre 2 raças de cavalos (Puro Sangue Inglês (PSI) e Árabe (AR)) por Prince et al. (2002). O consumo de oxigênio, a duração do teste e a velocidade alcançada pelos cavalos PSI foram superiores durante o teste progressivo, já a v_4 e o limiar de lactato não mostraram diferenças significativas segundo a raça. Durante o teste de alta velocidade, com consumo máximo de oxigênio a 115%, a duração do teste e o déficit máximo de oxigênio acumulado foram significativamente superior nos cavalos PSI. Já no teste a 35% de consumo máximo de oxigênio com duração de 90 minutos, os valores de ácidos graxos livres foram superiores nos cavalos AR, que também apresentaram uma menor frequência respiratória dos 60 aos 90 minutos do teste, indicando uma maior utilização da gordura como fonte energética. Essas diferenças metabólicas podem refletir variações nos tipos de fibras entre essas raças. No entanto, os autores sugerem a necessidade em se determinar os distintos mecanismos envolvidos no metabolismo energético durante o exercício entre os cavalos destas raças.

4. MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados neste estudo 8 eqüinos da raça Árabe, clinicamente sadios, sendo 2 machos castrados e 6 fêmeas, com idades entre 2 e 7 anos, alojados no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP – Botucatu e de propriedade desta faculdade.

Inicialmente, todos os cavalos foram examinados para certificação de que se apresentavam clinicamente sadios (teste de higidez), sendo então alojados em piquetes de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*). O manejo nutricional adotado foi alimentação à base de triturado de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), ração comercial para eqüinos com 13% de proteína bruta e suplemento mineral para eqüinos, segundo recomendações de Meyer (1995).

Os animais receberam medicação anti-helmíntica à base de ivermectina na dose de 0,2 mg/kg, via oral, a cada 8 semanas (KLEI, 1997).

4.1 Avaliações Pré-Condicionamento

Após adaptações ambientais e de manejo, os cavalos foram novamente examinados quanto ao estado de higidez, particularmente dos aparelhos cardiorespiratorio e musculoesquelético.

4.1.1 Avaliações em Repouso

4.1.1.1 Exame Físico

- a) Exame das mucosas ocular e conjuntival (coloração) e oral (coloração e tempo de perfusão capilar (T.P.C.));
- b) Palpação dos linfonodos submandibulares e pré-escapulares;
- c) Auscultação das áreas cardiopulmonares;
- d) Aferição das frequências cardíaca e respiratória;
- e) Aferição da temperatura retal;
- f) Aferição do peso corpóreo (semanalmente).

4.1.1.2 Hemograma

Foram colhidas amostras de sangue da veia jugular direita, através de venopunção, com o uso de agulha para coleta múltipla de sangue a vácuo¹, de calibre 25x08, acoplada a tubo para coleta de sangue a vácuo², com anticoagulante (ácido etilenodiaminotetraacético – E.D.T.A.). Tais amostras destinaram-se à realização de hemograma. Para o eritrograma e o leucograma utilizou-se contador automático de células³ (Figura 1). A dosagem da proteína total (plasmática) foi realizada pelo método indireto de precipitação pelo calor (56 °C) e fibrinogênio, foi mensurado com leitura em refratômetro, conforme descrito por Kaneko (1997).



Figura 1. Cell-Dyn 3500R.

4.1.1.3 Avaliação Videoendoscópica do Sistema Respiratório Superior

Procedeu-se à videoendoscopia do sistema respiratório superior para se avaliar sua integridade, utilizando-se aparelhagem de videoendoscopia e reprodução de imagens.

¹ Vacutainer – Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda.

² Vacutainer – Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda.

³ Cell-Dyn 3500R – Abbott Laboratories - Abbott Park, Illinois, U.S.A.

4.1.2 Avaliações Dinâmicas

4.1.2.1 Avaliação Laringeana

Após adaptação e condicionamento dos cavalos à esteira ergométrica⁴ (Figura 2), foi realizada avaliação funcional da laringe, obedecendo-se ao seguinte protocolo:

- a) o cinto de segurança foi acoplado ao cavalo e este posicionado sobre a esteira. A extremidade distal do endoscópio foi introduzida através da narina direita, seguindo através do meato nasal ventral até alcançar a região nasofaringiana para visualização da laringe;
- b) o endoscópio foi fixado ao cabresto com faixa umbilical;
- c) o cavalo foi submetido ao seguinte protocolo de exercício: 5 minutos a 2 m/s (período de aquecimento), 3 minutos a 4 m/s, 2 minutos a 6 m/s e 1 minuto a 8 m/s, sempre com a esteira em posição horizontal (inclinação de 0%);
- d) imediatamente após o término deste protocolo, a faixa umbilical foi removida e o endoscópio foi introduzido através da laringe atingindo o lúmen traqueal, sendo conduzido até a região da carina.

As imagens obtidas em tal procedimento foram gravadas em fitas de videocassete⁵.



Figura 2. Esteira Ergométrica Kagra 2200 – Mustang mostrando cavalo acoplado ao cinto de segurança.

⁴ Kagra 2200 – Mustang – Suíça.

⁵ Fita de videocassete – 120 minutos – Sony – Indústria Brasileira.

4.1.2.2 Avaliação do Aparelho Locomotor

A movimentação dos cavalos em distintos andamentos (ao passo, ao trote e a galope) na esteira ergométrica, foi gravada em fita de videocassete por uma videocamera⁶, com o objetivo de se avaliar a integridade do sistema musculoesquelético.

4.2 Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (EBILD)

Previamente a este condicionamento físico, realizou-se, em cada cavalo, escovação cutânea e limpeza dos cascos, sendo, então, aferidas as frequências cardíaca (FC_0) e respiratória (FR_i) e a temperatura retal (TR_i). Tais mensurações paramétricas também foram realizadas logo após o término do exercício (FC_n , FR_f e TR_f , respectivamente).

Foram registradas a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar posicionando-se o termo-higrômetro⁷ (Figura 3) próximo à esteira ergométrica no Centro de Medicina Esportiva Equina da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu – UNESP, imediatamente antes do início do exercício e após seu término (TA_i , TA_f , UR_i e UR_f , respectivamente).



Figura 3. Termo-higrômetro.

O cavalo recebeu o cinto de segurança, foi posicionado sobre a esteira e submetido ao EBILD elaborado objetivamente à realização deste experimento e que foi realizado durante 7 semanas consecutivas, sendo que cada semana corresponde a 5 dias consecutivos de exercício (segunda a sexta-feira), seguidos por 2 dias de descanso (sábado e domingo). Para cada semana há uma carga de trabalho, isto é, o exercício foi realizado com determinada velocidade, estando a esteira numa

⁶ Panasonic AF piezo – modelo AG-180 – Matsushita Electric Industrial Co. Ltd.

⁷ TFA Dostmann Ltd.

determinada inclinação, durante um determinado período de tempo, como representado a seguir:

<i>Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração</i>	
<i>Semana 1</i>	2,5 m/s a 2% / 15'
<i>Semana 2</i>	3,0 m/s a 3% / 10'
<i>Semana 3</i>	1,8 m/s a 4% / 20'
<i>Semana 4</i>	3,0 m/s a 3% / 7' 3,5 m/s a 3% / 5' 4,0 m/s a 4% / 3' 4,5 m/s a 6% / 1'
<i>Semana 5 (1º dia)</i>	3,0 m/s a 3% / 7' 3,5 m/s a 3% / 5' 4,0 m/s a 4% / 3' 4,5 m/s a 6% / 1'
<i>Semana 5 (2º ao 5º dia)</i>	3,0 m/s a 4% / 7' 3,5 m/s a 4% / 5' 4,0 m/s a 5% / 3' 4,5 m/s a 7% / 1'
<i>Semana 6 (1º dia)</i>	3,0 m/s a 3% / 7' 3,5 m/s a 3% / 5' 4,0 m/s a 4% / 3' 4,5 m/s a 6% / 1'
<i>Semana 6 (2º ao 5º dia)</i>	3,0 m/s a 4% / 7' 3,5 m/s a 4% / 5' 4,0 m/s a 5% / 3' 4,5 m/s a 7% / 1'
<i>Semana 7</i>	3,0 m/s a 4% / 7' 3,5 m/s a 4% / 5' 4,0 m/s a 5% / 3' 4,5 m/s a 7% / 1'

Ao término do exercício o cavalo permanecia contido com cabresto durante 30 minutos, sendo encaminhado ao piquete e oferecido água e capim-elefante triturado *ad libitum*, 0,75% do peso corpóreo de ração concentrada para eqüinos com 13% PB e 10g de suplemento mineral para eqüinos.

Utilizou-se monitor cardíaco⁸ (Figura 4) para aferição da frequência cardíaca ao final de cada minuto de exercício (FC_n) e nos 5 minutos posteriores ao mesmo, período este denominado de Recuperação em Descanso (RD), no qual o cavalo permaneceu parado na esteira em posição horizontal (sem inclinação). Essas frequências cardíacas aferidas foram denominadas de frequência cardíaca de recuperação em descanso (FCR_n). O monitoramento da FC é um importante parâmetro para controlar se o esforço desenvolvido tenha característica aeróbica, pois este é o objetivo proposto. A v200, velocidade na qual a FC é da ordem de 200 bpm, representa, de maneira semelhante à v4, o limiar aeróbico. Desta forma, deseja-se que os valores da FC estejam abaixo deste limiar.

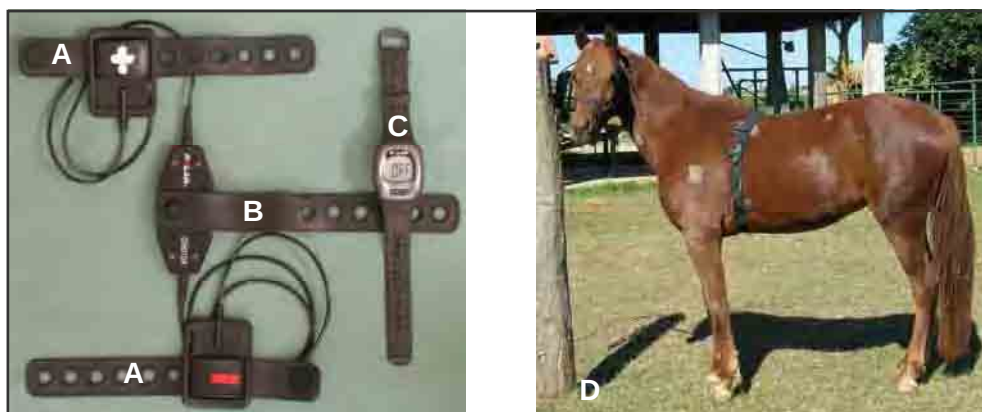


Figura 4. Monitor Cardíaco: (A) Eletrodos; (B) Transmissor; (C) Receptor e (D) Cavalo com o transmissor e eletrodos fixados com cilha elástica.

No 5º dia de cada semana (sexta-feira), bem como nos dias em que durante o exercício tenha sido aferida $FC \geq 180$ bpm, foram colhidas amostras de sangue da veia jugular direita através de venopunção, com o uso de agulha descartável, de calibre 25 x 07⁹ e seringa descartável de 3 ml¹⁰, para dosagem do

⁸ Polar Horse Trainer – Polar® Heart Rate Monitors – Balman & Halpi SA.

⁹ B.D. - Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda.

¹⁰ B.D. - Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda.

lactato sangüíneo, utilizando-se aparelho portátil¹¹ munido de tiras-teste¹² (Figura 5). Tal procedimento objetivou garantir que o exercício realizado fosse aeróbico, uma vez que esta mensuração de lactato não ultrapassasse o limiar aeróbico ($v_4 = 4$ mmol/l). O conjunto de mensurações de lactato no 5º dia (sexta-feira) foi denominado de LA_{CONTROLE} ; ao conjunto de mensurações de lactato obtido durante as 7 semanas do EBILD, denominou-se LA_{EBILD} .



Figura 5. Lactímetro (A) e tira-teste (B).

O limite estabelecido na FC de até 180 bpm objetiva estabelecer uma margem de segurança que garanta característica aeróbica ao EBILD proposto, uma vez que o limiar aeróbico baseado na v_{200} pode não ocorrer simultaneamente com o limiar demonstrado pela v_4 . Essa diferença entre os parâmetros de limiar aeróbico pode ocorrer devido a fatores genéticos, onde alguns cavalos produzirão [LA] superiores à v_4 mesmo com a FC estando em valores inferiores a 200 bpm. Neste contexto, a variação na aptidão atlética para resistência, existente entre cavalos da mesma raça, estará assegurada pela referida margem de segurança. Para exemplificar, um cavalo com menor capacidade atlética para resistência terá assegurado que desenvolveu exercício aeróbico, segundo o protocolo proposto, mensurando-se a [LA] sempre que sua FC estiver ≥ 180 bpm.

¹¹ Accutrend® Lactate – Roche Diagnostics GmbH

¹² BM-Lactate – Produtos Roche Químicos e Farmacêuticos S.A.

Uma Ficha Diária de Avaliações foi criada com o objetivo de se anotar os valores aferidos em cada dia de exercício e para cada cavalo:

Ficha Diária de Avaliações					
dd / mmm / aaaa					
00h00minh Cavalo X		00h00minh Cavalo Y		00h00minh Cavalo Z	
Minutos	FC	Minutos	FC	Minutos	FC
0		0		0	
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	
13		13		13	
14		14		14	
15		15		15	
16		16		16	
17		17		17	
18		18		18	
19		19		19	
20		20		20	
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
LA _f =		LA _f =		LA _f =	
TR _i =		TR _i =		TR _i =	
TR _f =		TR _f =		TR _f =	
FR _i =		FR _i =		FR _i =	
FR _f =		FR _f =		FR _f =	
TA _i =		TA _i =		TA _i =	
TA _f =		TA _f =		TA _f =	
UR _i =		UR _i =		UR _i =	
UR _f =		UR _f =		UR _f =	

4.3 Teste Ergométrico de Resistência (TER)

Previamente a este teste, realizou-se, em cada cavalo, escovação cutânea e limpeza dos cascos, sendo, então, aferidas as frequências cardíaca (FC_0) e respiratória (FR_i) e a temperatura retal (TR_i). Tais mensurações paramétricas também foram realizadas logo após o término do mesmo (FC_n , FR_f e TR_f , respectivamente).

O cinto de segurança foi acoplado ao cavalo e este encaminhado à esteira, sendo submetido, após 3 dias do término do EBILD, ao teste ergométrico de resistência elaborado objetivamente para esta pesquisa científica conforme descrito a seguir:

TER {

- Estágio 1:** 3,0 m/s a 7% / 7'
- Estágio 2:** 3,5 m/s a 7% / 5'
- Estágio 3:** 4,0 m/s a 7% / 3'
- LA₁ ao término deste estágio (15' de exercício).
- Estágio 4:** 4,5 m/s a 7%
- Após 1 minuto do início deste estágio: LA₂; seguindo-se a cada 2': LA_n, até a obtenção de 2 [LA] > 4 mmol/L (v4).

Recuperação {

- RP:** 1,8 m/s a 0% / 5'
- Após 2'30" do início desta recuperação: LARP₁ e ao final do 5º minuto: LARP₂.
- RD:** 0 m/s a 0% / 5'

Utilizou-se monitor cardíaco para aferição da frequência cardíaca ao final de cada minuto de exercício (FC_n) e nos 10 minutos posteriores ao seu término (período de recuperação).

Esse período foi dividido em dois momentos: o primeiro, denominado de Recuperação ao Passo (RP) (primeiros 5 minutos), e o segundo, Recuperação em Descanso (RD), que compreende os 5 minutos finais da recuperação. As frequências cardíacas aferidas foram denominadas de frequência cardíaca de

recuperação ao passo (FCRP_n) e frequência cardíaca de recuperação em descanso (FCR_n), respectivamente.

A veia jugular esquerda recebeu um cateter 14G¹³, no qual foi acoplado um aplicador para soluções parenterais (equipo macrogotas)¹⁴. O conjunto cateter/equipo foi lavado com solução heparinizada (4UI de heparina sódica¹⁵ / ml de solução fisiológica¹⁶) antes e depois de cada colheita de sangue.

Amostras de sangue para dosagem do lactato sangüíneo, utilizando-se aparelho portátil munido de tiras-teste, foram colhidas antes, durante e após o teste de resistência. As amostras colhidas antes do TR foram denominadas LA_i; durante o teste, ao final do Estágio 3 (após 15 minutos de exercício), denominadas LA₁. A amostra seguinte, após o primeiro minuto do Estágio 4 (16 minutos de exercício), denominada de LA₂. Após esta amostra, a cada 2 minutos de exercício foram colhidas amostras (LA₃, LA₄,..., LA_n) até a obtenção de 2 amostras consecutivas com valores superiores a 4 mmol/L (v4).

Foram registradas a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, posicionando-se o termo-higrômetro próximo à esteira ergométrica do Centro de Medicina Esportiva Equina, imediatamente antes do início do exercício, bem como logo após seu término (TA_i, TA_f, UR_i e UR_f, respectivamente).

Uma Ficha para Teste Ergométrico de Resistência foi elaborada objetivando-se anotar os valores aferidos no TER, e está apresentada a seguir:

¹³ B.D. – Angiocath – Becton Dickinson Indústrias Cirúrgicas Ltda.

¹⁴ Medplast – Ind. Prod. Hospitalares Ltda.

¹⁵ Heparin® – Cristália – Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda.

¹⁶ J.P. – Indústria Farmacêutica Ltda.

Teste Ergométrico de Resistência (Cavalo X) dd / mmm / aaaa Horário: 00h00min às 00h00min												
3,0 m/s a 7% / 7'	FC ₀	FC ₁	FC ₂	FC ₃	FC ₄	FC ₅	FC ₆	FC ₇				
3,5 m/s a 7% / 5'	FC ₈	FC ₉	FC ₁₀	FC ₁₁	FC ₁₂							
4,0 m/s a 7% / 3'	FC ₁₃	FC ₁₄	FC ₁₅									
4,5 m/s a 7% (até 2 [LA] > 4)	FC ₁₆	FC ₁₇	FC ₁₈	FC ₁₉	FC ₂₀	FC ₂₁	FC ₂₂	FC ₂₃	FC ₂₄			
	FC ₂₅	FC ₂₆	FC ₂₇	FC ₂₈	FC ₂₉	FC ₃₀	FC ₃₁	FC ₃₂	FC ₃₃			
	FC ₃₄	FC ₃₅	FC ₃₆	FC ₃₇								
LA _i	LA ₁	LA ₂	LA ₃	LA ₄	LA ₅	LA ₆	LA ₇	LA ₈	LA ₉	LA ₁₀	LA ₁₁	LA ₁₂
FCRP ₁	FCRP ₂	FCRP ₃	FCRP ₄	FCRP ₅	FCR ₁	FCR ₂	FCR ₃	FCR ₄	FCR ₅	LARP ₁ LARP ₂		
TR _i	TR _f	FR _i	FR _f	TA _i	TA _f	UR _i		UR _f				

Após o TER o cavalo recebia ducha de água corrente a temperatura ambiente, removendo-se o excesso de água com raspador e promovia-se caminhada ao passo objetivando auxiliar a recuperação dos parâmetros fisiológicos.

4.4 Avaliações Musculares

Foram realizadas utilizando-se fragmentos de músculo obtidos 3 dias antes do EBILD (músculo glúteo médio direito) e 2 dias após o TER (músculo glúteo médio esquerdo).

A técnica de biópsia de músculo utilizada neste estudo consiste na proposta por Lindholm e Piehl (1974), modificada nesta pesquisa científica para o ponto médio da linha traçada entre o centro da tuberosidade ilíaca e a base da inserção da cauda. Esta técnica não contempla o ponto médio que corresponderia ao músculo glúteo médio, razão pela qual se optou por deslocar o ponto de colheita (Figura 6A). Para tanto, o local demarcado foi tricotomizado, recebeu procedimentos de anti-sepsia (iodo povidine a 1%, seguindo-se com solução de álcool iodado) e anestesia local infiltrativa intradérmica com solução de lidocaína a 2% sem vasoconstritor¹⁷ (Figura 6B). Seguiu-se com incisão de pele, de 5 mm de extensão, utilizando-se cabo de bisturi nº 3 e lâmina nº 15. Introduziu-se a agulha de biópsia de Bergström 5.0¹⁸ (Figura 7) a 6 cm de profundidade (Figura 6C) para que sua fenestração pudesse se situar a 5 cm de profundidade, realizando-se, então, a retirada de um fragmento do músculo (Figura 6D), sendo este acondicionado em placa de Petri (Figura 6E) para ser congelado conforme descrito adiante. A incisão da pele foi aproximada com tira de Fita Cirúrgica Adesiva¹⁹ (25 mm x 5 m); sendo removida após 7 dias, período em que foi observada diariamente (presença ou não de aumento de volume, de secreções e de deiscência).

Para o congelamento, cada fragmento de músculo foi envolto por talco neutro e submetido a tratamento criobiológico (imersão em nitrogênio líquido). Decorridos 2 minutos, o material congelado foi acondicionado em criotubo devidamente identificado e armazenado em freezer a – 80 °C.

A utilização de talco para envolver o fragmento de músculo obtido por biópsia foi citada por Roneus e Essén-Gustavsson (1997). Ledwith e McGowan (2004) também realizaram este procedimento previamente ao tratamento criobiológico do fragmento e justificam o uso do talco para minimizar artefatos de técnica quando do congelamento deste material.

¹⁷ Xylestesin® a 2% – Cristália – Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda.

¹⁸ Depuy – Division of Boehringer Mannheim Corp.

¹⁹ Micropore® - 3M Brasil

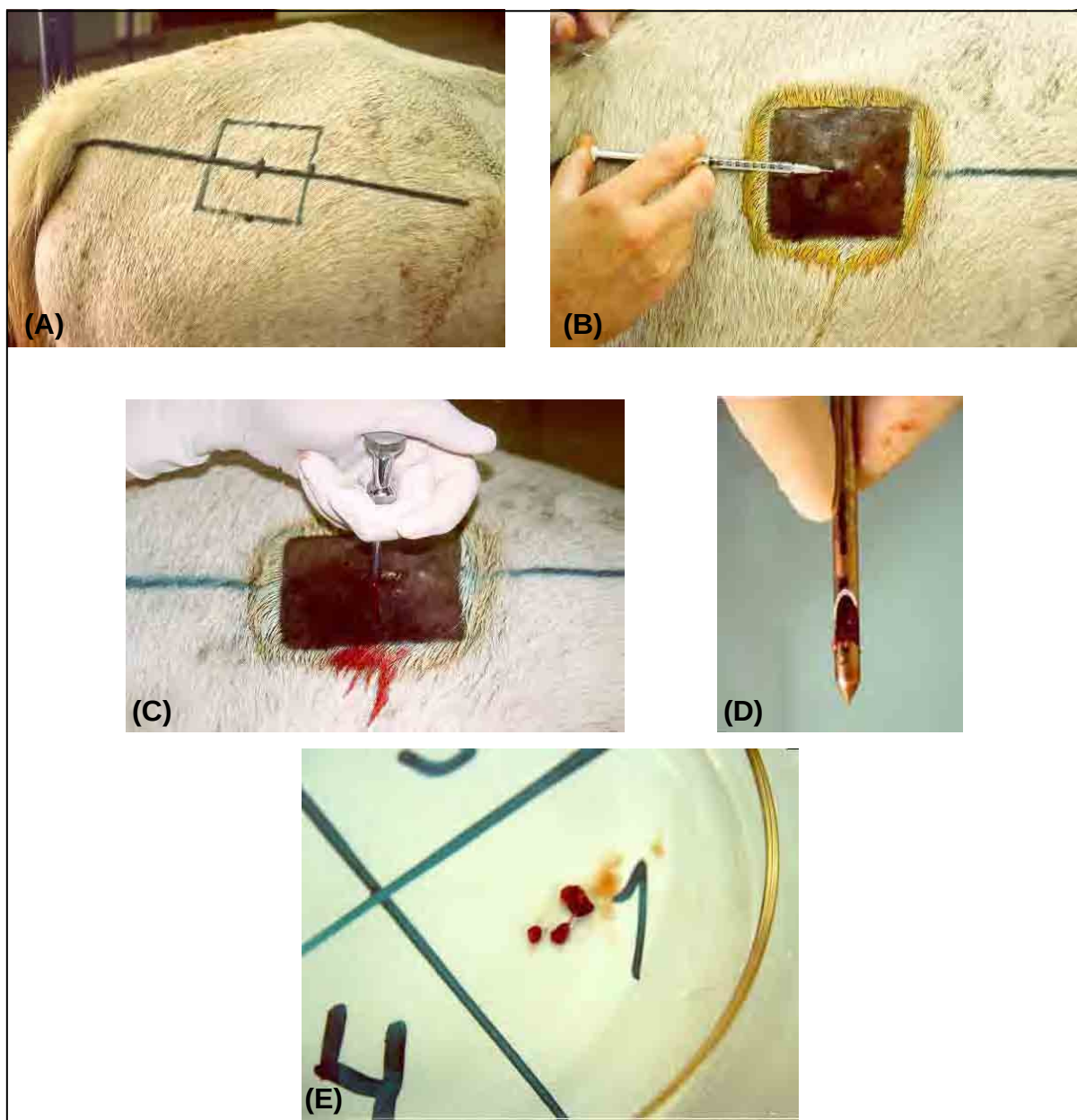


Figura 6. Biópsia do Músculo Glúteo Médio (A) Delimitação do local da biópsia; (B) Anestesia local infiltrativa intradérmica; (C) Agulha de biópsia inserida no músculo glúteo médio (D) Fragmento de músculo na fenestração da agulha de biópsia; (E) Fragmentos do músculo analisado.

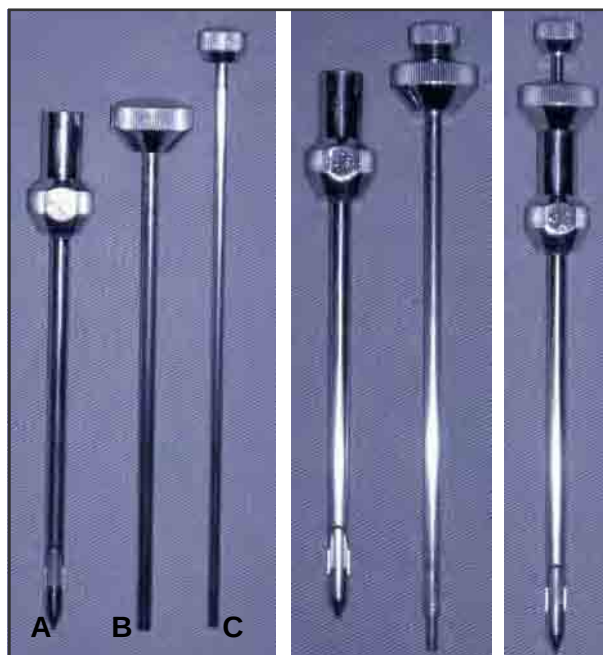


Figura 7. Agulha de Bergström 5.0: (A) Agulha com fenestração em sua porção distal; (B) Cãnula; (C) Mandril.

O processamento dos fragmentos do músculo glúteo médio foi realizado no Laboratório de Histoquímica do Departamento de Morfologia do Instituto de Biociências – UNESP – Botucatu – SP.

Para o preparo de cada fragmento de músculo para exames histológico e histoquímico, o mesmo foi transferido para a câmara do Micrótomo Criostato²⁰ a -20°C (Figura 8). Estabelecido o equilíbrio térmico, o fragmento congelado foi fixado ao suporte metálico do criostato com um Adesivo Específico²¹ (Figura 9).

Após fixação adequada (o adesivo, que à temperatura ambiente é transparente, torna-se de coloração esbranquiçada quando congela), aplicou-se o protetor da navalha (Guia *Anti-roll*) (Figura 9), sendo, então, realizados 3 cortes histológicos com $10\text{ }\mu\text{m}$ de espessura cada, em seção transversal.

²⁰ JUNG CM 1800 – Leica Histology & E.M. Products – Aotec Instrumentos Científicos Ltda.

²¹ JUNG – Tissue Freezing Medium – Leica Instruments GmbH – Aotec Instrumentos Científicos Ltda.



Figura 8. Micrótopo Criostato.

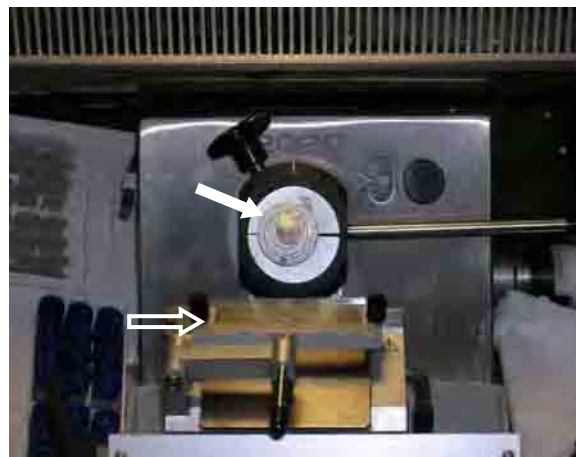


Figura 9. Fragmento de músculo fixado ao suporte metálico com adesivo específico (seta cheia) e Guia *Anti-roll* (seta vazia).

Os cortes histológicos foram submetidos às seguintes reações histoquímicas:

a) Hematoxilina e Eosina (HE), para a avaliação da arquitetura fascicular geral da musculatura, tamanho e forma das fibras, posição e número de núcleos na célula, processos inflamatórios, basofilia citoplasmática (intensidade da síntese protéica) e fibras nervosas;

b) Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR), para evidenciar a atividade metabólica oxidativa das fibras musculares. A enzima NADH-TR está presente tanto nas mitocôndrias quanto no retículo endoplasmático. A oxidação do NADH pode ser catalisada pelas diaforases (*flavin enzymes*). A NADH-TR é uma diaforase que capta o hidrogênio e o transfere para um aceptor, um sal de tetrazólio (NBT). Como resultado, observam-se depósitos de formazana (azul escuro) mais característicos nos locais de maior intensidade de atividade oxidativa (mitocôndrias).

c) Adenosina Trifosfatase Miofibrilar (mATPase), para a avaliação da atividade (velocidade de contração) lenta ou rápida da fibra muscular. A reação foi realizada utilizando-se um meio de pré-incubação alcalina (pH 10,3) e a incubação em pH 9,4.

Hodgson et al. (1983) utilizaram, para a determinação dos três tipos de fibras no músculo esquelético de equinos (glúteo médio), 2 meios de pré-incubação para reação histoquímica mATPase: uma ácida (pH 4,6) nas quais as fibras apresentaram-se com coloração enegrecida, cinza claro e cinza escuro para as fibras tipo I, IIA e IIB, respectivamente, e outra alcalina (pH 7,25), observando-se as colorações branca, cinza claro e cinza escuro (tipos I, IIA e IIB, respectivamente). De maneira semelhante, Rivero et al. (1993) também utilizaram pré-incubação alcalina (pH 10,3) e ácida (pH = 4,5 e 4,2) para reação histoquímica mATPase obtendo colorações nas fibras semelhantes àsquelas descritas por Hodgson et al. (1983).

Na avaliação dos cortes histológicos, utilizou-se uma Câmera de Captura de Imagens Leica DFC 300 FX²² acoplada a um Microscópio Leica DM-LB²³ e conectada a um Sistema Computadorizado para Análise de Imagens contendo o Software Leica Qwin Standard V 3.1.0²⁴ (Figura 10), onde foram amostrados de 3 a 5 campos por amostra de músculo.

Nos cortes submetidos à reação de mATPase, as fibras musculares foram identificadas e classificadas em 3 tipos: **Tipo I**, **Tipo IIA** e **Tipo IIB**, naqueles corados pela reação de NADH-TR, as fibras foram classificadas em 3 categorias: **SO** (*Slow-Twitch Oxidative*), **FOG** (*Fast-Twitch Oxidative Glycolytic*) e **FG** (*Fast-Twitch Glycolytic*) (PETER, 1972).

Após identificação e classificação das fibras musculares, foram realizadas as mensurações da área de cada fibra nos cortes submetidos à reação de NADH-TR e efetuado o cálculo da frequência percentual dos tipos de fibras musculares utilizando-se os cortes corados pela reação de mATPase.

²² Leica Microsystems Ltd – CH-9435 Heerbrugg – 12 V /600 ma (input) – Serial n° 042453904.

²³ Leica Microsystems Ltd – DM 20.519.010 LB 30S BZ:00 – 888010/017 – 238047 – 11/2001 – U 115/230 V – 50/60 Hz – 12 V – max 30 W – Pmax 45 VA – Made in Germany.

²⁴ Leica Microsystems Imaging Solutions – 1993-2003 – PO Box 86 – 515 Coldhams Lane – Cambridge, CB1 3XJ – United Kingdom – www.microscopy-imaging.com . Portion of this product were developed for Leica by Calidris and SoftHard Technology Ltd.



Figura 10. Câmera de Captura de Imagens Leica DFC 300 FX (A); Microscópio Leica DM-LB (B) e Sistema Computadorizado para Análise de Imagens, o Software Leica Qwin Standard V 3.1.0 (C).

4.5. Análise Estatística

Para os dados obtidos na realização do EBILD, foi elaborado um perfil de resposta dos parâmetros fisiológicos e ambientais.

Para o estudo do modelo preditivo do lactato em função do tempo de exercício durante o TER, utilizou-se a técnica de análise de regressão, cujo modelo exponencial foi o que se mostrou mais aderente aos dados pelo método dos mínimos quadrados.

Para os demais dados obtidos durante o TER, foram analisadas algumas associações entre as variáveis observadas utilizando-se o coeficiente de correlação linear de Pearson entre pares de interesse (ZAR, 1998).

Com os dados obtidos através das avaliações histoquímicas das amostras de músculo glúteo médio, a análise estatística utilizou a técnica de análise de variância para o modelo de medidas repetidas (JOHNSON & WINCHERN, 1998).

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Avaliações Pré-Condicionamento

5.1.1 Avaliações em Repouso

5.1.1.1 Exame Físico

- a) Exame das mucosas ocular e conjuntival (coloração) e oral (coloração e tempo de perfusão capilar (T.P.C.));
- b) Palpação dos linfonodos submandibulares e pré-escapulares: todos os cavalos apresentaram características clínicas normais.
- c) Auscultação das áreas cardiopulmonares: todos os cavalos apresentaram sons cardíacos e pulmonares com características clínicas normais.
- d) Aferição das frequências cardíaca e respiratória;
- e) Aferição da temperatura retal;
- f) Aferição do peso corpóreo (semanalmente)

Ao exame físico, todos os cavalos apresentaram-se dentro da normalidade clínica.

As aferições do peso corpóreo (kg) foram realizadas apenas nos cavalos numerados de 1 a 5, pois naqueles de números 6, 7 e 8 não foi possível por indisponibilidade de balança (em manutenção). A Figura 11 apresenta de forma ilustrativa a evolução dos pesos corpóreos dos cavalos 1 a 5 e representa as aferições realizadas semanalmente, havendo uma última aferição 7 dias após o término do EBILD (3 dias após o TER). Observa-se que os pesos corpóreos dos cavalos apresentaram sem alterações significativas. Essa manutenção do peso corpóreo dos cavalos durante este estudo demonstra que os requerimentos nutricionais foram adequados diante do manejo alimentar imposto. No estudo realizado por D'Angelis et al. (2005), no qual os cavalos foram submetidos a um programa de treinamento aeróbico com 90 dias de duração, também não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos pesos corpóreos dos cavalos durante este período de treinamento.

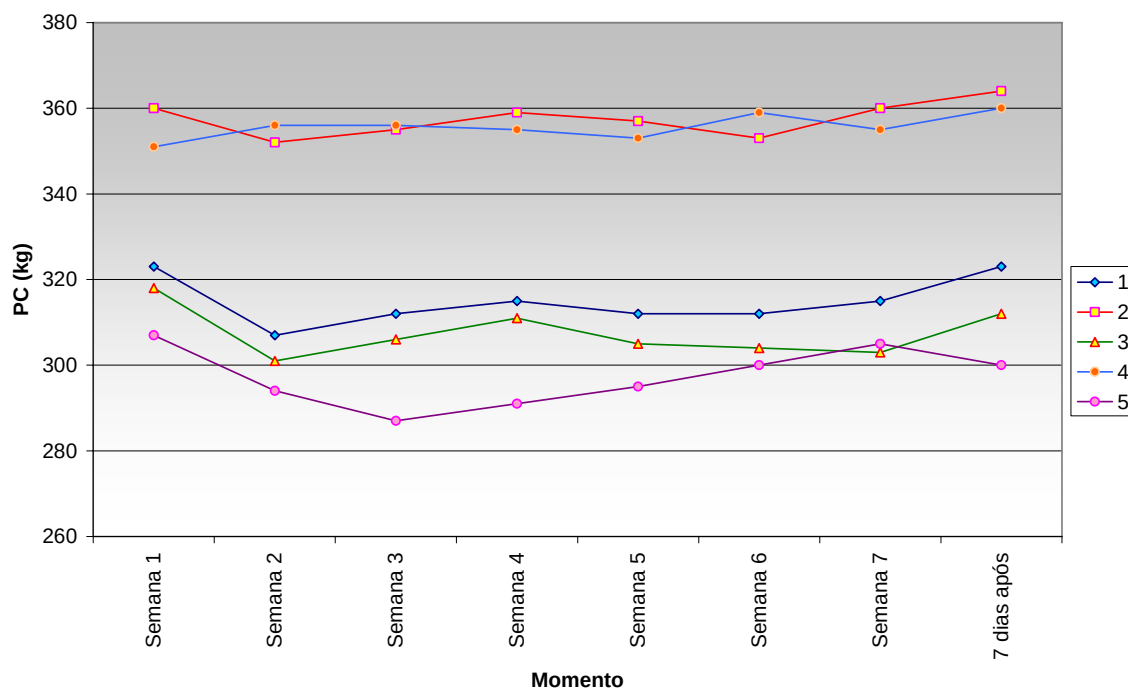


Figura 11. Peso Corpóreo - Cavalos 1 a 5

5.1.1.2 Hemograma

Os dados obtidos estão representados na Tabela 1, os quais mostram que todos os cavalos apresentaram-se dentro da normalidade clínica laboratorial, tendo-se, como referência, os valores citados por Kramer (2000).

Observa-se que a contagem eritrocitária do Cavalo 4 está discretamente diminuída, porém todas as demais características do hemograma encontram-se dentro dos valores de referência, principalmente o valor de VGM, o qual implica que esta diminuição de eritrócitos não possui significado clínico.

A quantidade elevada de plaquetas em alguns cavalos (1, 5, 6 e 7), provavelmente ocorreu devido à contração esplênica promovida pelo manejo instituído para a realização da colheita (trazer o animal do piquete até o Centro de Medicina Esportiva Equina). Portanto, como os demais valores do hemograma destes cavalos estão dentro da normalidade clínica, esta elevação plaquetária não tem implicação clínica.

Tabela 1. Valores Hematológicos dos Cavalos 1 a 8

Eritrograma	Cavalo								Valores de Referência
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Eritrócitos (x 10⁶ µl)	7,77	6,91	7,76	6,23	7,97	7,77	8,13	6,05	6,8 - 12,9
Hemoglobina (g/dl)	12,4	12,1	12	11,1	12	12,1	13,1	10,8	11 - 19
Volume Globular (%)	35,5	34,6	34,6	32,4	35,8	35,1	37,9	31,1	32 - 53
VGM (fl)	45,7	50	44,6	52,1	44,9	45,2	46,6	51,4	37 - 58
HGM (pg)	15,9	17,5	15,5	17,8	15,1	15,6	16,1	17,8	10 - 20
CHGM (g/dl)	34,9	35	34,7	34,3	33,6	34,6	34,6	34,6	31 - 36
RDW (%)	26	25,3	24,7	23,9	22,3	26,9	25,4	22,6	24 - 27
Plaquetas (x 10³ µl)	375	252	334	179	369	475	398	241	100 - 350
Proteína Plasmática Total (g/dl)	7,2	6,6	7,2	6,8	6,8	7,4	6,2	6,0	5,8 - 8,7
Fibrinogênio (mg/dl)	600	200	400	200	200	300	200	100	100 - 400

VGM = Volume Globular Médio

HGM = Hemoglobina Globular Média

CHGM = Concentração de Hemoglobina Globular Média

RDW = Distribuição do Diâmetro dos Eritrócitos

Leucograma	Cavalo								Valores de Referência
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Leucócitos (x 10³ µl)	9,97	6,65	9,15	8,82	8,43	8,79	9,56	7,49	5,4 - 14,3
Neutrófilos (%)	47	49	38	62	55	43	46	44	22 - 80
Linfócitos (%)	48	44	52	29	43	49	44	49	17 - 68
Monócitos (%)	2	4	4	4	0	5	5	6	0 - 14
Eosinófilos (%)	3	1	6	4	1	3	5	1	0 - 10
Basófilos (%)	0	2	0	1	1	0	0	0	0 - 4

5.1.2.1 Avaliação Videoendoscópica do Sistema Respiratório Superior

Todos os cavalos apresentaram-se sem alterações no sistema respiratório superior.

5.1.2 Avaliações Dinâmicas

5.1.2.1 Avaliação Morfofuncional da Laringe

As imagens obtidas em tal procedimento foram gravadas em fitas de videocassete e apreciadas posteriormente, nas quais todos os cavalos não mostraram qualquer alteração morfofuncional da laringe.

5.1.2.2 Avaliação do Aparelho Locomotor

Todos os cavalos não apresentaram qualquer alteração funcional (claudicação, por exemplo).

5.2 Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (EBILD)

Em relação aos parâmetros fisiológicos e ambientais aferidos durante o EBILD, foi elaborado, estatisticamente, um perfil de resposta desses parâmetros e estão expostos na Tabela 2. Os valores em negrito são os mais representativos.

Tabela 2. Perfil de resposta dos parâmetros fisiológicos e ambientais no grupo de estudo - EBILD.

Parâmetros	P _{2,5}	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P _{97,5}	Médias	DP
FC ₀	26	27	29	31	37	40	42	43	34	4
FCS ₁	91	93	96	101	113	118	121	123	107	8
FCS ₂	100	102	105	110	122	127	130	132	116	8
FCS ₃	62	66	71	78	96	103	108	112	87	13
FCS ₄	111	114	117	121	133	137	140	143	127	8
FCS ₅	107	111	116	124	142	150	155	159	133	13
FCS ₆	108	111	114	120	132	138	141	144	126	9
FCS ₇	104	107	111	118	134	141	145	148	126	11
FC _{máx 1}	76	91	108	136	199	227	244	259	168	47
FC _{máx 2}	89	100	112	132	177	197	209	220	155	33
FC _{máx 3}	46	59	73	97	150	174	188	201	123	39
FC _{máx 4}	134	144	154	171	210	228	238	247	191	29
FC _{máx 5}	135	145	156	175	217	235	246	256	196	31
FC _{máx 6}	142	147	152	162	183	192	198	203	172	16
FC _{máx 7}	131	139	147	162	196	211	220	228	179	25
FCR ₁	51	54	57	62	73	79	82	84	68	9
FCR ₂	46	48	51	56	67	72	75	78	62	8
FCR ₃	42	45	47	52	63	68	71	73	58	8
FCR ₄	39	41	44	49	60	65	68	70	55	8
FCR ₅	37	40	42	47	57	62	65	67	52	8
LA _{CONTROLE}	1,8	1,9	2,0	2,1	2,4	2,5	2,6	2,7	2,2	0,2
TR _i	36,9	37,0	37,1	37,2	37,5	37,7	37,8	37,8	37,4	0,2
TR _f	37,7	37,7	37,8	38,0	38,3	38,4	38,5	38,6	38,1	0,2
FR _i	5	6	7	10	14	17	18	19	12	4
FR _f	33	38	43	52	72	80	85	90	62	15
TA _i	14,5	15,1	15,7	16,8	19,2	20,3	20,9	21,5	18,0	1,8
TA _f	15,3	15,9	16,5	17,5	19,9	20,9	21,5	22,1	18,7	1,7
UR _i	71,5	72,1	72,8	74,0	76,6	77,8	78,5	79,1	75,3	1,9
UR _f	71,4	72,1	72,9	74,2	77,1	78,3	79,1	79,8	75,6	2,1

P = percentil; DP = desvio-padrão; FC₀ = frequência cardíaca em repouso; FC_n = FC na enésima semana de exercício; FC_{MÁX n} = FC máxima na enésima semana de exercício; FCR_n = FC de recuperação após n minutos do exercício; LA_{CONTROLE} = lactato de controle; TR_i e TR_f = temperatura retal inicial e final; FR_i e FR_f = frequência respiratória inicial e final; TA_i e TA_f = temperatura ambiente inicial e final; UR_i e UR_f = umidade relativa do ar inicial e final.

As frequências cardíacas antes do início de cada dia de exercício (FC_0), de cada cavalo, em média $\pm$ DP, estão representadas na Figura 12 e demonstram valores dentro da normalidade clínica. A Tabela 2 revela que em 97,5% dos cavalos ($P_{97,5}$), verificou-se valores na FC_0 de até 43 bpm, representando valores dentro da normalidade clínica.

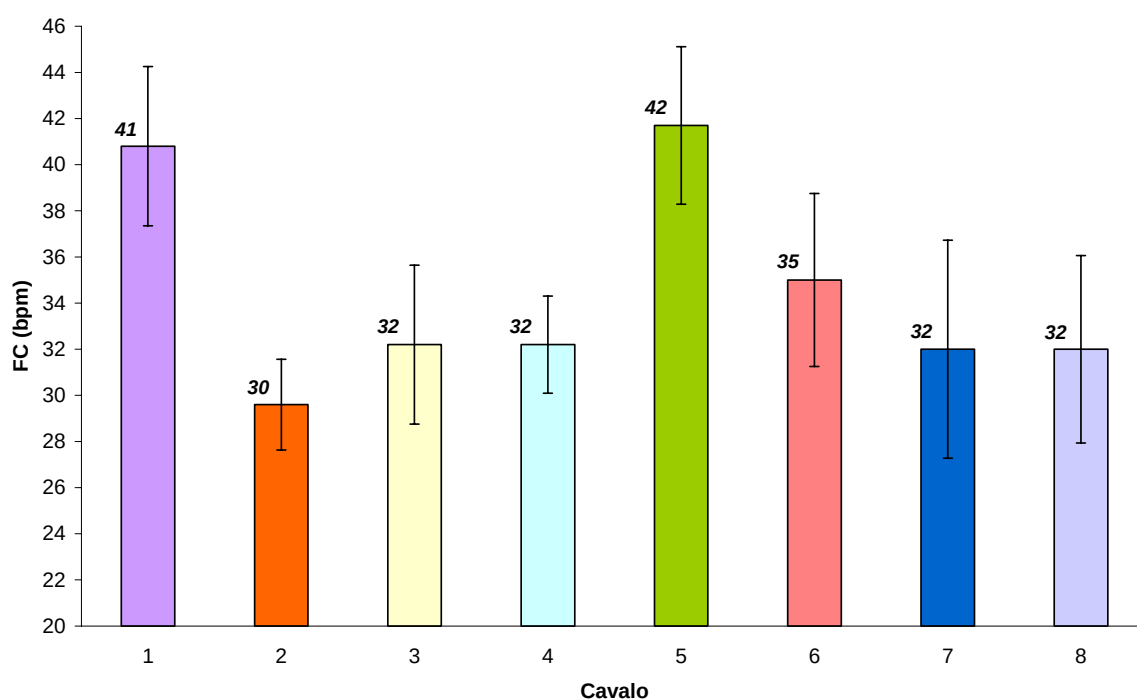


Figura 12. Frequência Cardíaca em Repouso (Média $\pm$ DP) - EBILD

As frequências cardíacas durante o EBILD, em média $\pm$ DP, estão ilustradas nas Figuras 13 a 20 (Cavalos 1 a 8, respectivamente).

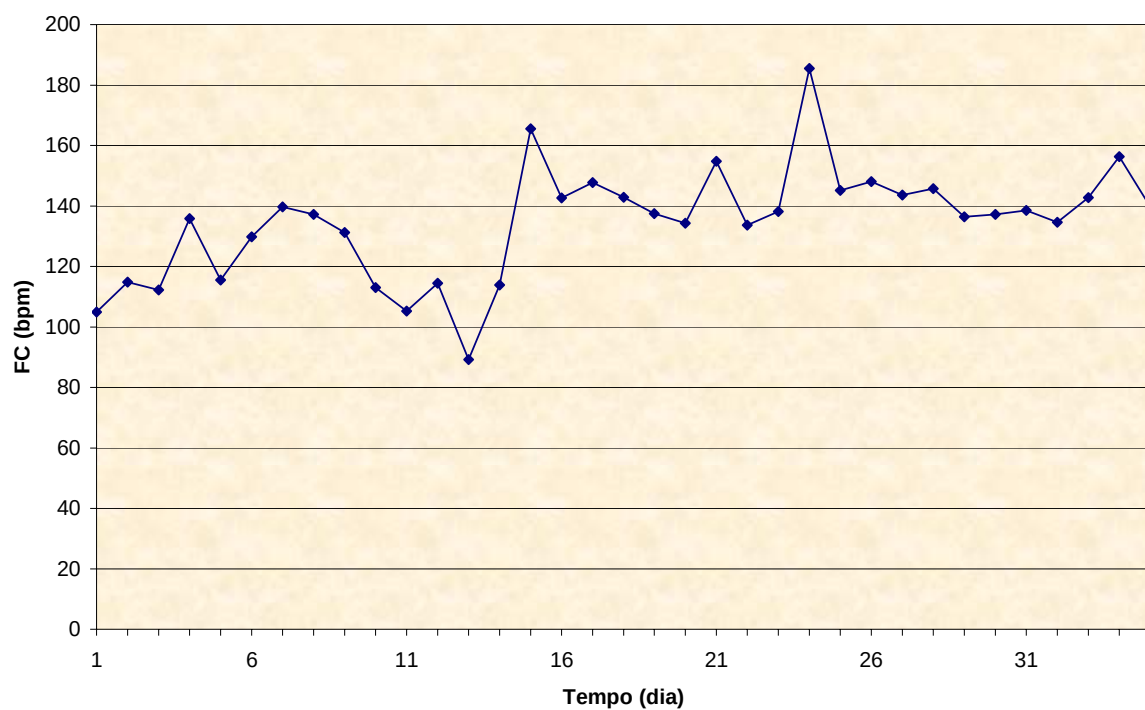


Figura 13. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavalo 1

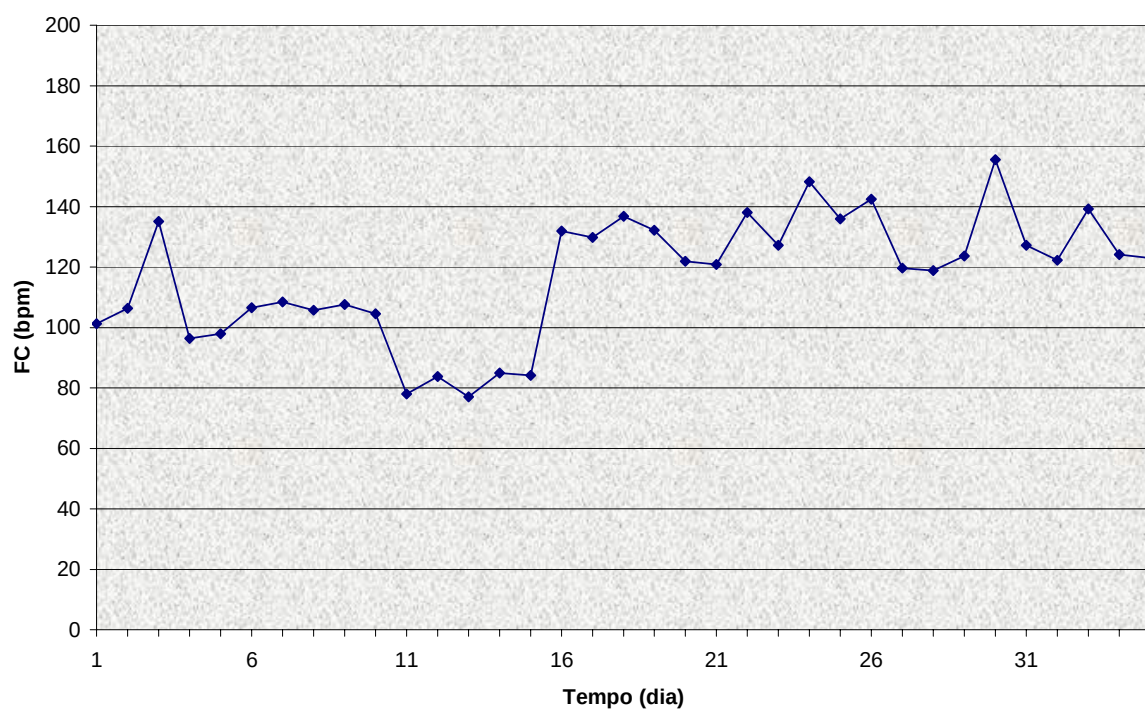


Figura 14. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavalo 2

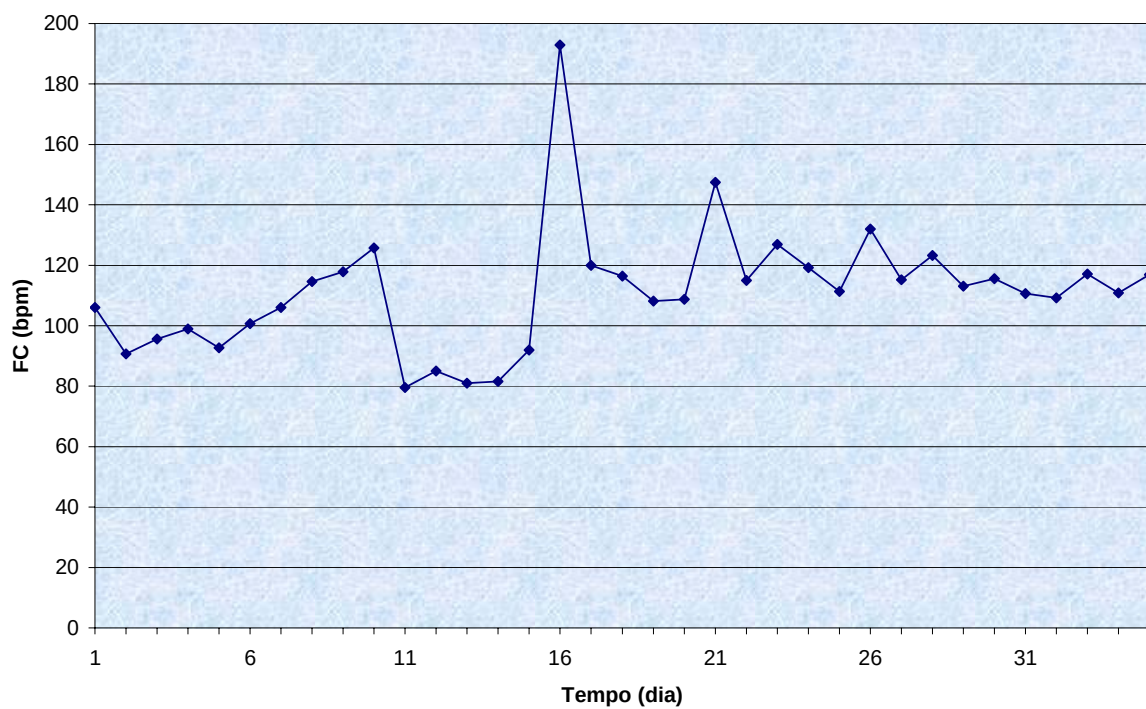


Figura 15. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavallo 3

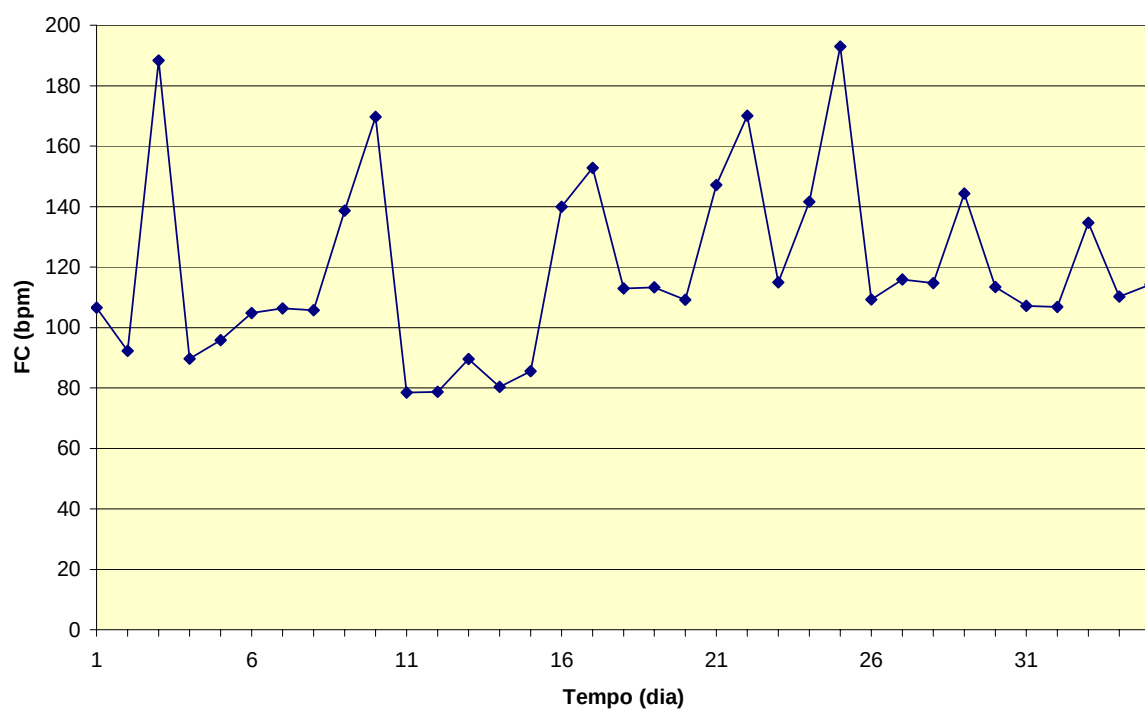


Figura 16. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavallo 4

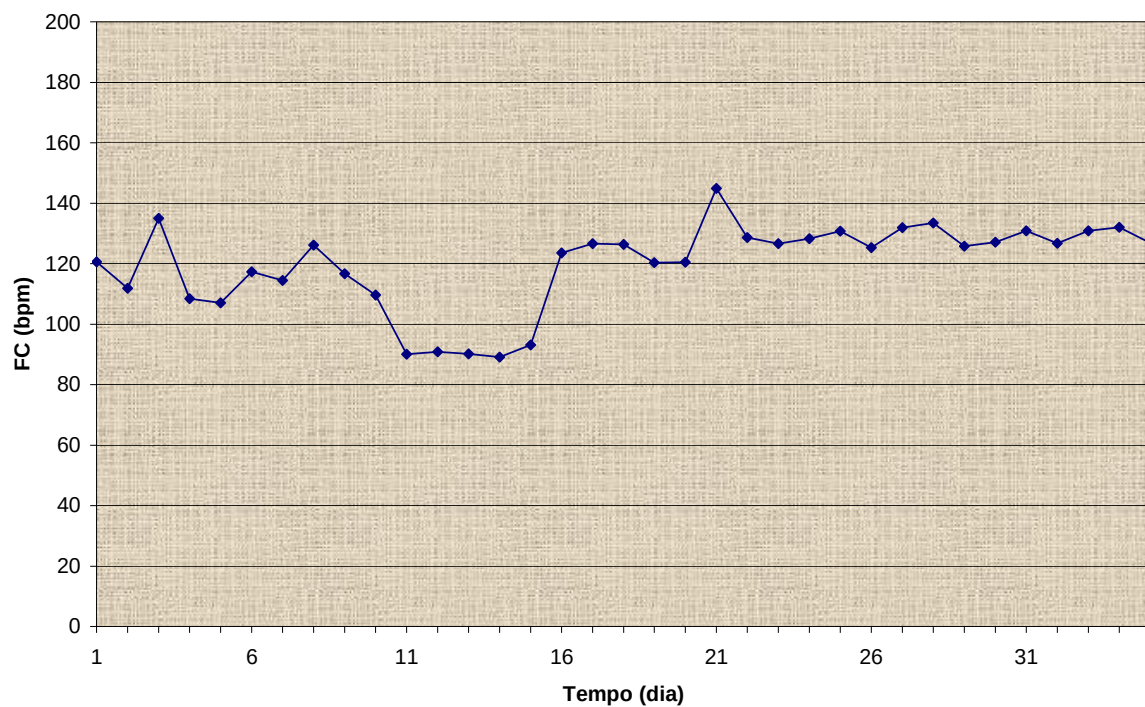


Figura 17. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavalo 5

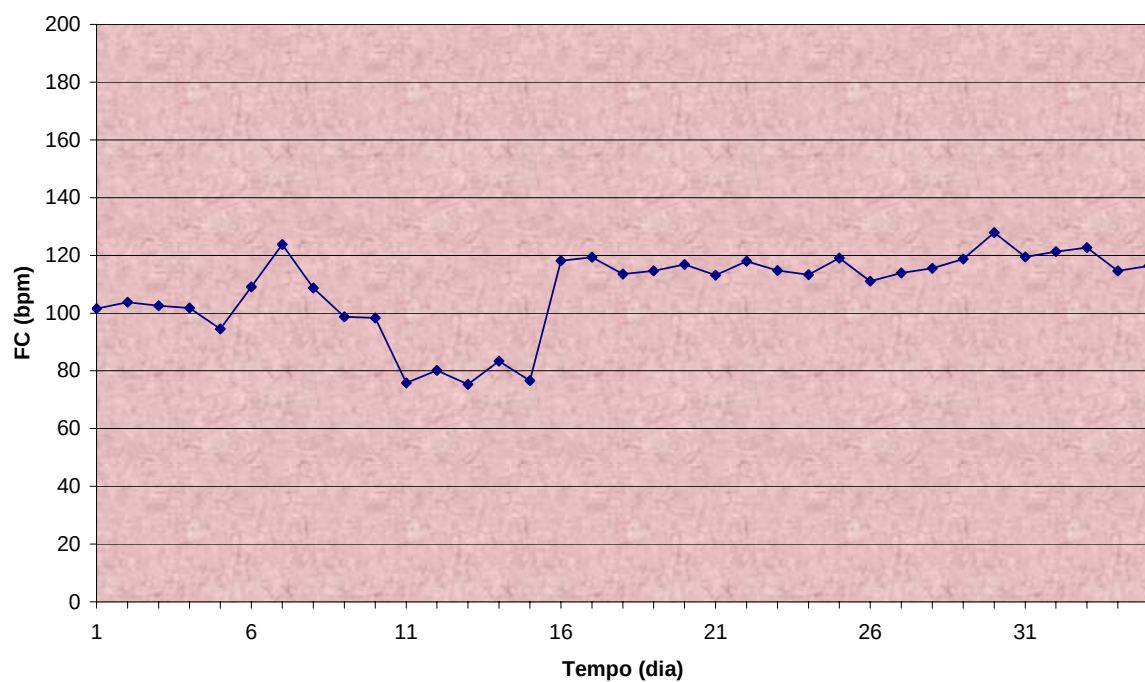


Figura 18. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavalo 6

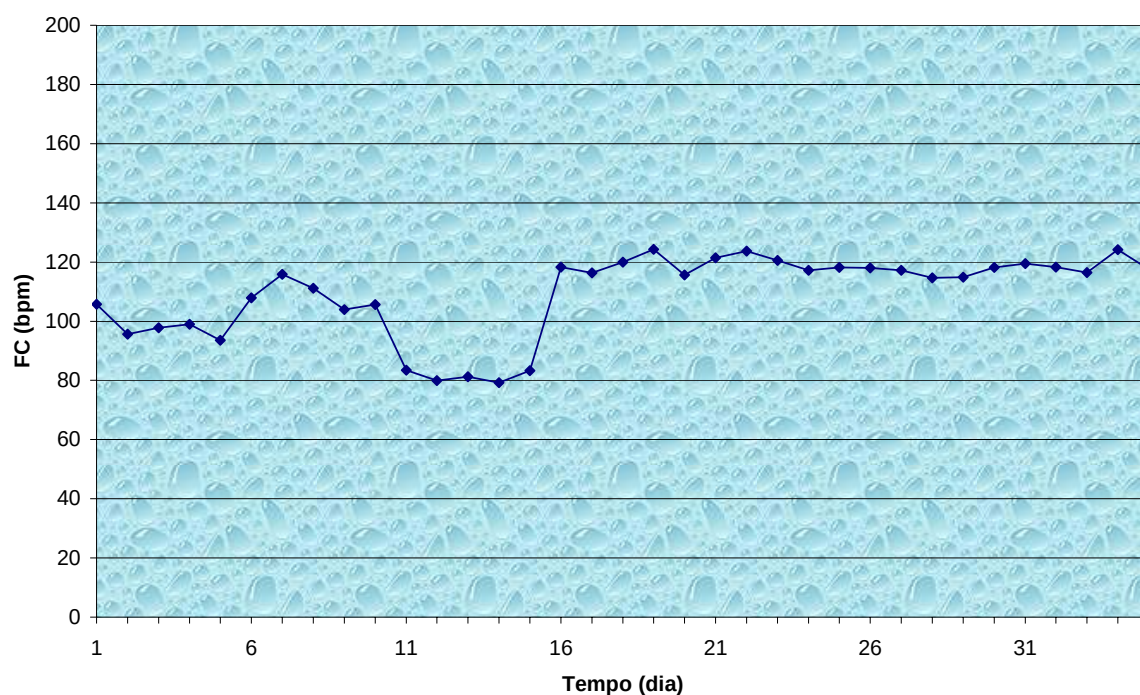


Figura 19. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavalo 7

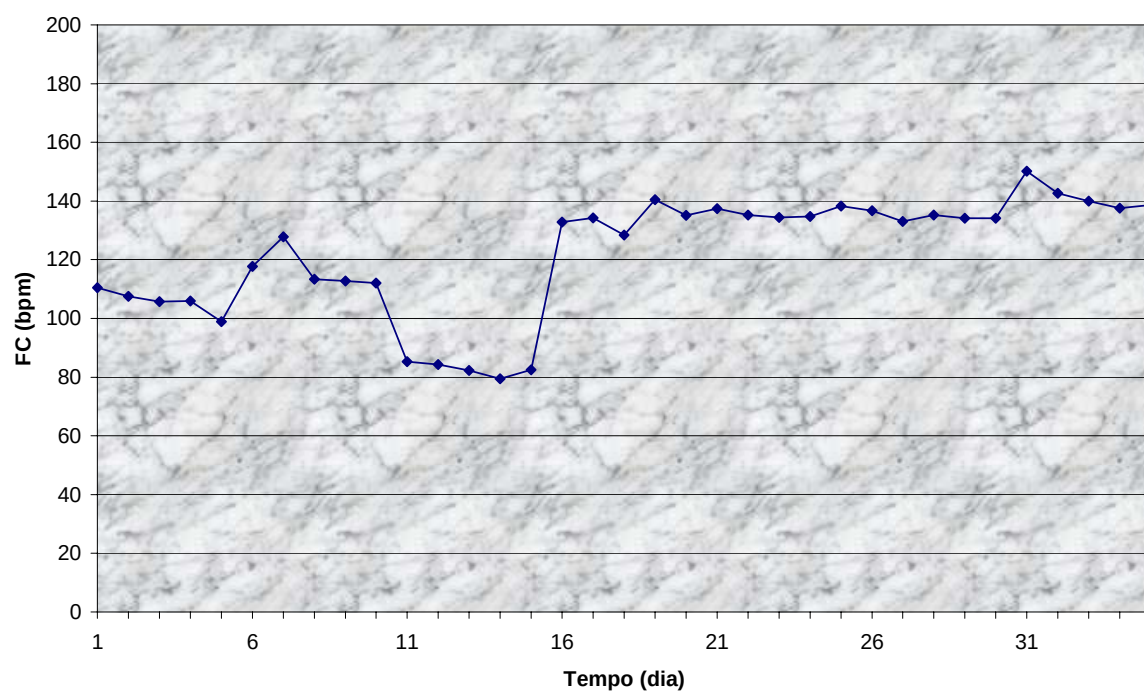


Figura 20. Frequência Cardíaca (Média Diária) - EBILD - Cavalo 8

A frequência cardíaca durante o exercício depende da intensidade deste (MARLIN e NANKERVIS, 2002). Desta maneira, pode-se afirmar que o comportamento cardíaco durante o EBILD foi semelhante em todos os cavalos, havendo aumento gradativo e diário nas frequências cardíacas no decorrer das 2 primeiras semanas de exercícios, demonstrando uma resposta fisiológica à crescente demanda proveniente do esforço ora realizado, uma vez que os cavalos encontravam-se em vida sedentária e iniciaram uma atividade física, aumentando o requerimento de oxigênio necessário, objetivamente, ao tecido muscular.

Na terceira semana de condicionamento físico observa-se uma diminuição na frequência cardíaca, que permanece com valores semelhantes (sem diferença estatística) durante os 5 dias de exercícios, pois a carga de trabalho é inferior à das semanas anteriores, sendo de baixa exigência metabólica.

No primeiro dia de exercício da quarta semana, observa-se um aumento acentuado na FC, atingindo valores superiores àqueles observados nas semanas anteriores. Este aumento representa um maior aporte sangüíneo, principalmente à maior exigência metabólica do tecido muscular.

Nos demais dias de exercício da semana 4, bem como em todos os dias das semanas seguintes, a FC permanece em valores semelhantes àqueles do primeiro dia da quarta semana, revelando uma adaptação fisiológica ao exercício, representando não apenas uma melhora na eficiência do sistema cardiovascular, mas também uma adaptação funcional do tecido muscular ao esforço, apesar do aumento da carga de trabalho (intensidade) nas semanas 5, 6 e 7. Esta adaptação deve-se às características de plasticidade e maleabilidade do tecido muscular (SNOW e VALBERG, 1994).

Esta avaliação do comportamento cardíaco, em média $\pm$ DP, pode ser observada, durante as 7 semanas de realização do EBILD, na Figura 21, bem como nos valores de percentis apresentados na Tabela 2, onde observa-se que no $P_{97,5}$, a FC nas sete semanas do EBILD apresentam, respectivamente, valores de até 123, 132, 112, 143, 159, 144 e 148 bpm em 97,5% dos cavalos, suportando a característica aeróbica deste protocolo.

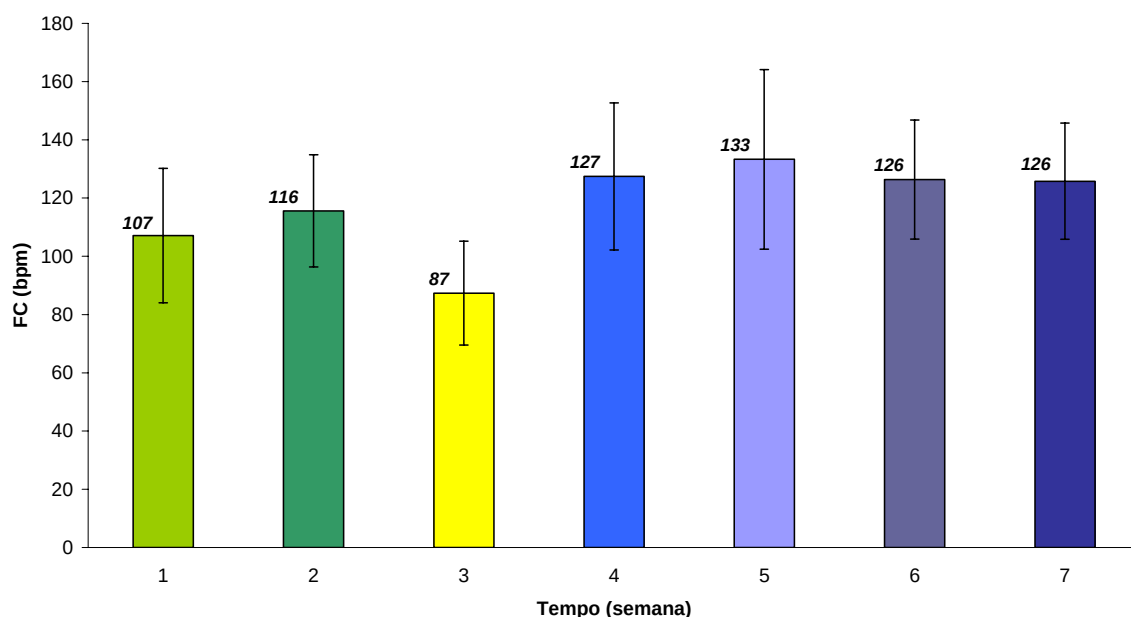


Figura 21. Frequência Cardíaca (Média $\pm$ DP) - EBILD

A média das FC máximas observadas durante o EBILD (Figura 22) revela variações similares às descritas na avaliação das FC (Média Diária) descritas anteriormente. Além disso, é importante observar que as médias das FC máximas estão abaixo do limiar aeróbico, mostrando que o exercício proposto tem exigência metabólica aeróbica. Já os valores máximos observados na FC de cada semana de exercícios representam elevações momentâneas, muitas vezes devido a algum ruído ou a presença de pessoas estranhas aos cavalos e que causaram uma resposta adrenérgica, elevando de maneira brusca e fulgás a FC. Estes picos observados não alteraram significativamente a característica aeróbica do protocolo proposto, como demonstrado nas avaliações das FC até aqui expostas., bem como nas observações de percentis apresentados na Tabela 2.

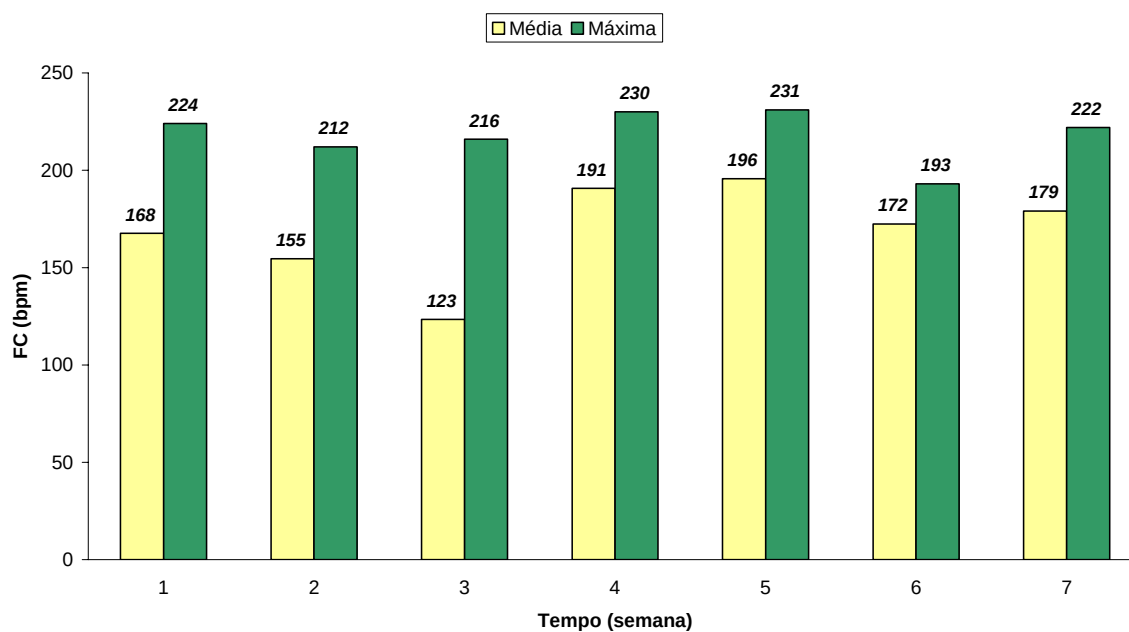


Figura 22. FC _{MÁX} (Média e Máxima) - EBILD

A Figura 23 ilustra o comportamento semelhante revelado na FC (média e máxima) observadas durante o EBILD.

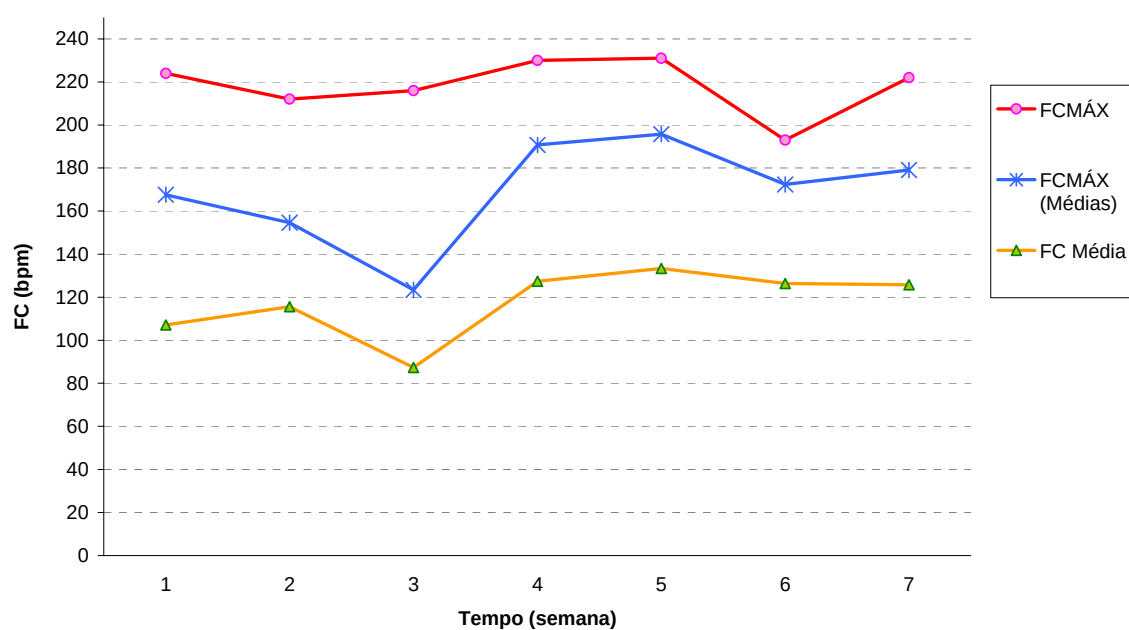


Figura 23. Frequência Cardíaca (Média e Máxima) - EBILD

De maneira semelhante às FC observadas em cada cavalo durante o EBILD, as Figuras 24 a 30 ilustram os valores de FC, em média $\pm$ DP, e a FC_{máx}, observados durante as semanas 1 a 7, respectivamente.

Essas ilustrações e os percentis referentes a estas FC, apresentados na Tabela 2, reforçam o comportamento aeróbico desejado.

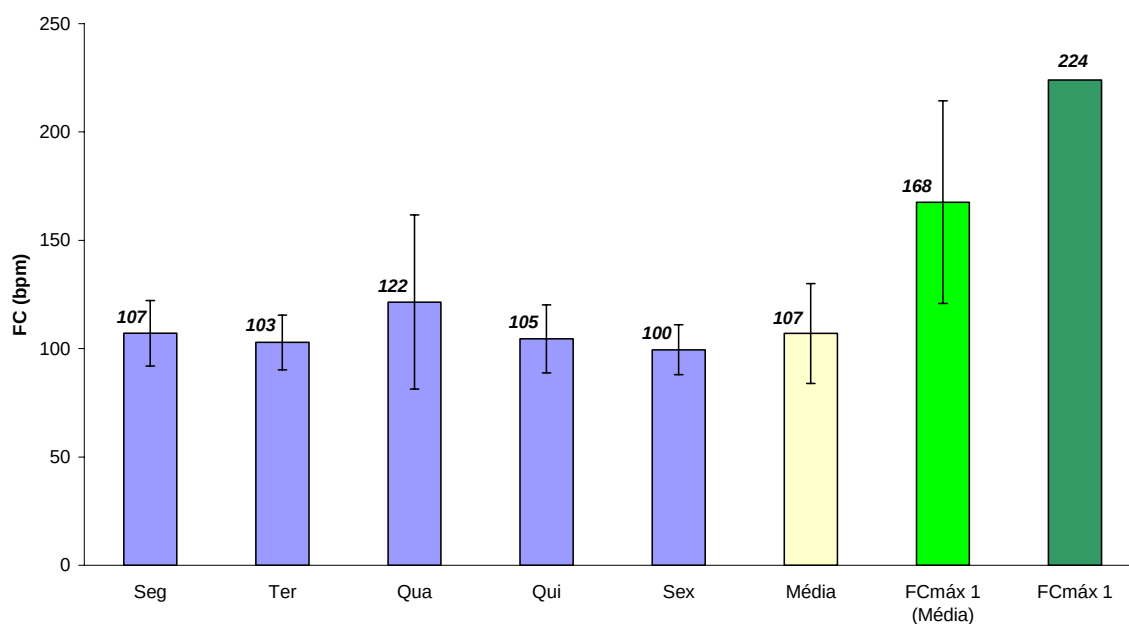


Figura 24. Frequência Cardíaca (Média $\pm$ DP) - Semana 1 - EBILD

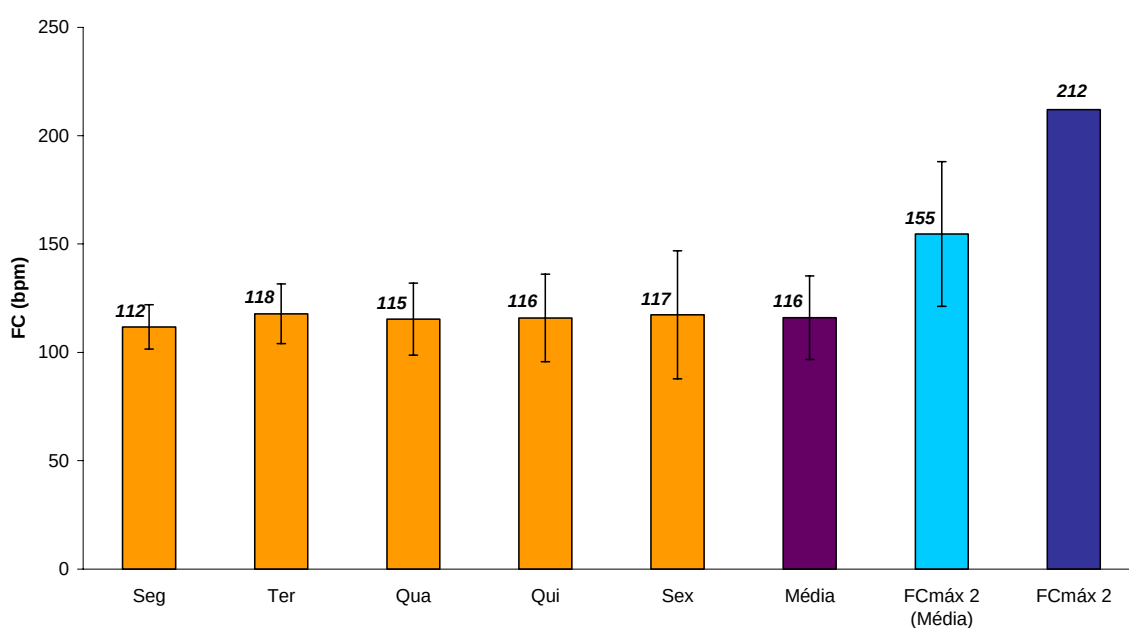


Figura 25. Frequência Cardíaca (Média $\pm$ DP) - Semana 2 - EBILD

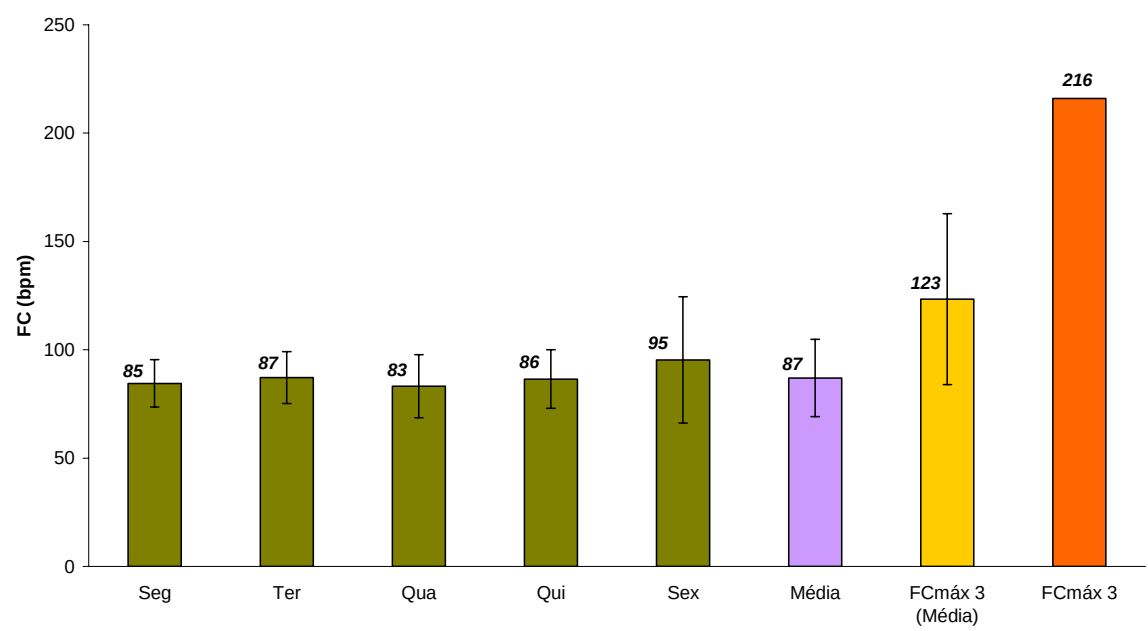


Figura 26. Frequência Cardíaca (Média ± DP) - Semana 3 - EBILD

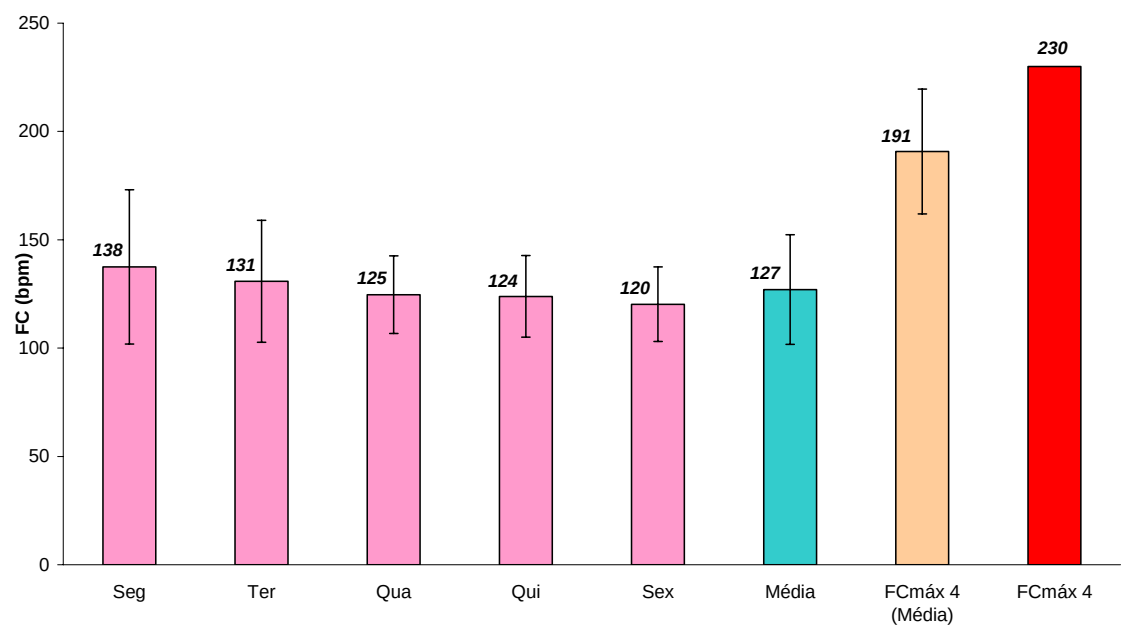


Figura 27. Frequência Cardíaca (Média ± DP) - Semana 4 - EBILD

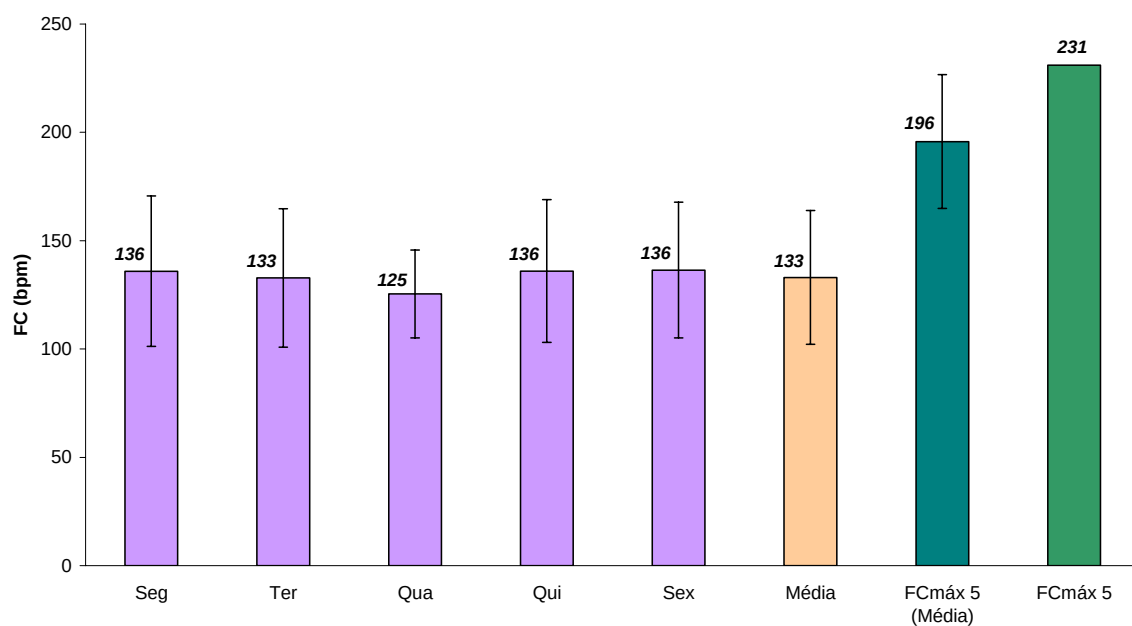


Figura 28. Frequência Cardíaca (Média $\pm$ DP) - Semana 5 - EBILD

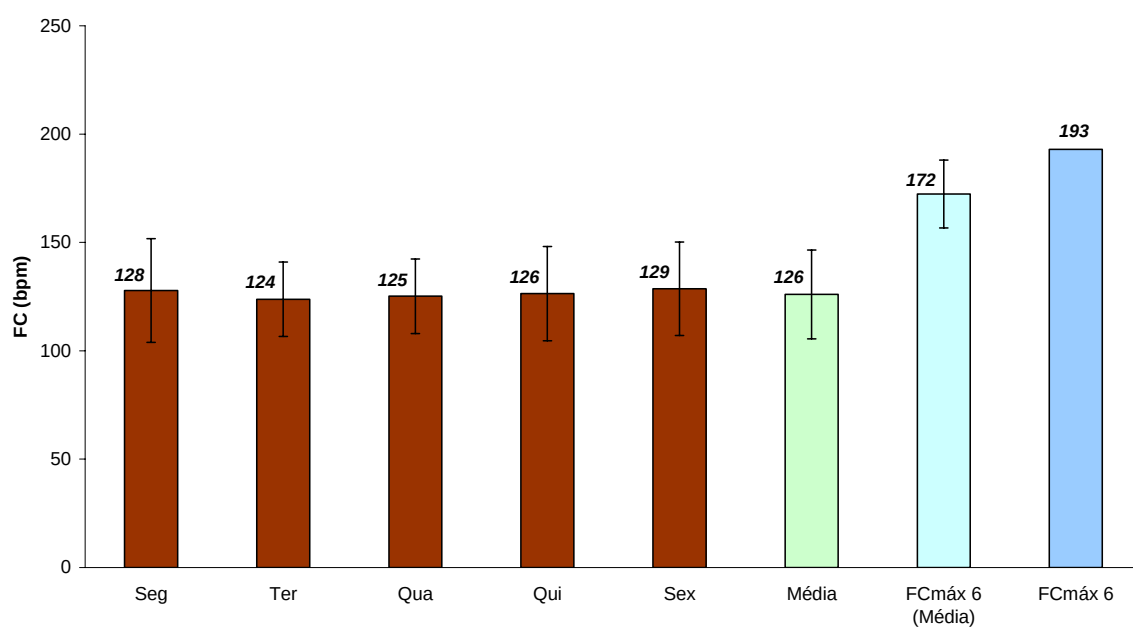


Figura 29. Frequência Cardíaca (Média $\pm$ DP) - Semana 6 - EBILD

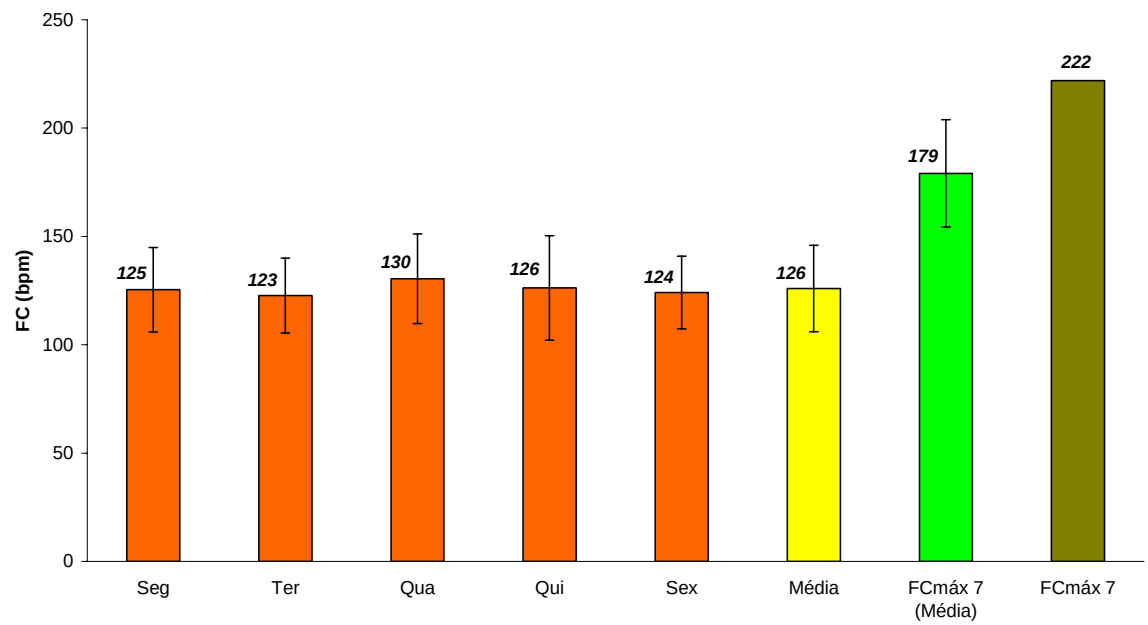


Figura 30. Frequência Cardíaca (Média ± DP) - Semana 7 - EBILD

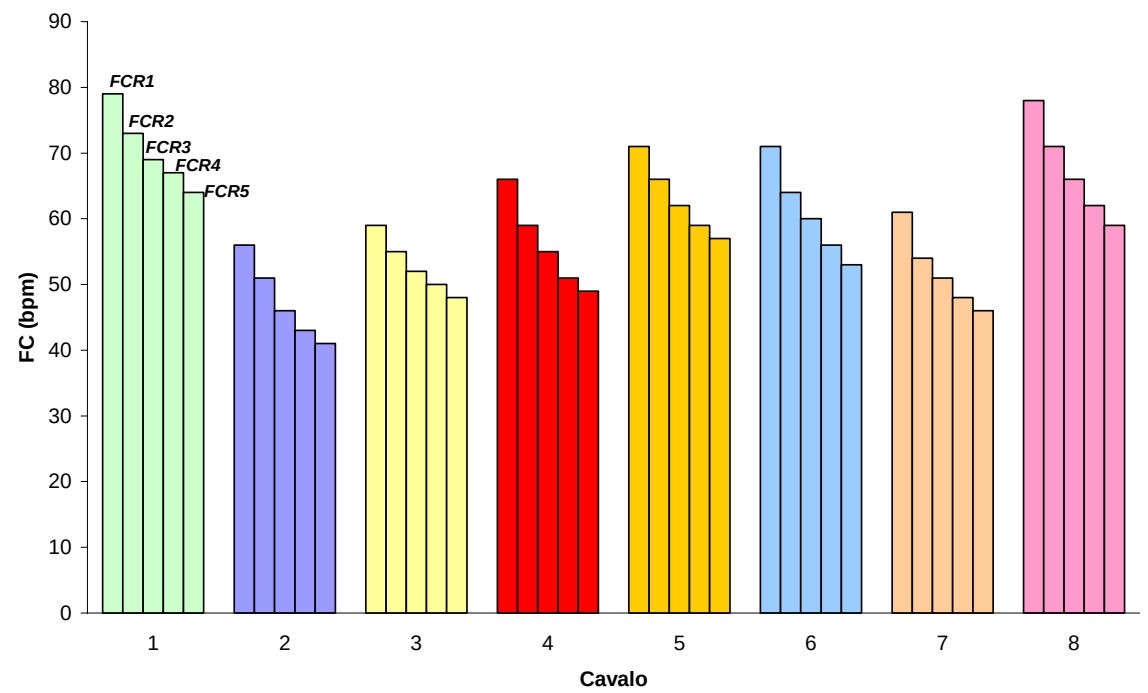


Figura 31. Frequência Cardíaca de Recuperação (Média) – EBILD

A Figura 31 demonstra, em médias, as frequências cardíacas de recuperação para cada cavalo (FCR_1 , FCR_2 ,... e FCR_5) e demonstram uma recuperação cardíaca semelhante em todos os cavalos. Esta recuperação gradativa certifica que os sistemas cardiovasculares dos cavalos estavam sem alterações clínicas. Portanto, com resposta fisiológica ao esforço a que foram submetidos, permitindo, também, um pleno retorno aos parâmetros clínicos. A recuperação dos batimentos cardíacos em repouso é menos eficiente do que quando ao passo e, apesar disso, a recuperação cardíaca foi satisfatória devido à baixa intensidade do exercício. Esta recuperação fisiológica da FC também pode ser observada na Tabela 2, onde todos os percentis revelam este comportamento fisiológico.

Quando a demanda de oxigênio aumenta devido à atividade do músculo durante o exercício, a quantidade de gases transportados pelo sistema respiratório ajusta-se proporcionalmente à manutenção do suprimento de oxigênio ao tecido muscular (LEKEUS e ART, 1994).

Langstemo et al. (1997) demonstraram que características fundamentais da cinética do consumo de oxigênio em equinos são dependentes da intensidade deste.

As frequências respiratórias em repouso, antes do exercício (FR_i), bem como ao final deste (FR_f), estão representadas nas Figuras 32 a 38, em média $\pm$ DP, de cada semana de condicionamento físico aeróbico.

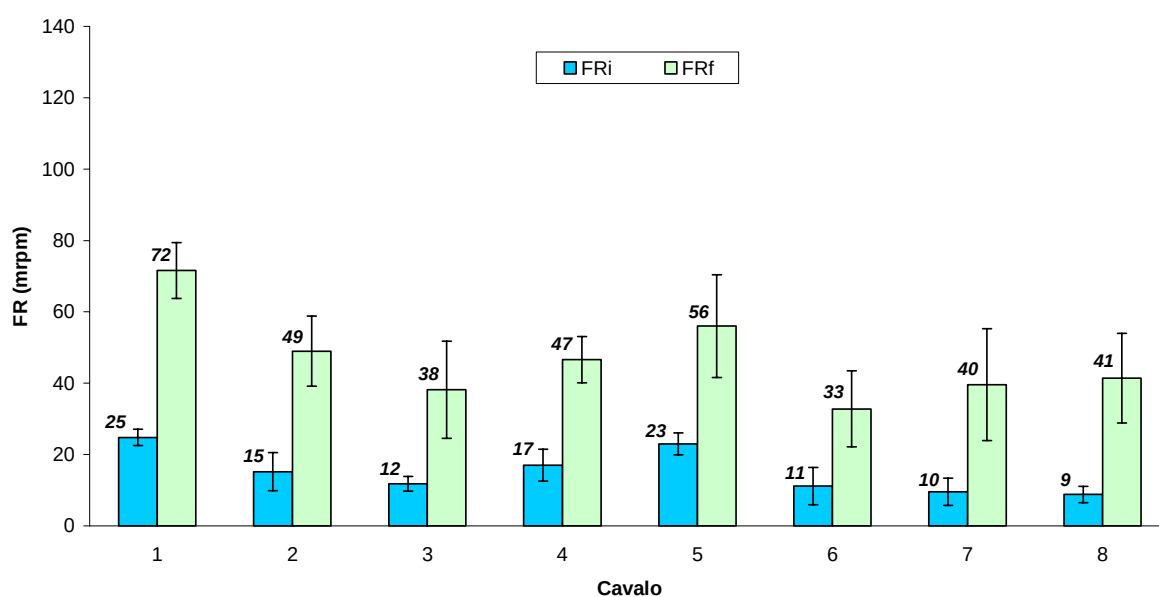


Figura 32. Frequência Respiratória (Média $\pm$ DP) - Semana 1 - EBILD

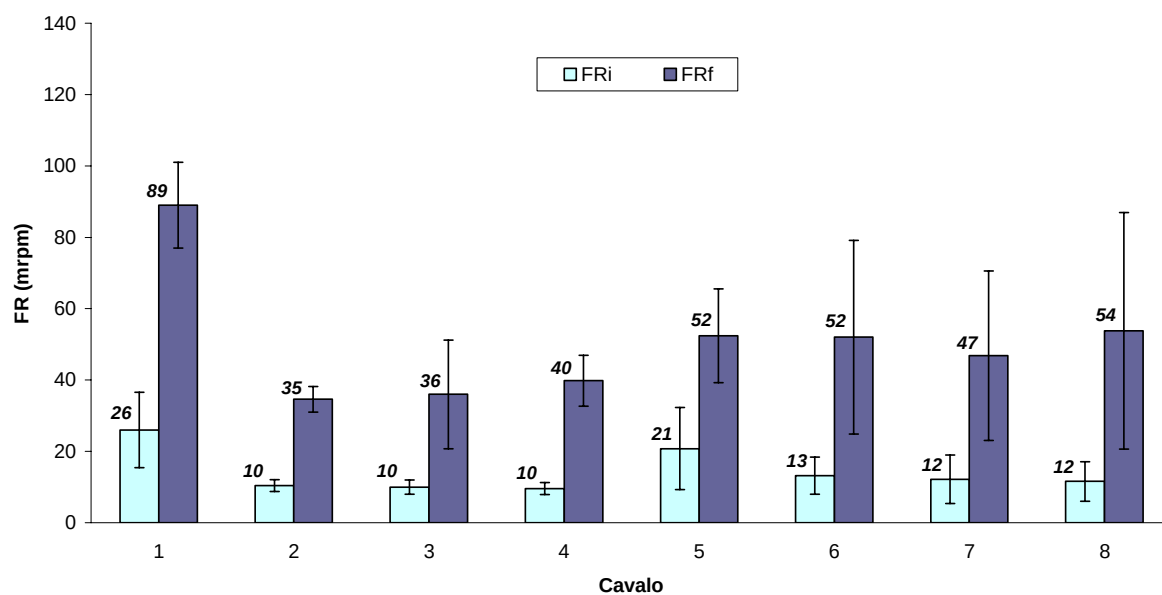


Figura 33. Frequência Respiratória (Média $\pm$ DP) - Semana 2 - EBILD

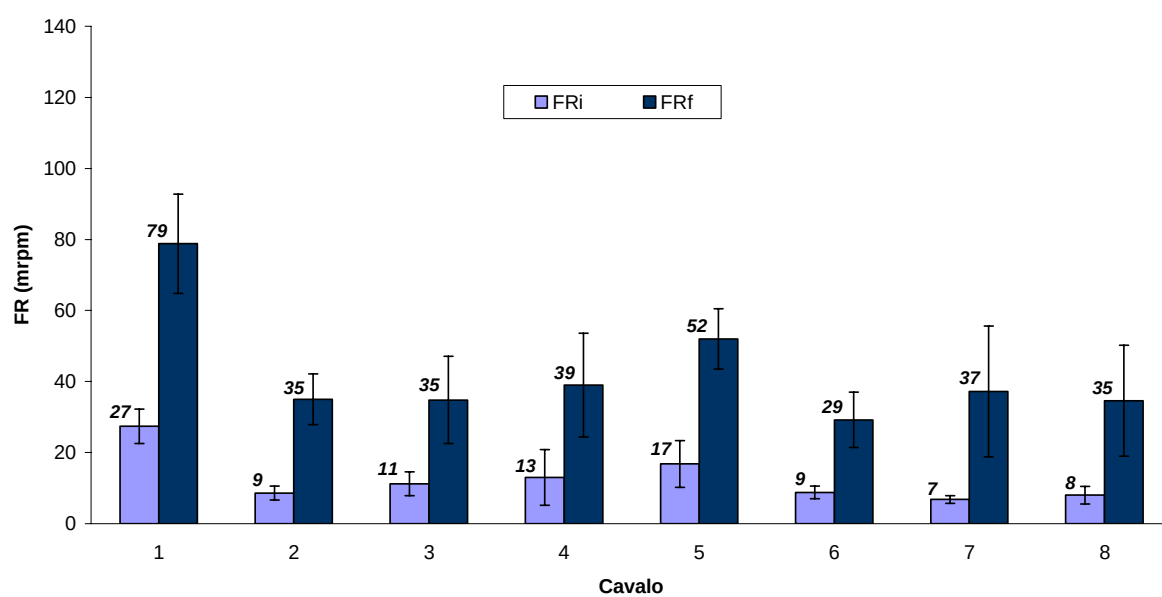


Figura 34. Frequência Respiratória (Média $\pm$ DP) - Semana 3 - EBILD

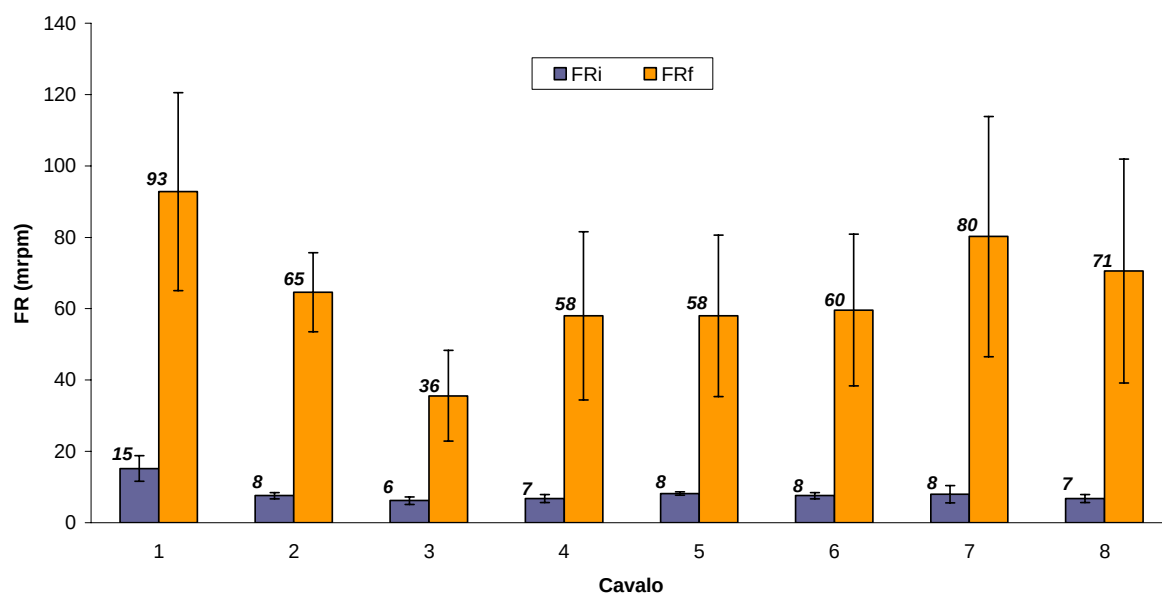


Figura 35. Frequência Respiratória (Média $\pm$ DP) - Semana 4 - EBILD

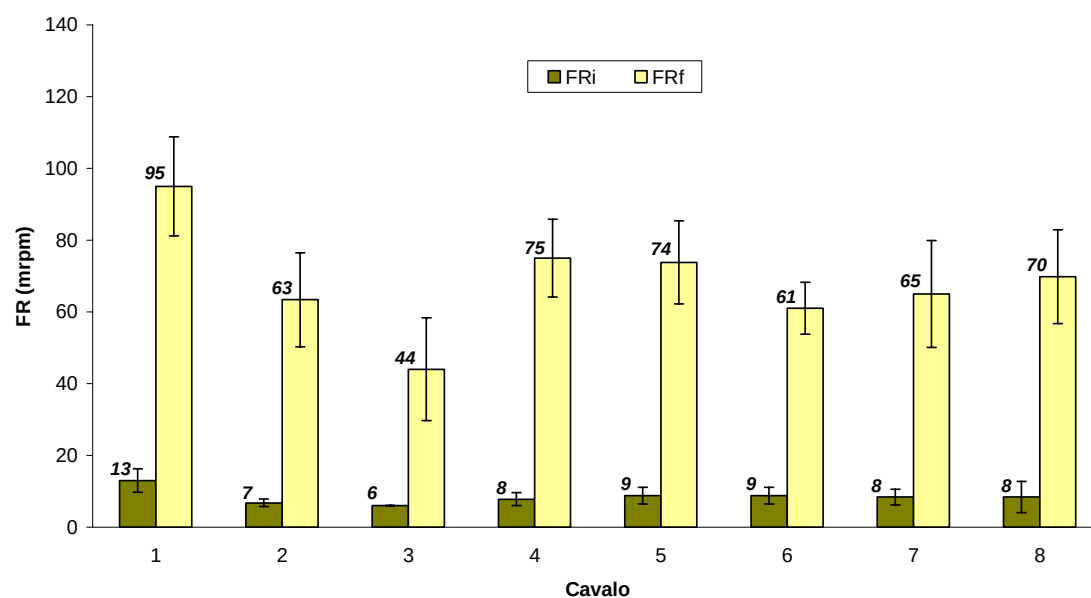


Figura 36. Frequência Respiratória (Média $\pm$ DP) - Semana 5 - EBILD

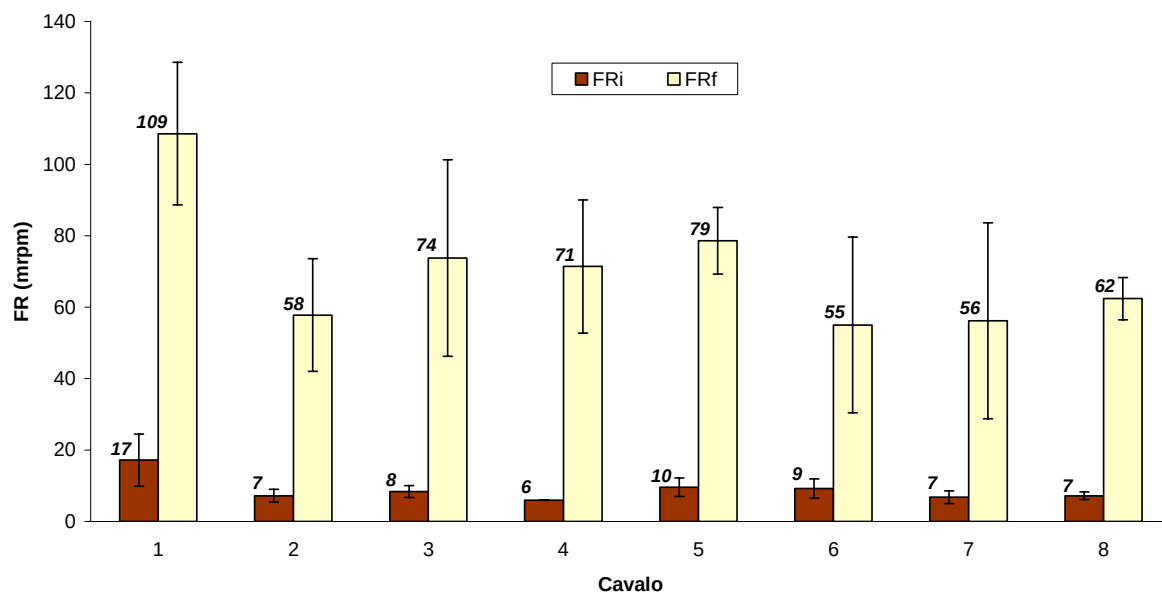


Figura 37. Frequência Respiratória (Média $\pm$ DP) - Semana 6 - EBILD

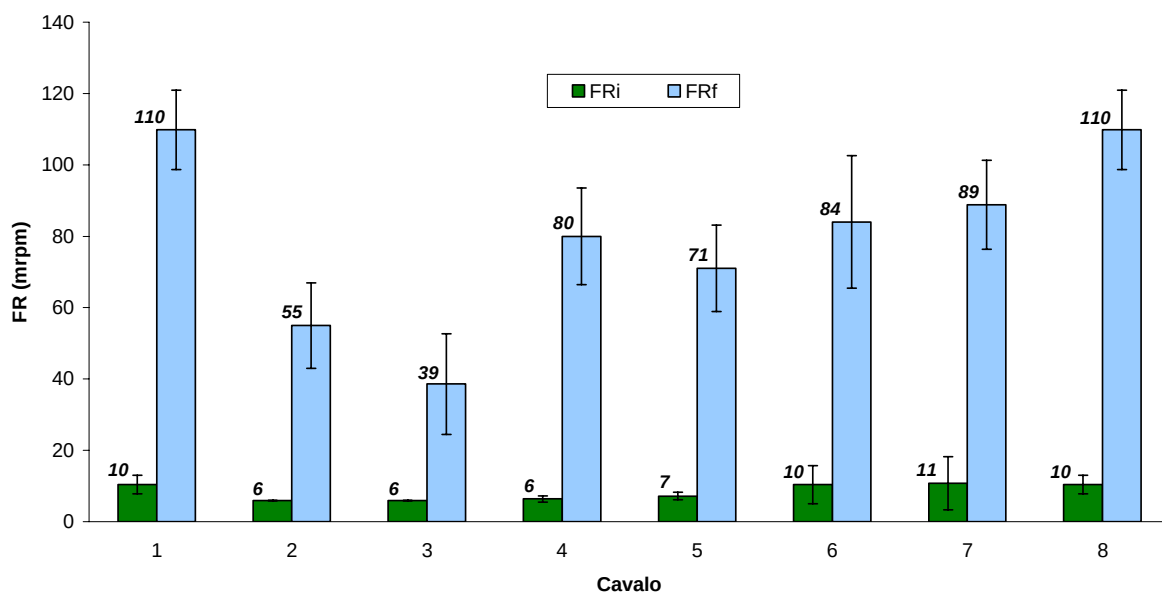


Figura 38. Frequência Respiratória (Média $\pm$ DP) - Semana 7 - EBILD

Na avaliação das FR iniciais (antes do exercício), observam-se valores dentro da normalidade fisiológica pois são inferiores aos batimentos cardíacos e revelam condições satisfatórias de aporte sanguíneo e conseqüente suprimento de oxigênio ao tecido muscular. Quando a demanda de oxigênio aumenta devido à atividade do músculo durante o exercício, a quantidade de gases transportados pelo sistema respiratório ajusta-se proporcionalmente à manutenção do suprimento de oxigênio ao tecido muscular (LEKEUS e ART, 1994).

A Tabela 2 mostra que em 75% dos cavalos ocorreram valores de até 14 mrpm na FR_i.

O cavalo 1 apresentou os mais altos valores na FR ao final do exercício, revelando, objetivamente, uma maior dificuldade em fornecer oxigênio ao tecido muscular. Provavelmente o sistema respiratório não tenha sido eficiente durante o exercício realizado.

Já o cavalo 8 mostrou sinais de inabilidade em manter esta capacidade de oferta de oxigênio à musculatura esquelética com o aumento do esforço físico no decorrer do EBILD. Nas semanas de 1 a 6, seus valores de FR foram semelhantes aos demais cavalos, porém houve um aumento significativo na semana 7, demonstrando uma tendência à fadiga com o aumento do esforço.

Os cavalos 2 a 7 mostraram uma maior habilidade em manter tal suprimento, pois apresentaram valores semelhantes de FR mesmo com o aumento da exigência metabólica existente no decorrer das semanas de exercício.

A Figura 39 ilustra o comportamento do sistema respiratório, em cada semana (média $\pm$ DP).

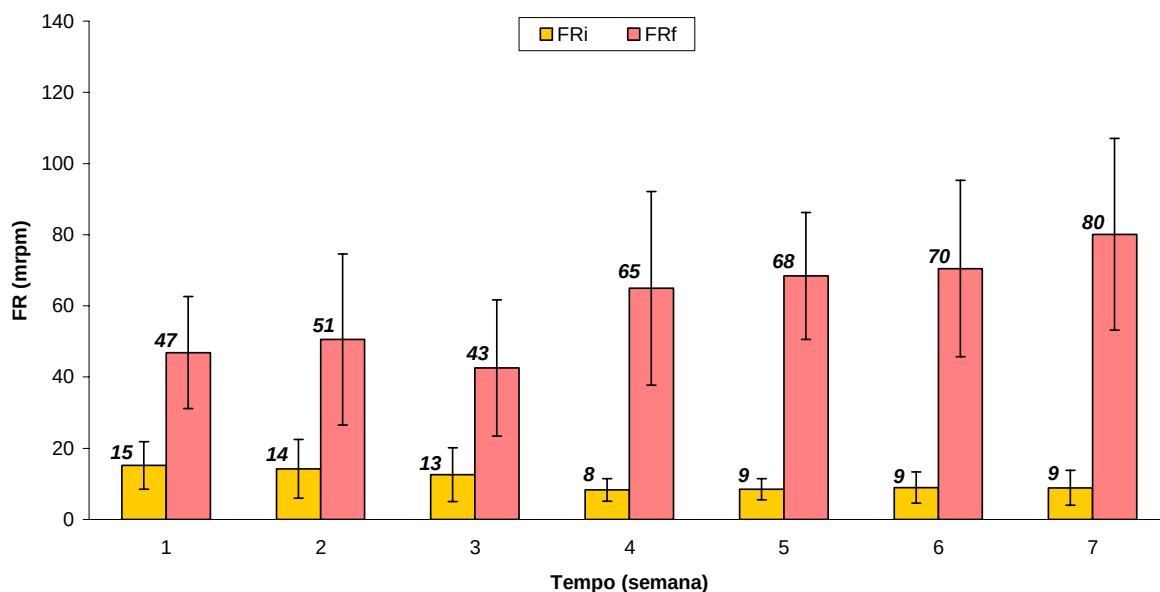


Figura 39. Frequência Respiratória - Inicial e Final (Média $\pm$ DP) - EBILD

Quanto às FR_i , observam-se valores dentro da normalidade clínica. Nota-se também, que as FR_f demonstraram variações semelhantes às aquelas comentadas quanto ao sistema cardiovascular, com frequências semelhantes nas 2 semanas iniciais, havendo uma diminuição destas na semana 3, devido à diminuição da exigência física, seguindo-se com elevação na semana 4 por aumento da carga de trabalho, permanecendo em valores similares até o término do EBILD. Novamente demonstra-se o ajuste da respiração devido ao trabalho muscular desenvolvido (LEKEUS e ART, 1994).

Esse aumento nas FR_f deve-se, objetivamente, à transformação na capacidade oxidativa das fibras musculares com aumento desta capacidade produzido pela atividade física a que foram submetidas. Desta forma, o sistema respiratório respondeu aumentando a frequência nas últimas semanas do EBILD.

Todas as mensurações de lactato, realizadas no quinto dia de cada semana de exercício ($LA_{CONTROLE}$), apresentaram valores inferiores a 4 mmol/L em todos os cavalos (Tabela 3). Esses dados confirmam, novamente, a característica aeróbica do exercício proposto, pois encontram-se abaixo do limiar aeróbico (TRILK, 2002).

Tabela 3. Lactato Sangüíneo de Controle ([LA] em mmol/L):

Semana	Cavalo							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2,2	2,2	1,9	1,9	2,2	2,1	2,5	2,3
2	2,1	2,1	1,5	2,0	1,8	1,9	2,1	2,1
3	1,2	1,7	1,1	1,4	1,9	1,9	2,2	2,0
4	2,4	2,3	2,1	1,6	2,4	2,4	2,7	2,4
5	2,3	2,4	2,2	2,5	3,0	2,4	2,5	2,4
6	2,5	2,5	2,3	2,4	3,0	3,0	2,2	2,4
7	2,4	2,3	2,5	2,4	2,9	2,7	3,3	2,8

A Tabela 2 revela que em 97,5% dos cavalos ($P_{97,5}$) os valores de LA_{CONTROLE} foram de até 2,2 mmol/L e, portanto, inferiores ao limiar de lactato, caracterizando este protocolo como sendo aeróbico.

Nas mensurações de lactato realizadas no transcorrer do EBILD quando da ocorrência de $FC \geq 180$ bpm (LA_{EBILD}), houve uma única mensuração com valor superior a 4 mmol/L (**6,1**), apresentada no cavalo 2, no quarto dia da quinta semana, conforme ilustra a Tabela 4. Como esta mensuração foi única em todo EBILD, não há, objetivamente, implicação clínica.

Como hipótese para esta ocorrência, pode-se supor que o cavalo teria galopado no piquete pouco antes do exercício.

Tabela 4. Lactato Sangüíneo EBILD ([LA] em mmol/L):

Semana	Cavalo							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2,2	2,1	2,2	2,6	2,3	-	-	-
	2,1	1,7	2,0	2,1	2,0	-	-	-
	-	1,7	-	1,9	1,9	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	2,5	2,2	2,4	2,4	-	-	2,5
	2,0	2,2	-	2,4	-	-	-	-
	1,8	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
5	2,4	-	2,4	2,4	2,6	-	-	-
	2,3	2,4	2,5	2,4	2,9	-	-	-
	-	-	2,2	-	-	-	-	-
	2,5	6,1	-	1,9	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	2,3
	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,5	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	2,9	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	2,2
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	2,3	-	2,5	-	-	-	-
	2,4	-	-	-	2,5	-	-	-

Os valores obtidos com as aferições das temperaturas retais antes do exercício (TR_i) e ao final deste (TR_f), de cada cavalo, estão representados, em média $\pm$ DP, na Figura 40.

Os cavalos apresentaram valores semelhantes de TR antes e após o exercício durante o EBILD, estando dentro das normalidades clínica e fisiológica, respectivamente. A análise estatística destes valores encontra-se na Tabela 2, onde

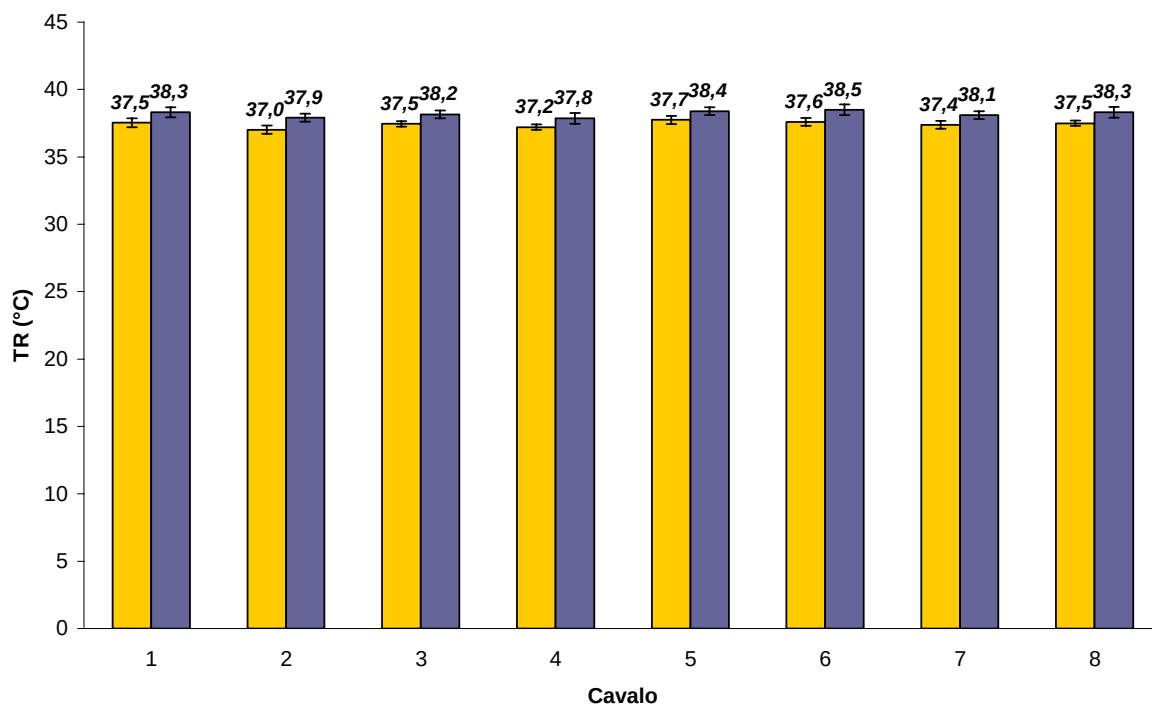


Figura 40. Temperatura Retal - Inicial e Final (Média $\pm$ DP) – EBILD

se observa que em 97,5% dos cavalos, as TR_i apresentaram valores de até 37,8 °C, e valores de até 38,6 °C nas aferições da TR_f.

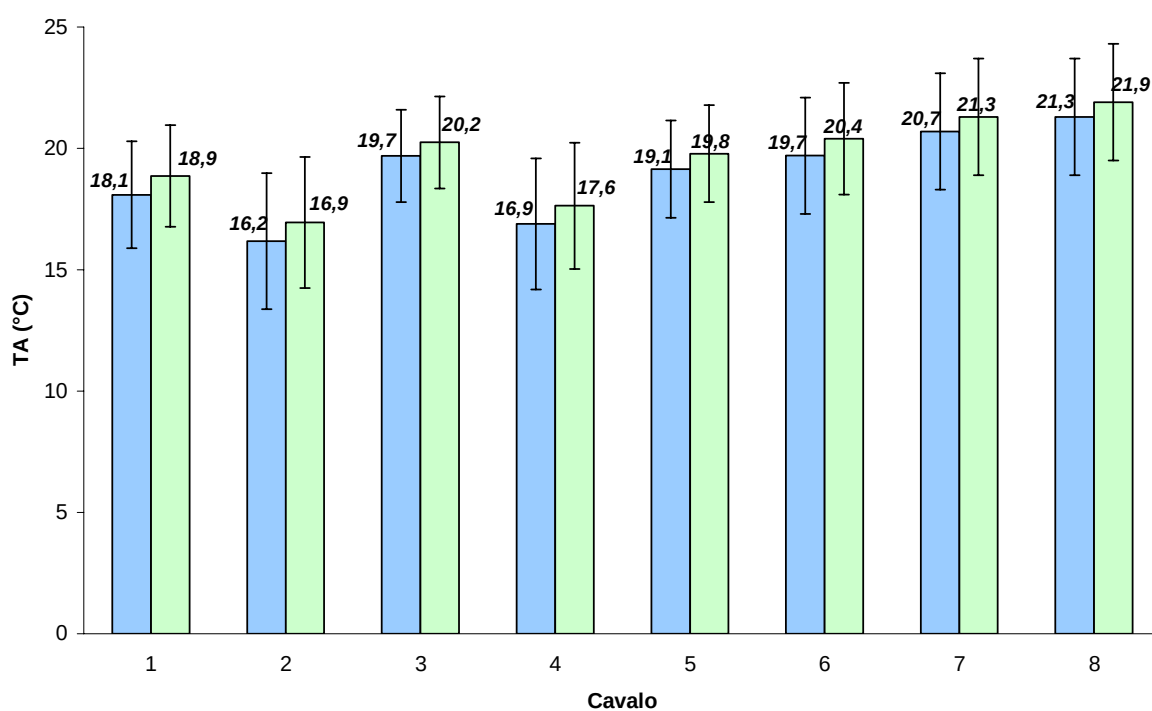


Figura 41. Temperatura Ambiente - Inicial e Final (Média $\pm$ DP) – EBILD

Os valores obtidos com as aferições da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar, imediatamente antes do início do exercício de cada cavalo, bem como logo após seu término, respectivamente (TA_i e TA_f) e (UR_i e UR_f), em média $\pm$ DP, estão expostos, respectivamente, nas Figuras 41 e 42.

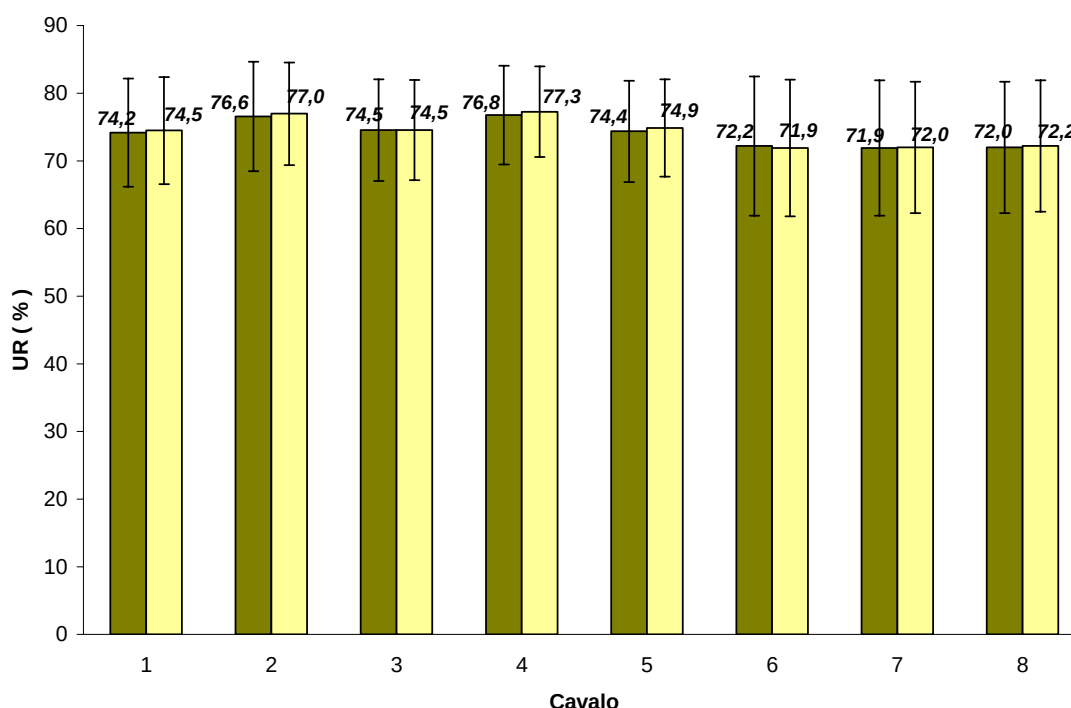


Figura 42. Umidade Relativa do Ar - Inicial e Final (Média $\pm$ DP) – EBILD

Nos cavalos 1 a 5 observam-se TA semelhantes, assim como os valores de UR , sendo que ambos os parâmetros apresentaram valores inferiores quando comparados àqueles aferidos nos dias de exercício dos cavalos 6 a 8. Esta diferença deve-se à época do ano em que os cavalos foram exercitados. Porém esses fatores ambientais não interferiram, objetivamente, nos comportamentos cardíaco e respiratório, bem como no objetivo do EBILD em promover exercício de caráter aeróbico. Ocorreram discretas variações nestes parâmetros e isso pode ser observado na Tabela 2, onde verifica-se que, em 97,5% dos cavalos, a TA_i apresentou valores de até 21,5 °C e a TA_f , valores de até 22,1 °C. Com relação à umidade relativa do ar, em 97,5% dos cavalos, as aferições apresentaram valores de até 75,3% para a UR_i , e valores de até 75,6% para a UR_f .

5.3 Teste Ergométrico de Resistência (TER)

Os cavalos foram submetidos a este teste após 3 dias de descanso e conforme descrito no item 4.3.

As frequências cardíacas antes do teste (FC_0) estão representadas na Figura 43 e mostra valores dentro da normalidade clínica.

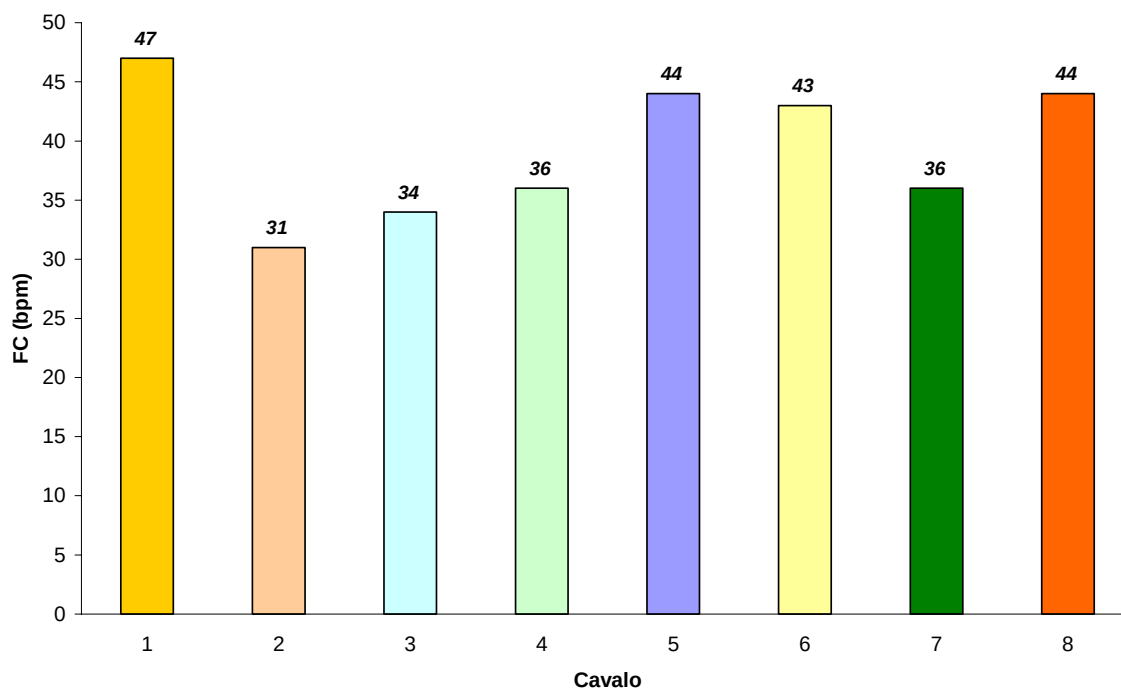


Figura 43. Frequência Cardíaca em Repouso - TER

As FR aferidas antes do teste e logo após seu término, respectivamente FR_i e FR_f , estão representadas na Figura 44.

As FR_i têm valores dentro da normalidade clínica. Já a FR_f revela valores elevados, porém fisiologicamente normais perante a exigência metabólica advinda do exercício realizado, pois se encontram em valores próximos ou inferiores aos valores das respectivas FC de cada cavalo. Neste protocolo de exercício também se verifica o ajuste entre a respiração e o aumento da demanda de oxigênio pelo tecido muscular.

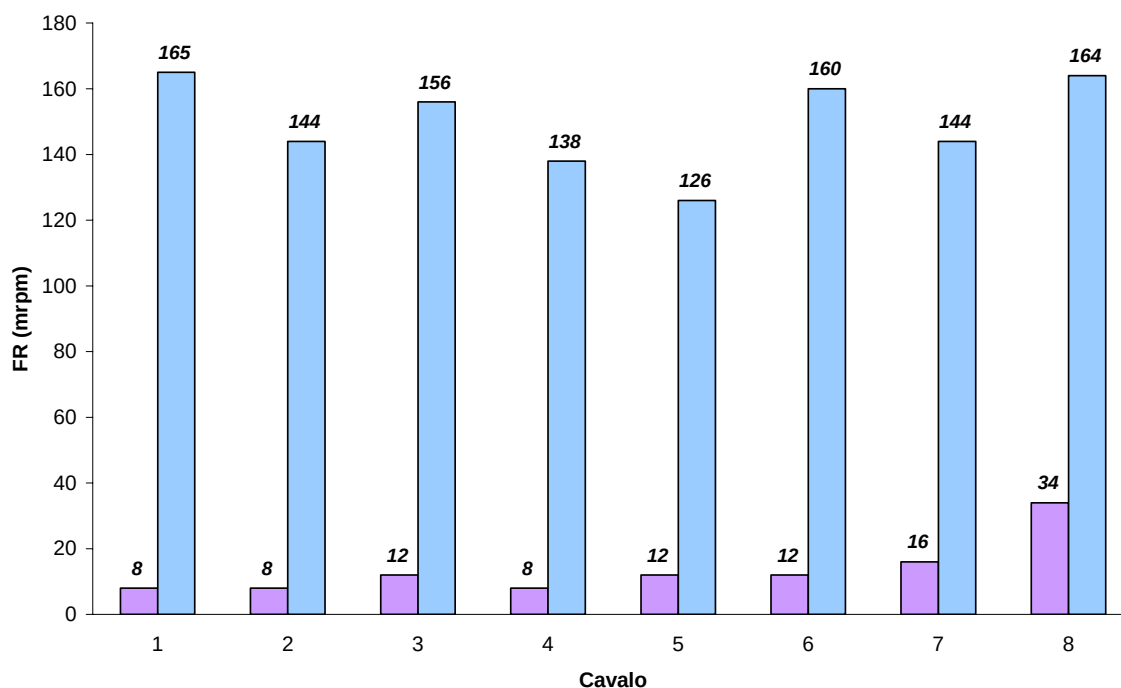


Figura 44. Frequência Respiratória - Inicial e Final - TER

As temperaturas retais aferidas antes do teste e logo após seu término, respectivamente TR_i e TR_f , estão representadas na Figura 45. Os valores observados antes do teste encontram-se dentro da normalidade clínica. Já os valores após o teste encontram-se próximos a 41°C e valores superiores a este podem favorecer o surgimento de alterações metabólicas, como por exemplo, Síndrome de Exaustão Física. Não foram observadas quaisquer alterações clínicas pertinentes às TR.

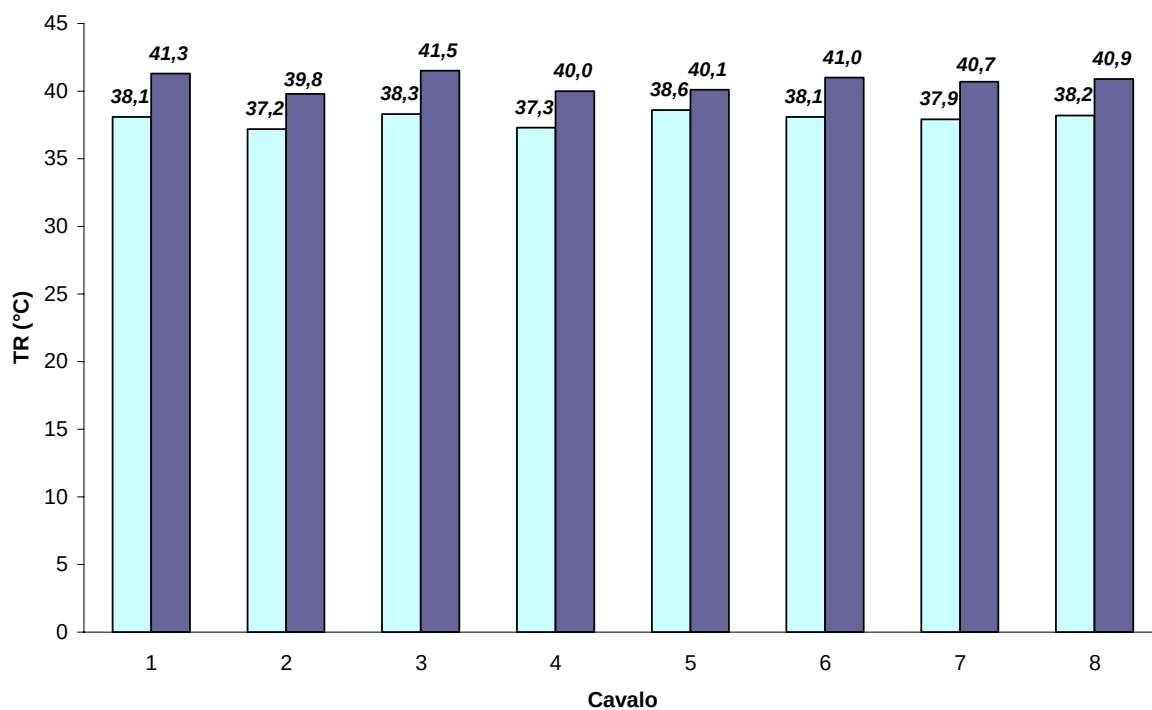


Figura 45. Temperatura Retal - Inicial e Final - TER

As frequências cardíacas aferidas durante o TER (FC_n) estão representadas nas Figuras 46 a 53, respectivamente aos cavalos 1 a 8.

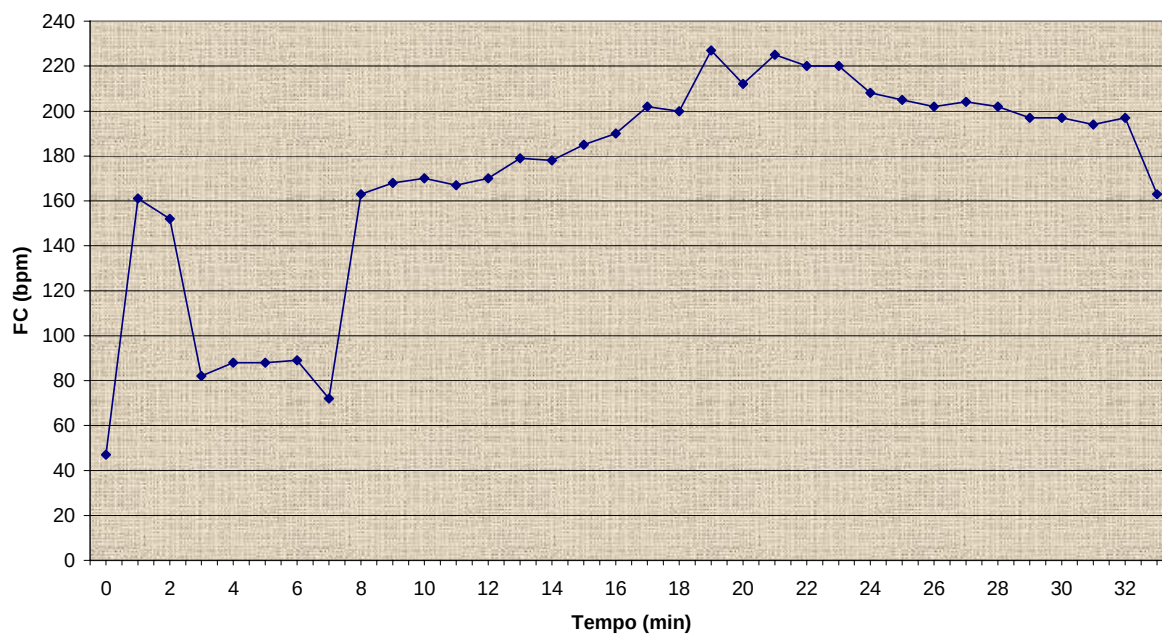


Figura 46. Frequência Cardíaca - TER - Cavalo 1

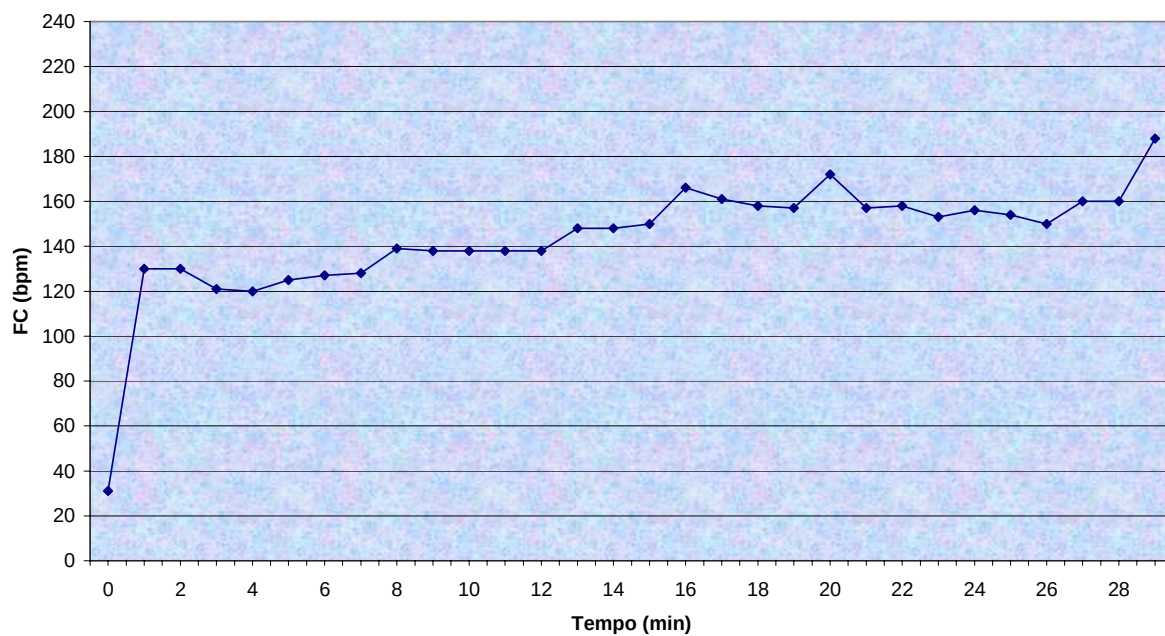


Figura 47. Frequência Cardíaca - TER - Cavalo 2

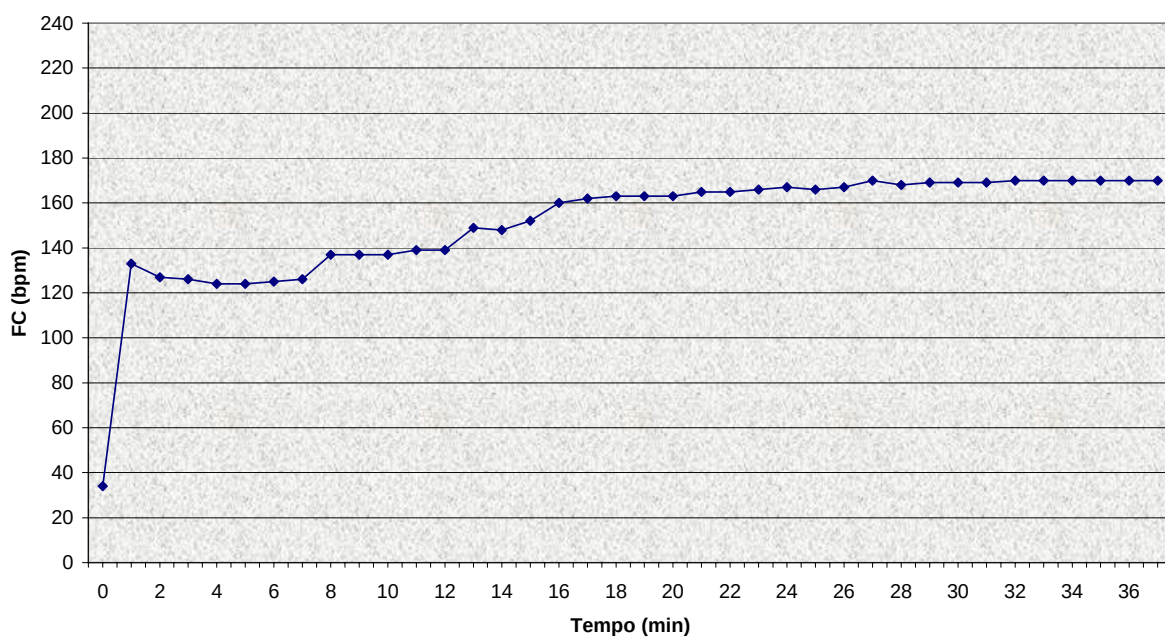


Figura 48. Frequência Cardíaca - TER - Cavalo 3

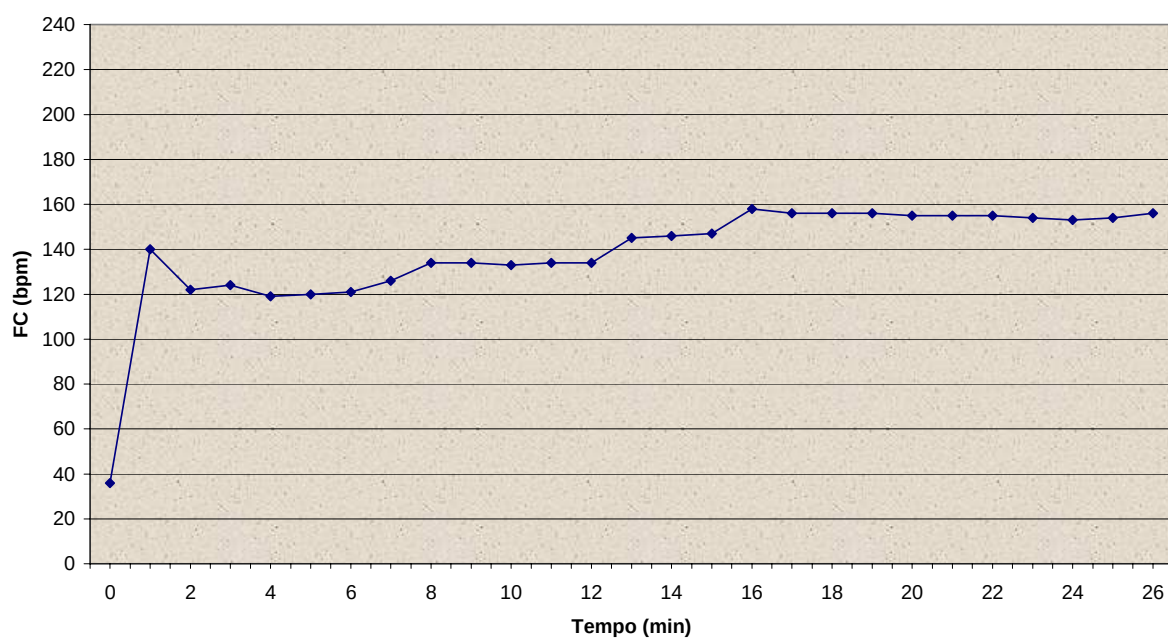


Figura 49. Frequência Cardíaca - TER - Cavallo 4

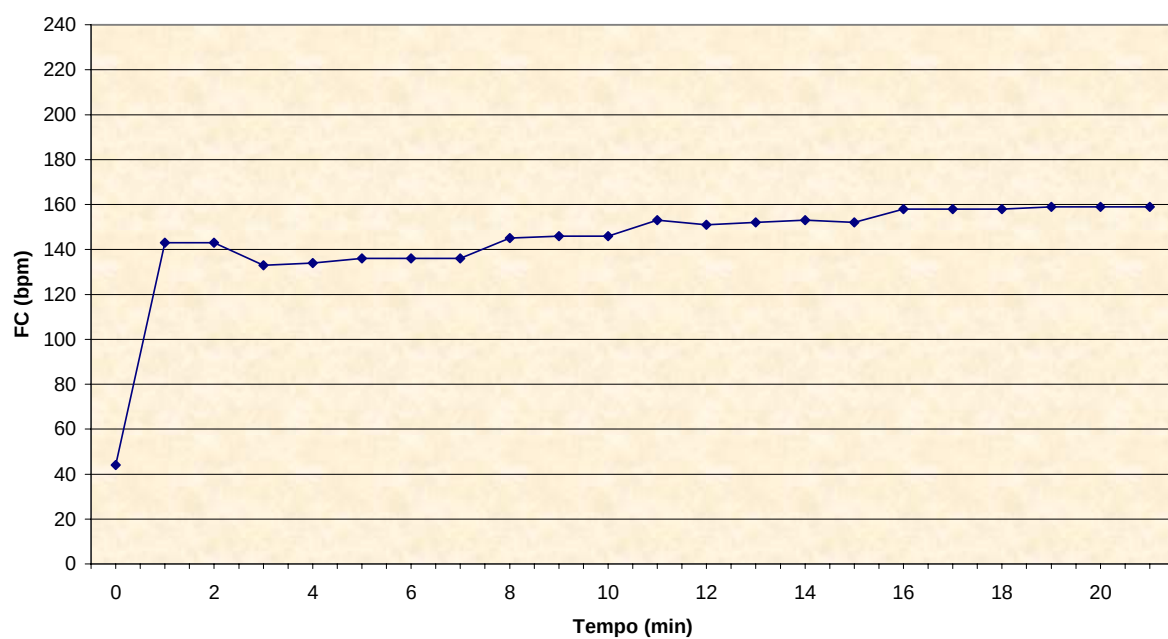


Figura 50. Frequência Cardíaca - TER - Cavallo 5

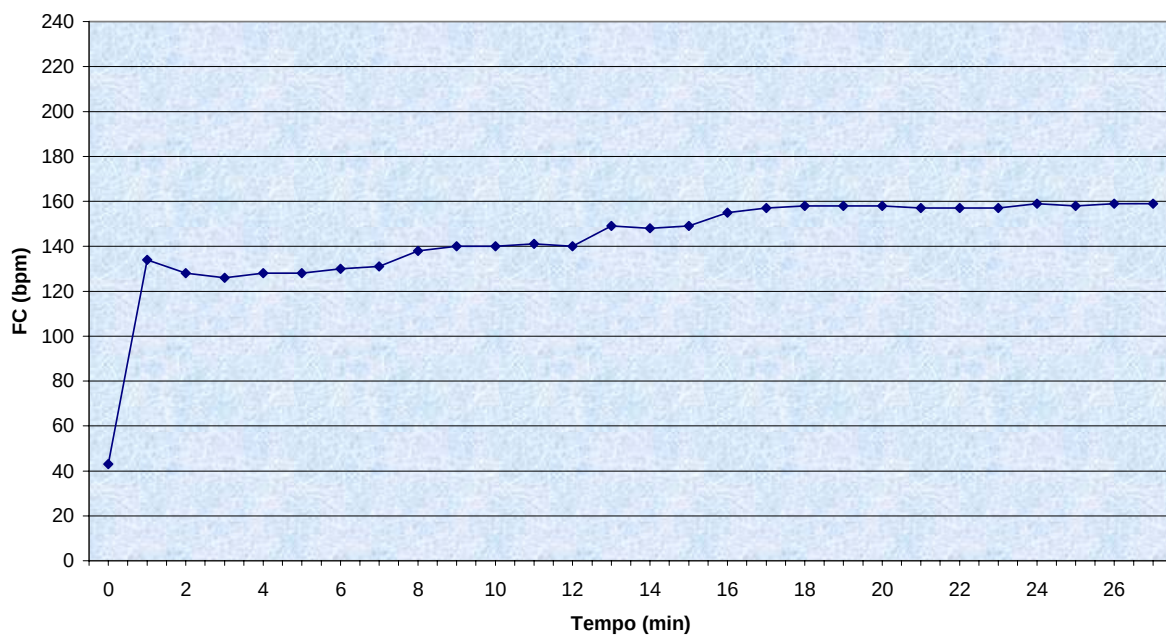


Figura 51. Frequência Cardíaca - TER - Cavalo 6

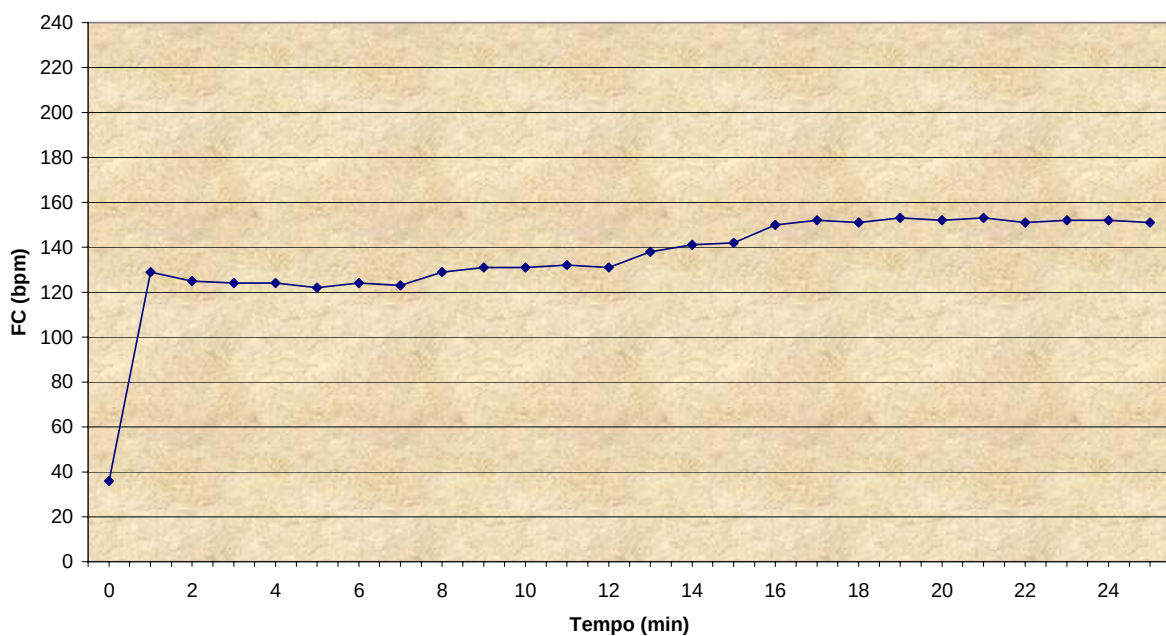


Figura 52. Frequência Cardíaca - TER - Cavalo 7

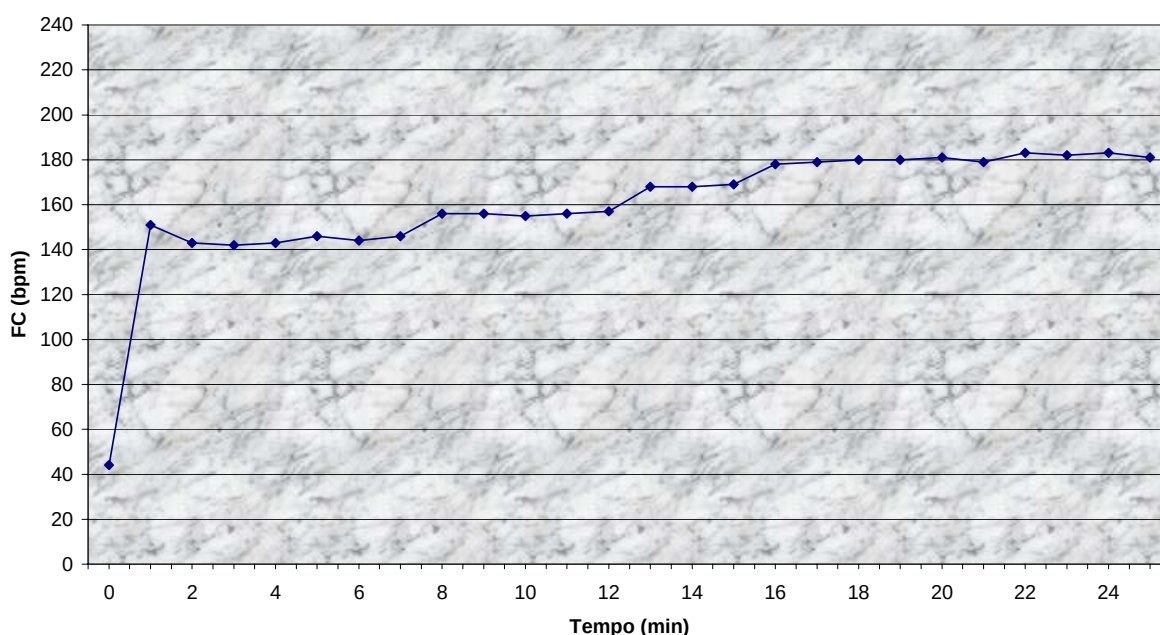


Figura 53. Frequência Cardíaca - TER - Cavalo 8

Observam-se comportamentos semelhantes nas FC dos cavalos 2 a 8, com elevação em aproximadamente 100 bpm após 1 minuto de exercício, havendo elevação gradativa até o início do estágio 4 do TER (16º a 17º min), mantendo-se nesses níveis (150 bpm no cavalo 7; 160 bpm, cavalos 2, 4, 5 e 6; 170 bpm, cavalo 3 e 180 bpm cavalo 8) até o final do teste. Como houve início de metabolismo muscular anaeróbico ao final do teste, constatado por aferição de 2 valores de [LA] superiores a 4 mmol/L, o limiar aeróbico demonstrado por FC inferiores à v200 deve-se à relação entre a intensidade do condicionamento físico a que foram submetidos nas 7 semanas do protocolo EBILD proposto e à exigência aeróbica requerida pela TER. Talvez ocorram valores próximos a 200 bpm aumentando-se o tempo de exercício no TER, mas este não foi o objetivo deste estudo.

O cavalo 1 apresentou uma elevação em aproximadamente 100 bpm após 1 minuto de exercício, atingindo 161 bpm, mas diminuiu a valores ao redor de 80 bpm do 3º ao 7º minuto (estágio 1), revelando boa adaptação cardíaca à intensidade de esforço que foi submetido. Na continuidade do TER, observa-se novo aumento brusco em sua FC após o 1º do estágio 2, elevando a FC para 163 bpm. De maneira semelhante aos dos demais cavalos, sua FC continuou aumentando até o início do estágio 4, no entanto, permaneceu ao redor de 220 bpm durante 8 minutos, seguindo com discreta diminuição (200 bpm) no restante do TER. Esse

comportamento cardíaco observado neste cavalo revela sua baixa capacidade atlética em desenvolver exercício aeróbico, o que pôde ser confirmado na avaliação de seu desempenho em relação aos demais cavalos e discutido oportunamente.

As avaliações das FR deste cavalo sempre mostraram os maiores valores entre todos os cavalos durante o EBILD e foi a maior FR aferida ao final do TER. Este fato, associado às FC do TER, permite supor que o sistema cardiorespiratório do cavalo 1 é o menos eficiente dos cavalos estudados. Esta afirmativa também é suportada com o estudo da frequência cardíaca máxima, notando-se que este cavalo foi o que apresentou a maior $FC_{MÁX}$ (227 bpm), valor que foi de 20,75 a 48,37% superior aos demais cavalos (Figura 54).

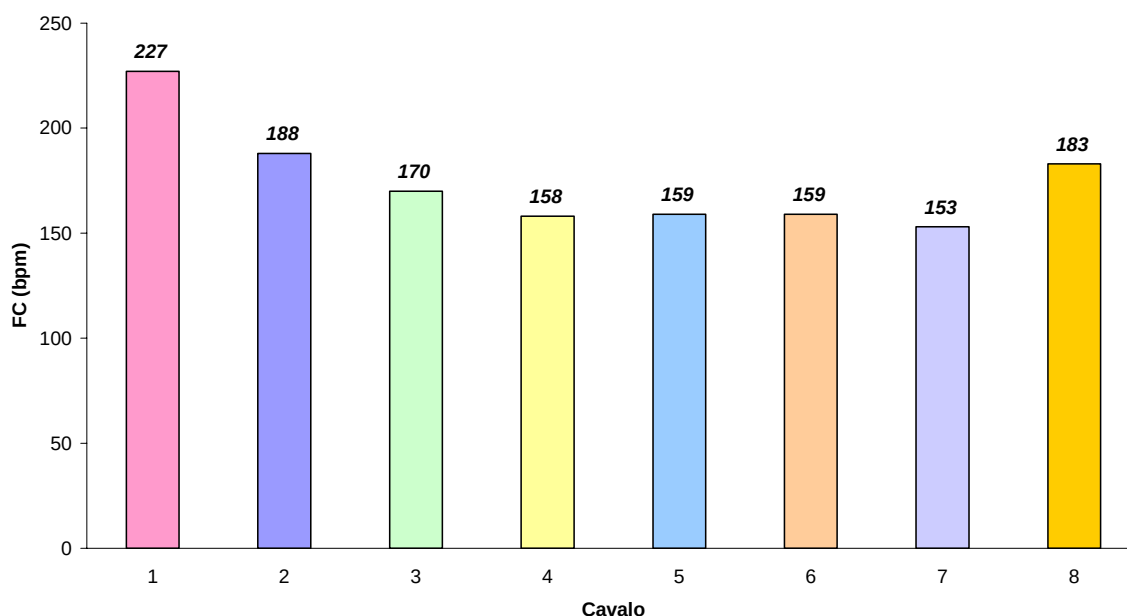


Figura 54. Frequência Cardíaca Máxima - TER

As frequências cardíacas de recuperação aferidas durante os momentos de recuperação ao passo, e recuperação em descanso, denominadas, respectivamente, de FCRP (Frequências Cardíacas de Recuperação ao Passo) e FCR (Frequências Cardíacas de Recuperação em Descanso), estão representadas nas Figuras 55 a 62, respectivamente aos cavalos 1 a 8.

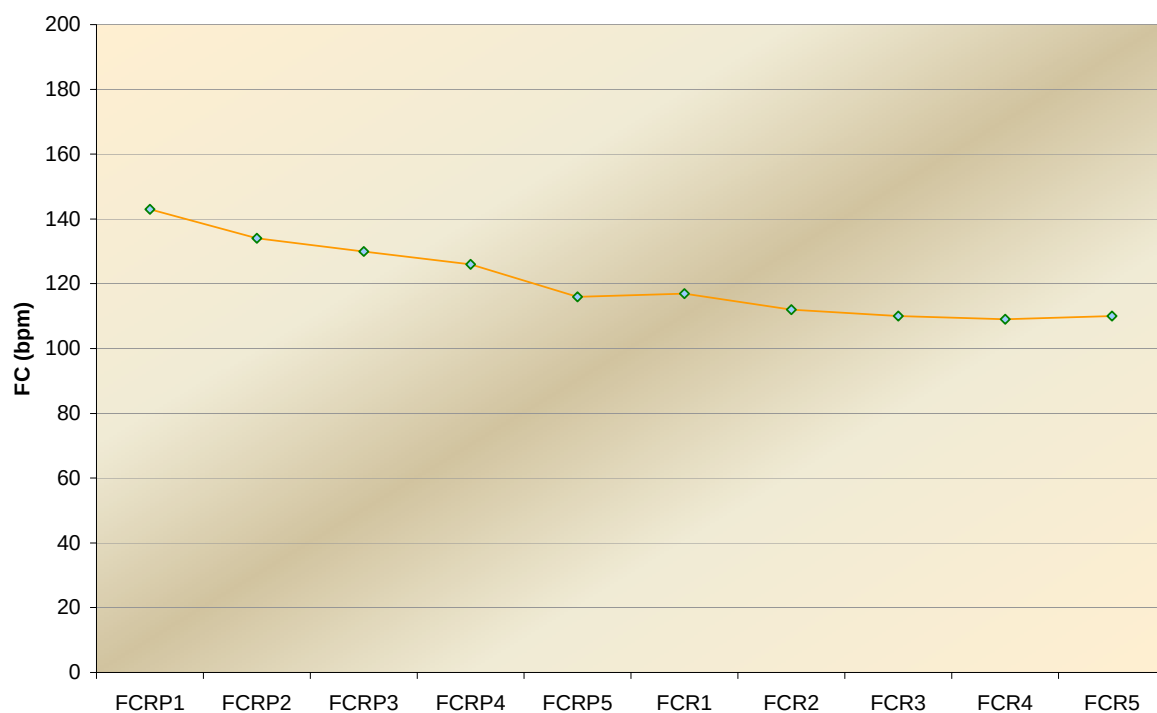


Figura 55. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 1

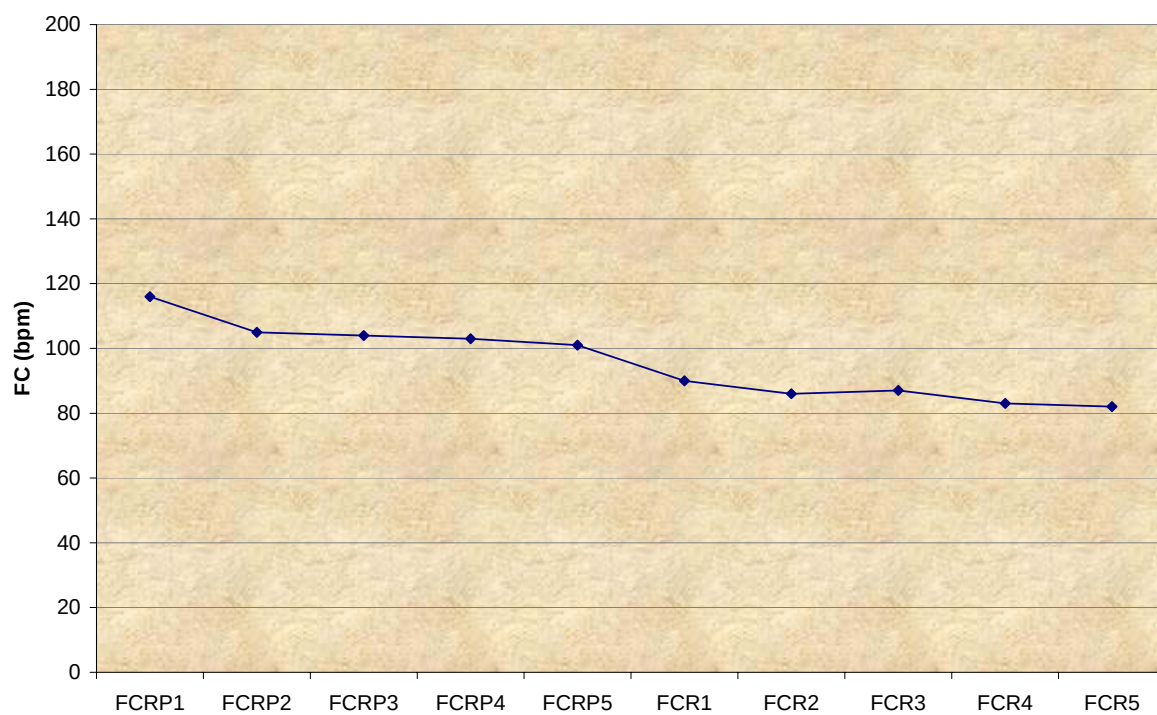


Figura 56. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 2

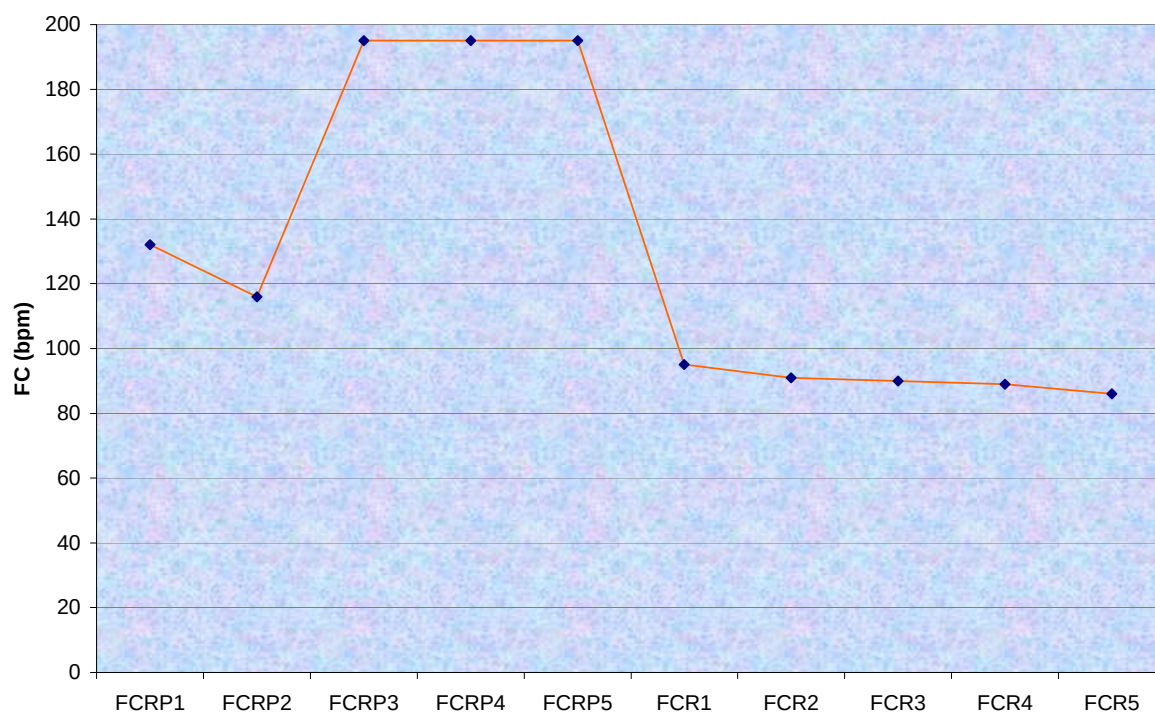


Figura 57. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 3

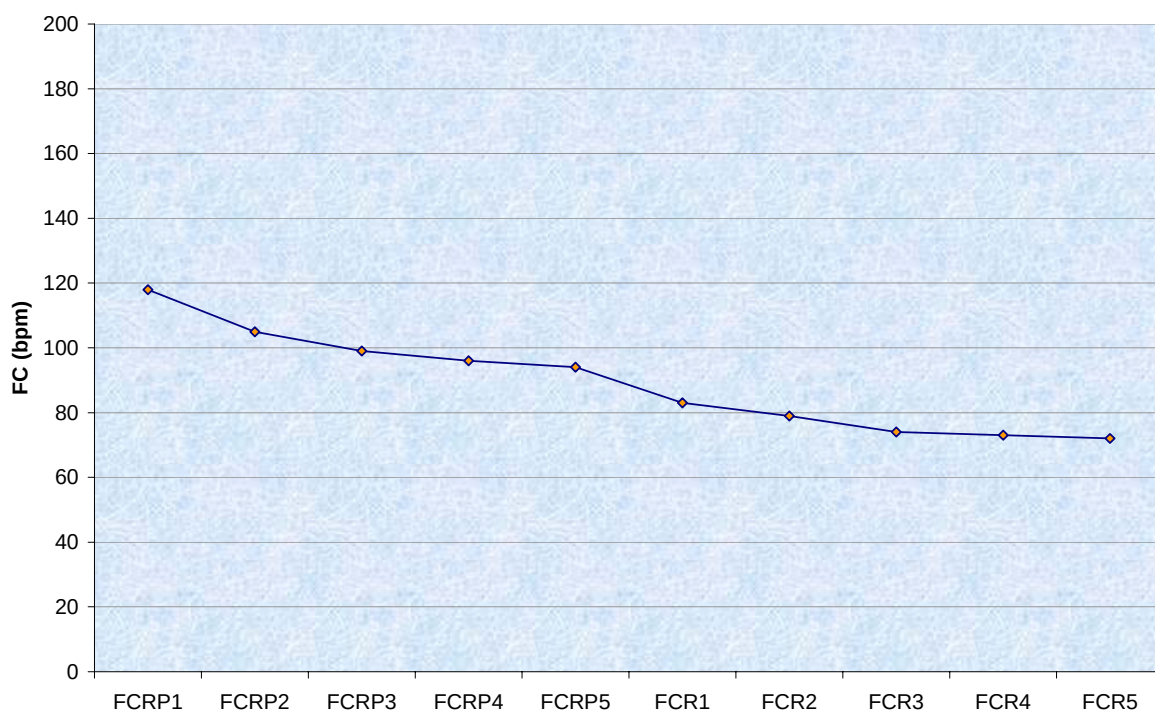


Figura 58. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 4

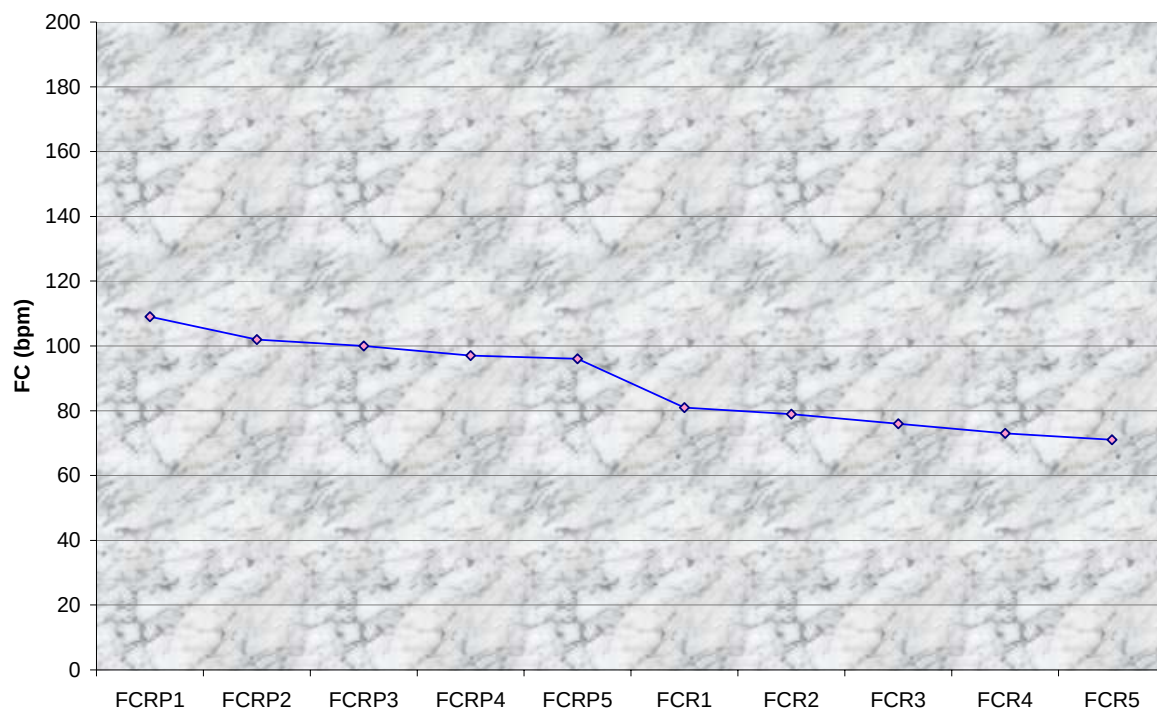


Figura 59. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 5

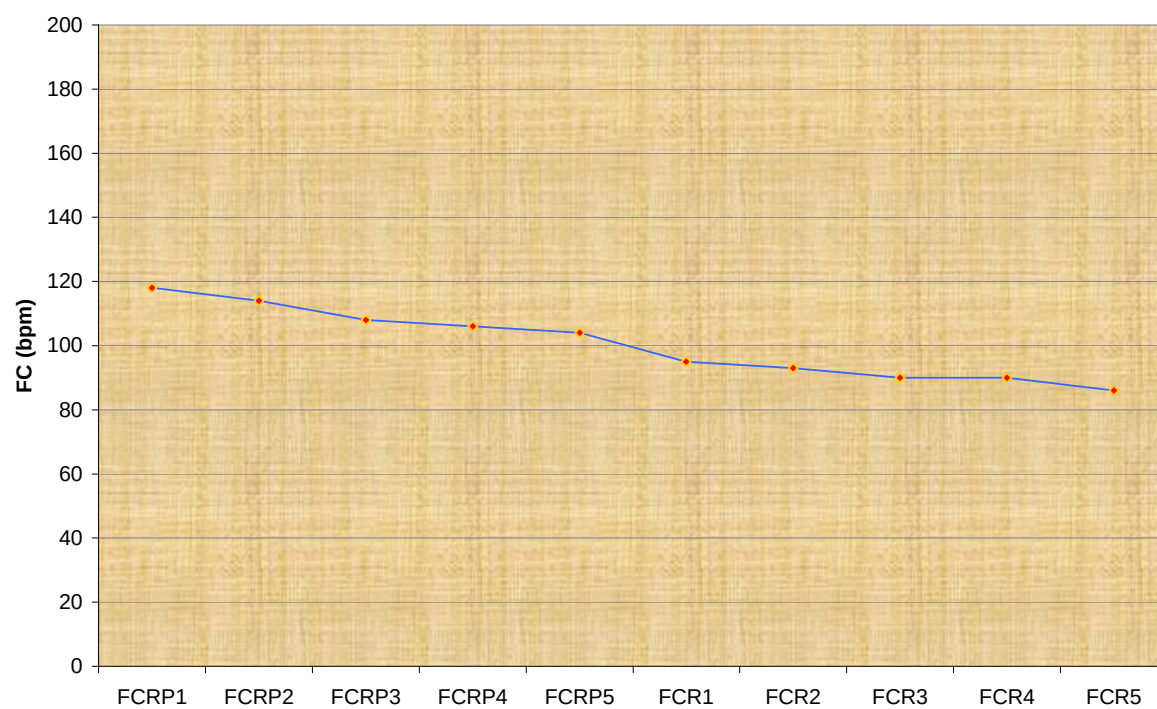


Figura 60. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 6

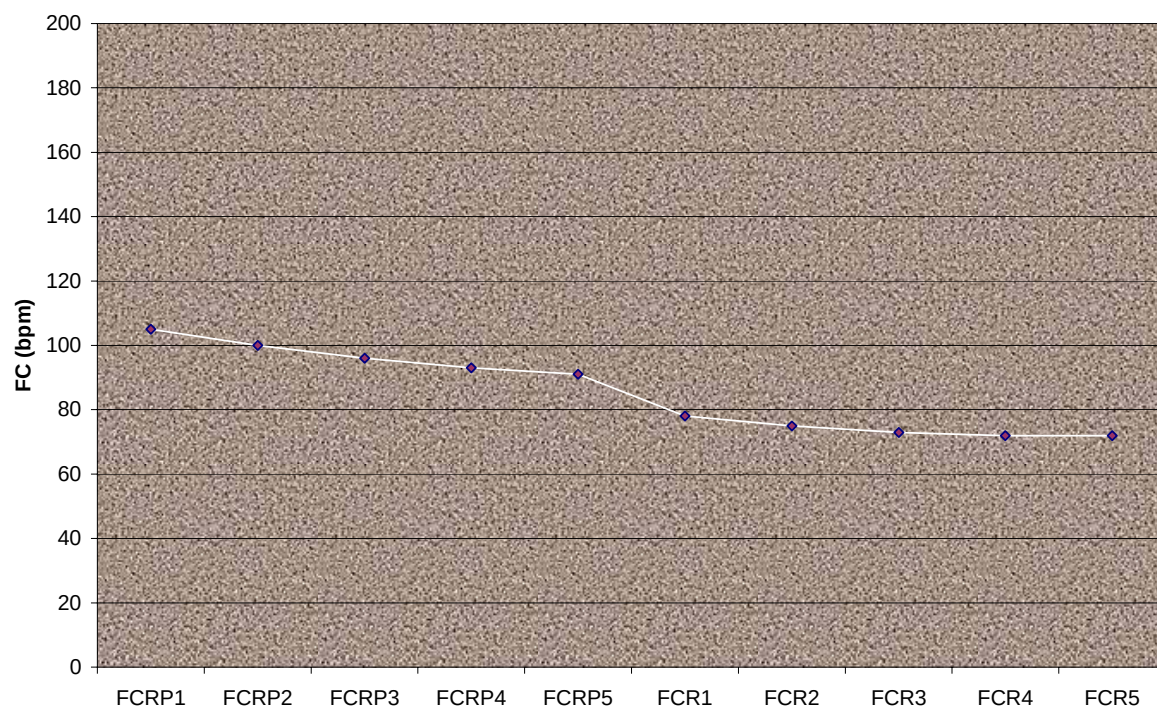


Figura 61. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 7

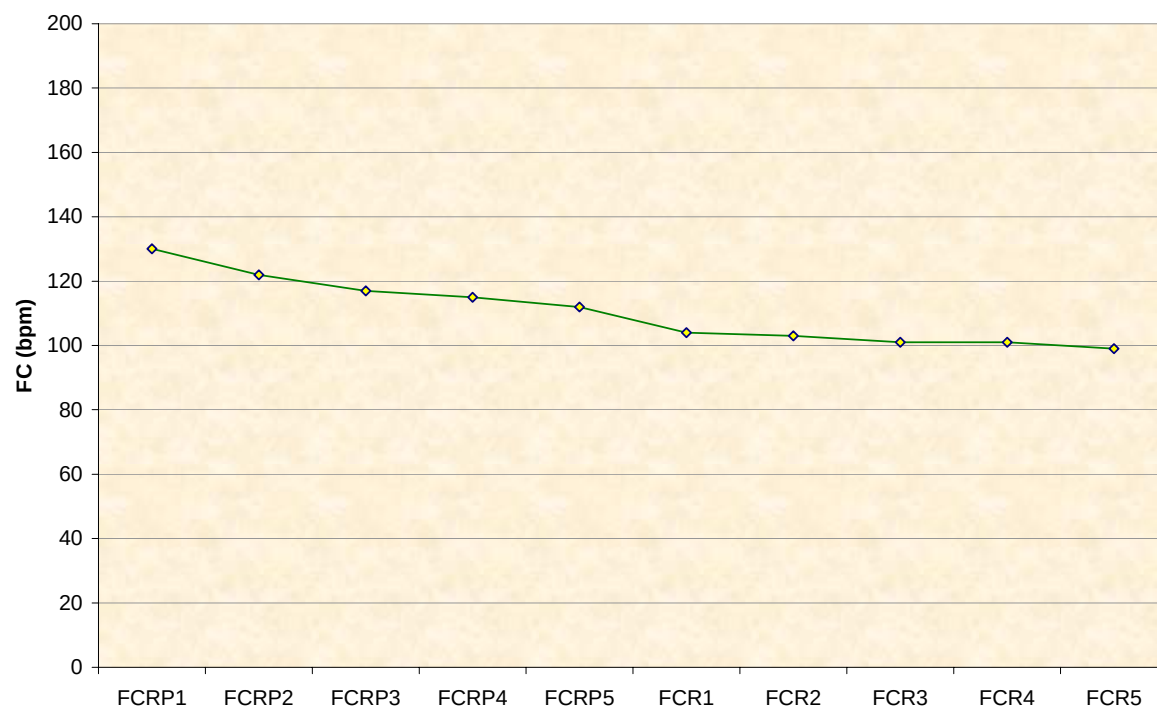


Figura 62. Frequência Cardíaca de Recuperação - TER - Cavalo 8

Depreende-se dos gráficos de linha das FCRP e FCR, uma diminuição fisiológica nos valores apresentados, exceto no cavalo 3, no qual nota-se diminuição nas FC nos primeiros 2 minutos do período de recuperação, seguindo com aumento a valores da ordem de 195 bpm durante 3 minutos e finalmente uma diminuição gradativa nos batimentos cardíacos. Objetivamente, pode ter ocorrido, uma maior exigência de suprimento sanguíneo à musculatura esquelética deste cavalo devido ao maior tempo de exercício que ele suportou.

Os valores de LA durante o TER estão expostos nas Figuras 63 a 70, respectivamente dos cavalos 1 a 8.

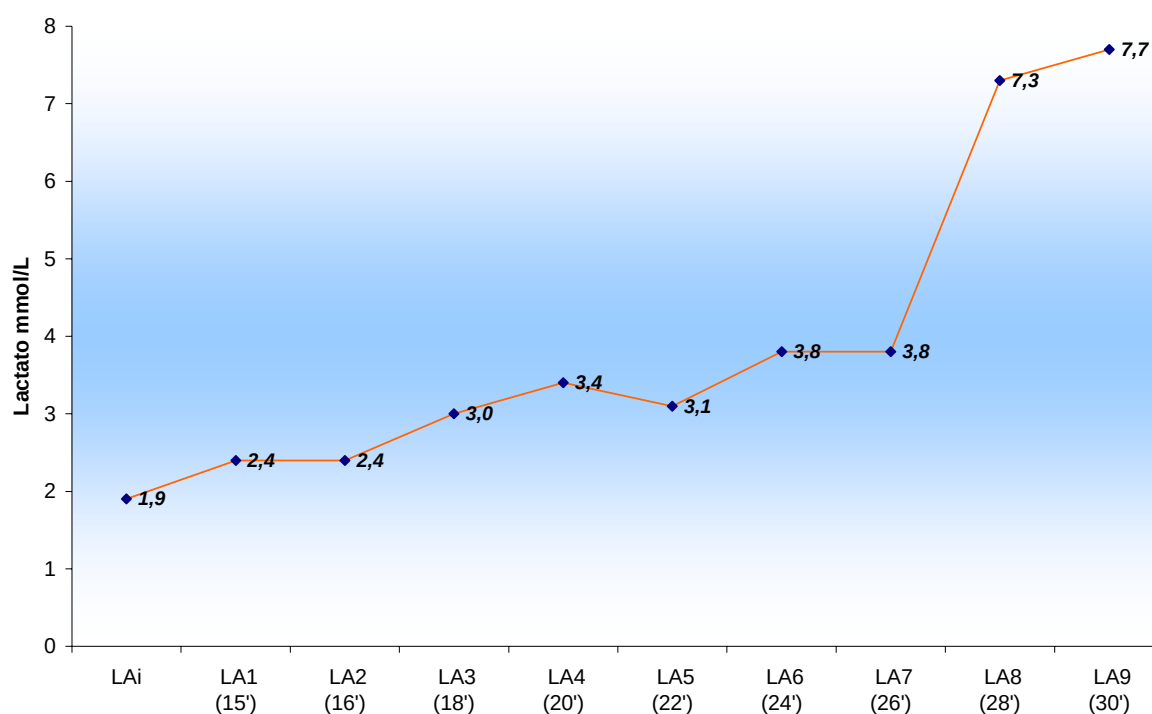


Figura 63. Lactato Sangüíneo - TER - Cavalo 1

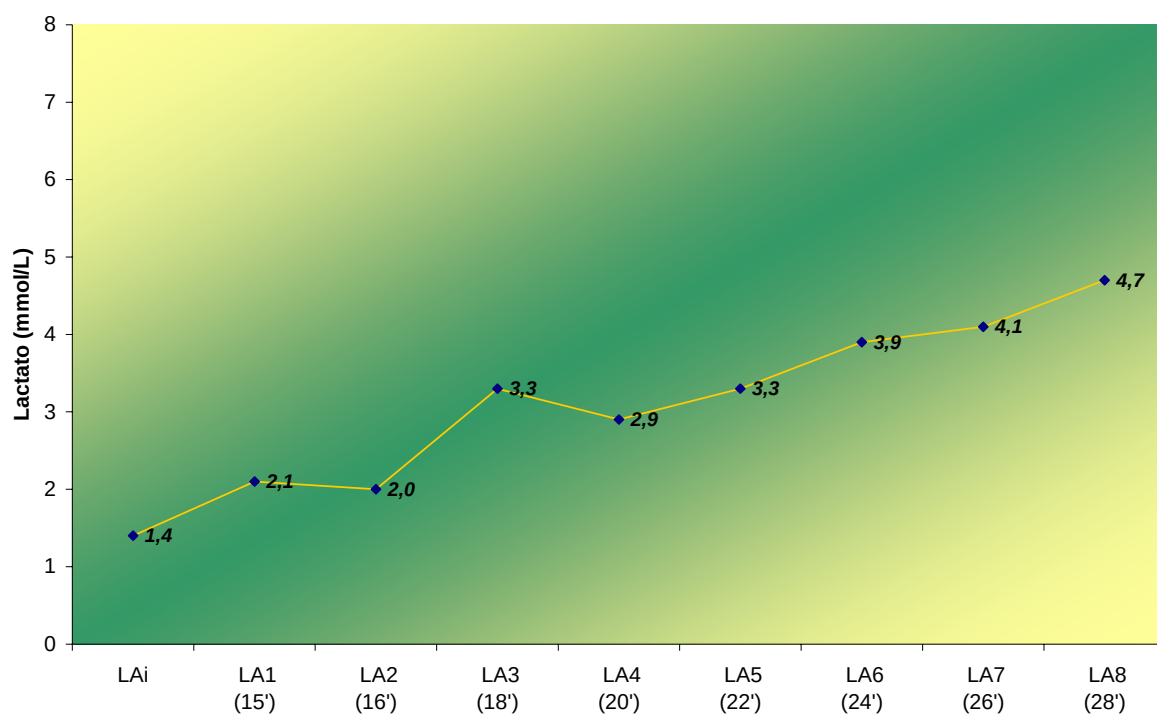


Figura 64. Lactato Sangüíneo - TER - Cavallo 2

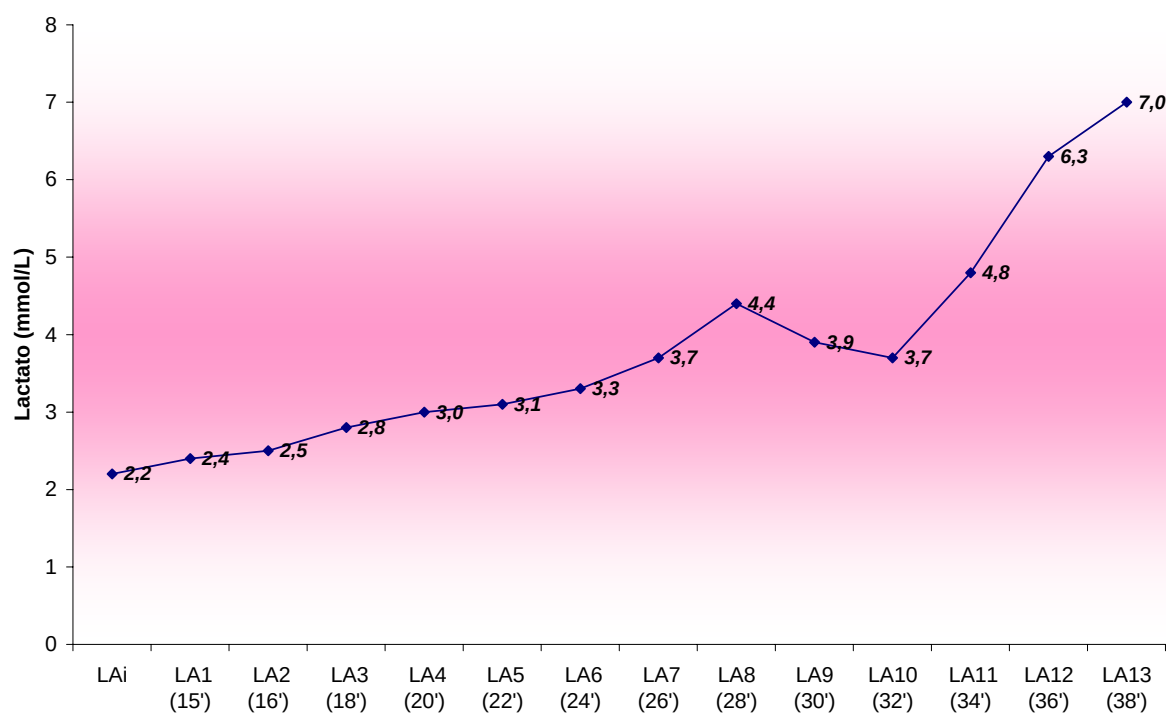


Figura 65. Lactato Sangüíneo - TER - Cavallo 3

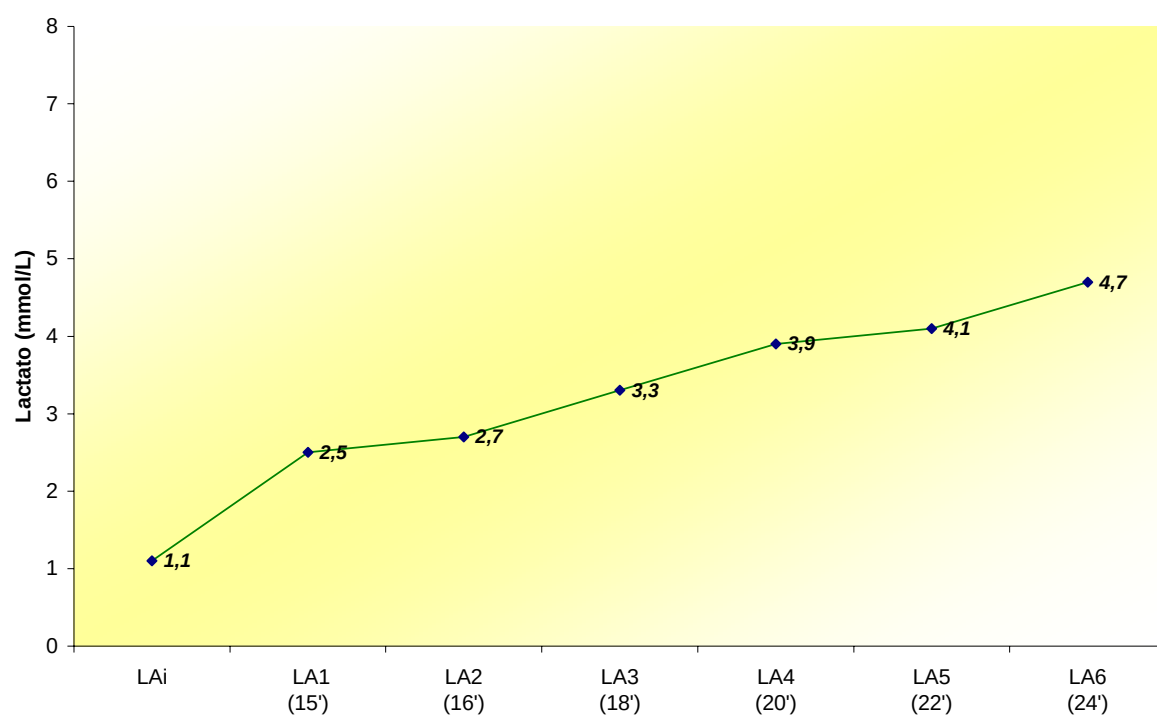


Figura 66. Lactato Sangüíneo - TER - Cavalo 4

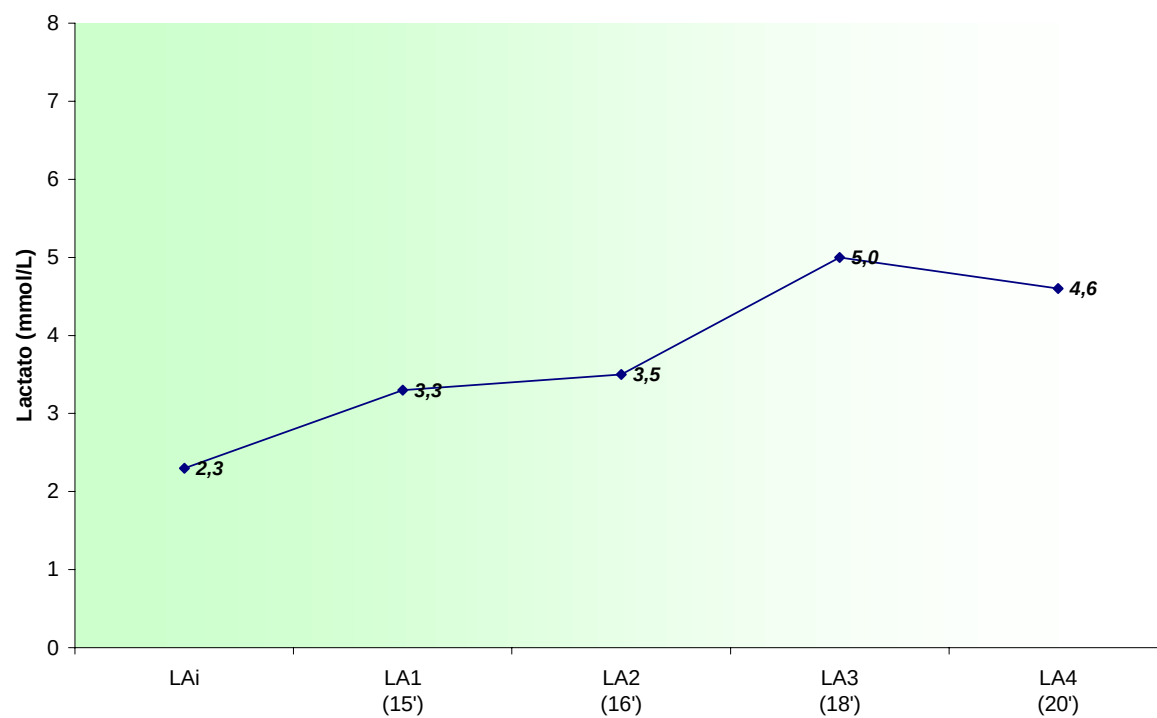


Figura 67. Lactato Sangüíneo - TER - Cavalo 5

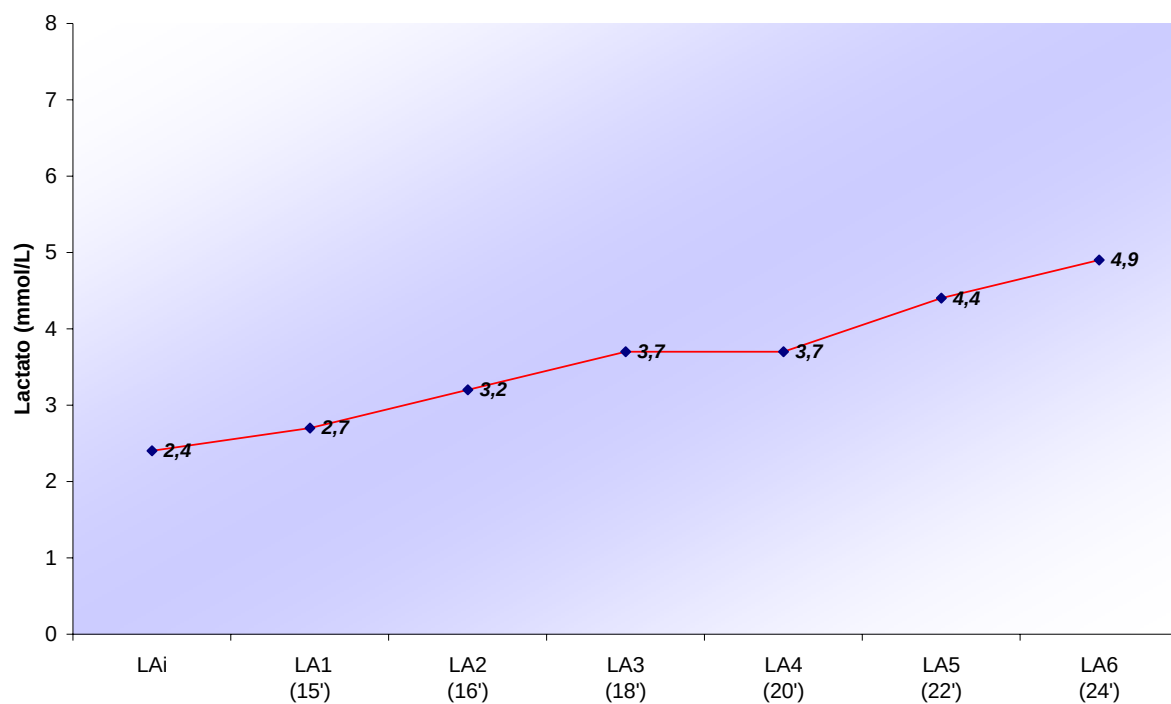


Figura 68. Lactato Sangüíneo - TER - Cavalo 6

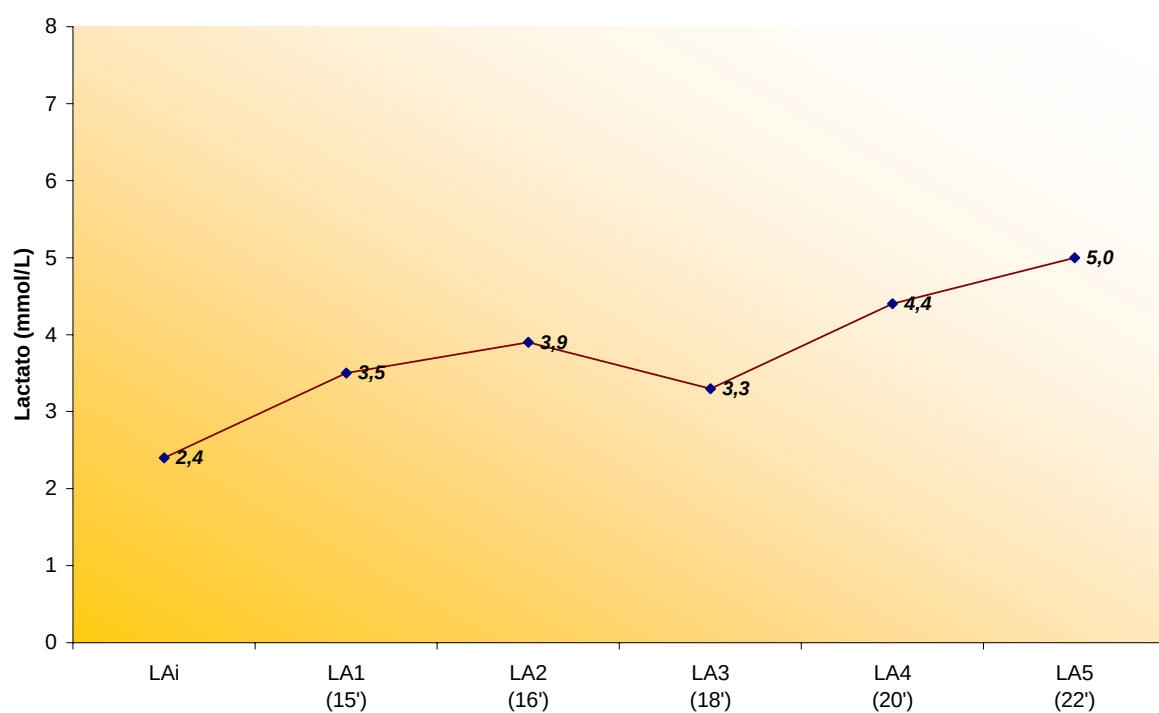


Figura 69. Lactato Sangüíneo - TER - Cavalo 7

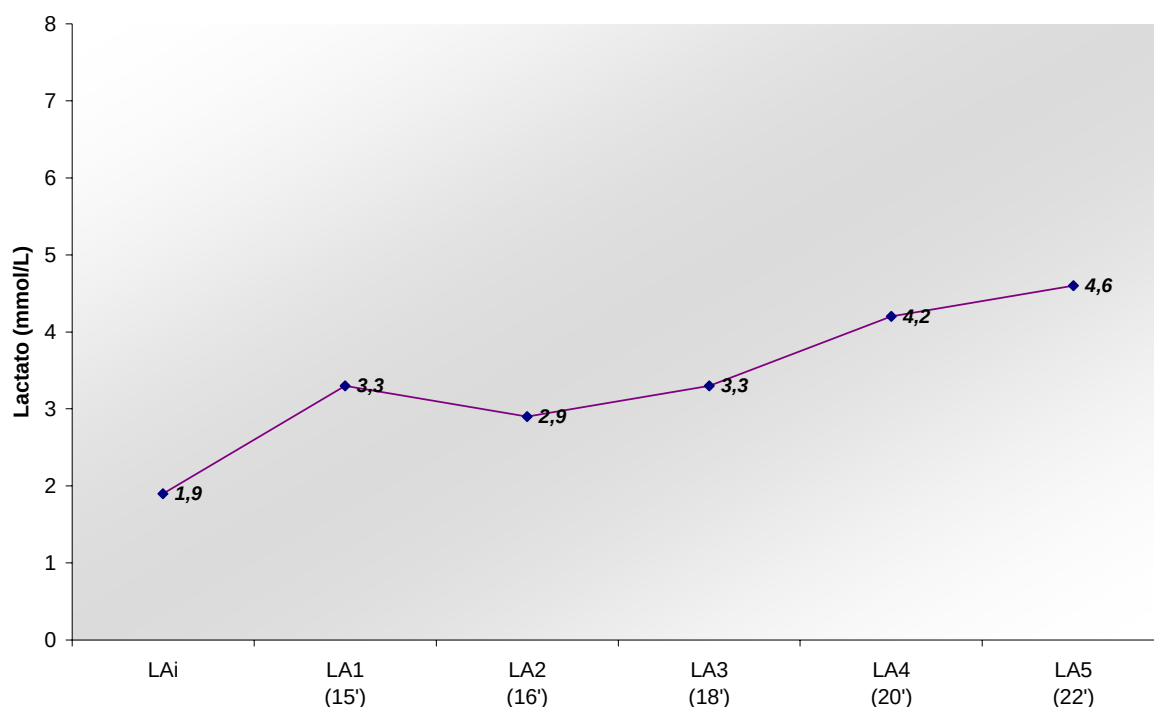


Figura 70. Lactato Sangüíneo - TER - Cavalo 8

Tais figuras ilustram a quantidade de mensurações realizadas, refletindo o tempo de exercício suportado, e conseqüentemente, a uma maior capacidade aeróbica, a qual foi observada no cavalo 3. O cavalo 5 foi o que menos tempo levou para produzir valores de LA superiores a 4 mmol/L, sendo considerado o menos apto a desenvolver exercício aeróbico, ou com capacidade atlética desfavorável a este exercício. Neste sentido, os cavalos 4 e 6, com baixa capacidade atlética; os de nº 7 e 8, com uma capacidade atlética regular, e os cavalos 1 e 2, que apresentaram uma maior aptidão à execução de exercício aeróbico, sendo estimados ter capacidade atlética favorável à realização de exercício aeróbico. Finalmente, o cavalo 3 mostrou ser o mais apto, foi aquele com alta capacidade atlética em desenvolver exercício aeróbico por um período de tempo superior aos demais cavalos estudados.

Roneus et al. (1994) também utilizaram a avaliação do lactato durante a realização de teste submáximo de exercício e afirmam que este procedimento pode ser um importante instrumento para a avaliação da capacidade atlética.

Outro aspecto importante a ser avaliado é a ocorrência de uma diminuição nos valores de LA em algum momento do TER, seguida de sucessivos aumentos (cavalos 1, 2, 5, 7 e 8), objetivamente devido ao tamponamento muscular.

Os de nº 4 e 6, não mostraram diminuição e sim valores crescentes nas mensurações de LA e revelaram uma baixa aptidão física aeróbica no TER, como referido no parágrafo anterior. Os cavalos 7 e 8, situados numa aptidão física regular, bem como o nº 5, que fora considerado o menos apto, apresentaram apenas uma única diminuição, seguida de aumentos nas [LA]. Nesses cavalos pode-se considerar uma ineficiência no tamponamento muscular, o que pode ter favorecido o aparecimento mais precoce de valores de LA superiores a 4 mmol/L.

No cavalo 3 ocorreram 2 momentos consecutivos de diminuição nas [LA], sugerindo uma maior eficiência em seu tamponamento muscular e que colaborou para um maior tempo de exercício. Durante o momento de recuperação ao passo (RP), obteve-se 2 valores de LA denominados de LARP (Lactato Sangüíneo de Recuperação ao Passo), sendo a primeira mensuração realizada após dois minutos e meio do início da RP (LARP₁) e a segunda, no quinto minuto (LARP₂) e que estão representadas na Figura 71.

Os valores observados nesta avaliação denotam semelhanças fisiológicas com o estudo do lactato sangüíneo realizado durante o TER. Comparativamente, o cavalo 3 apresentou os maiores valores de LARP por ter sido aquele que desenvolveu o maior tempo de exercício. Os cavalos 1 e 2 apresentam elevados valores de LARP e suportaram um maior tempo de exercício quando comparados aos cavalos 4 a 8, que por sua vez apresentaram os menores valores de LARP e revelaram uma menor aptidão ao exercício aeróbico.

Tabela 5. Equação de regressão do lactato em função do tempo de exposição ao exercício para cada cavalo

Cavalo	Equação de Regressão	Coefficiente de Determinação	Teste do Ajuste
1	$\text{Log Lactato} = -0,13958 + 0,03229X$	85,41%	$P < 0,0005$
2	$\text{Log Lactato} = -0,05997 + 0,02650X$	87,76%	$P < 0,001$
3	$\text{Log Lactato} = 0,14102 + 0,01619X$	88,73%	$P < 0,0001$
4	$\text{Log Lactato} = -0,04503 + 0,03038X$	97,22%	$P < 0,0005$
5	$\text{Log Lactato} = 0,02125 + 0,03390X$	72,60%	$P > 0,05$
6	$\text{Log Lactato} = 0,07226 + 0,02585X$	94,02%	$P < 0,001$
7	$\text{Log Lactato} = 0,22787 + 0,02040X$	63,43%	$P > 0,05$
8	$\text{Log Lactato} = 0,07983 + 0,02622X$	82,06%	$P < 0,05$

X = tempo de exposição ao exercício

Para o estudo do modelo preditivo do LA em função do tempo de exercício durante o TER, utilizou-se a técnica de análise de regressão, cujo modelo exponencial foi o que se mostrou mais aderente aos dados pelo método dos mínimos quadrados. Como indicativo de representação biológica da informação retida no modelo, apresentou-se o coeficiente de determinação (R^2). Quanto maior for este coeficiente, mais ele é aderente, ou seja, mais fidedignamente ele está respondendo ao modelo estatístico. Valores de coeficiente de determinação acima de 65 a 70% indicam boa aderência aos dados. Para tanto, foi elaborada a Tabela 5 com a equação de regressão do lactato em função do tempo de exposição ao exercício para cada cavalo, onde se observam coeficientes de determinação com boa aderência, e apesar do cavalo 7 demonstrar um coeficiente abaixo de 65% (63,43%), biologicamente é satisfatório considerando-se as diferentes capacidades atléticas observadas e discutidas anteriormente.

As temperaturas ambiente e as umidades relativas do ar, antes do início do exercício, respectivamente TA_i e UR_i , bem como logo após seu término, respectivamente TA_f e UR_f , estão ilustradas, respectivamente nas Figuras 72 e 73. As devidas apreciações dessas variáveis foram analisadas estatisticamente com o uso de correlações e estão descritas adiante.

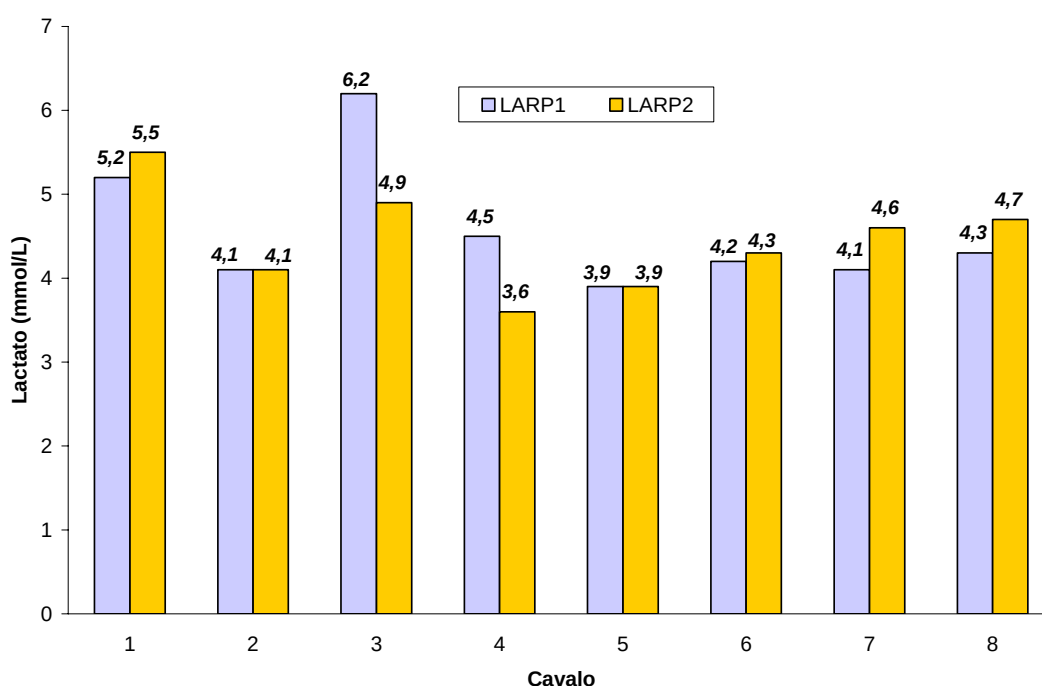


Figura 71. Lactato Sangüíneo de Recuperação ao Passo - TER

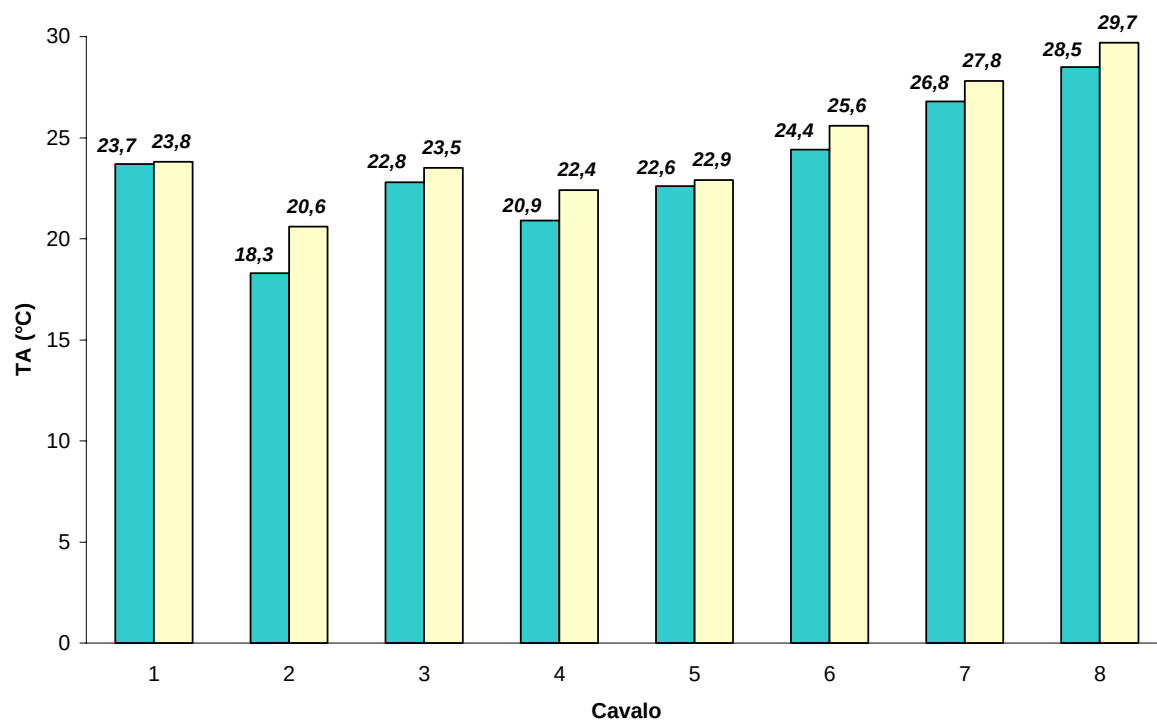


Figura 72. Temperatura Ambiente - Inicial e Final - TER

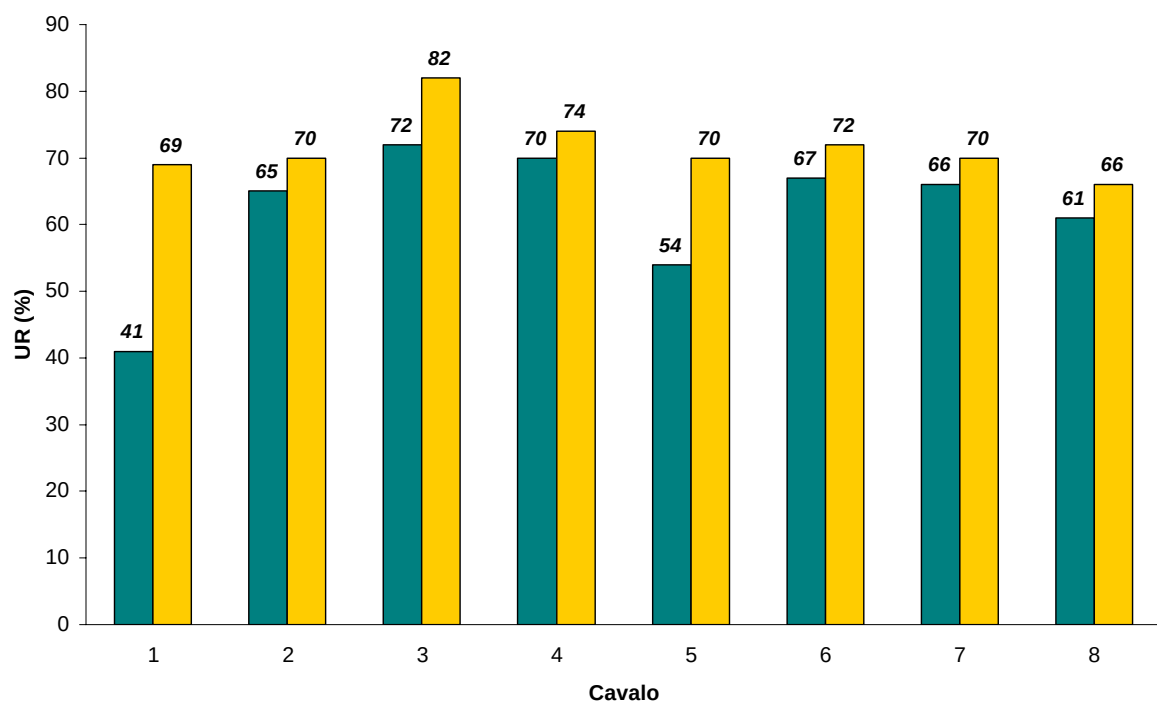


Figura 73. Umidade Relativa do Ar - Inicial e Final - TER

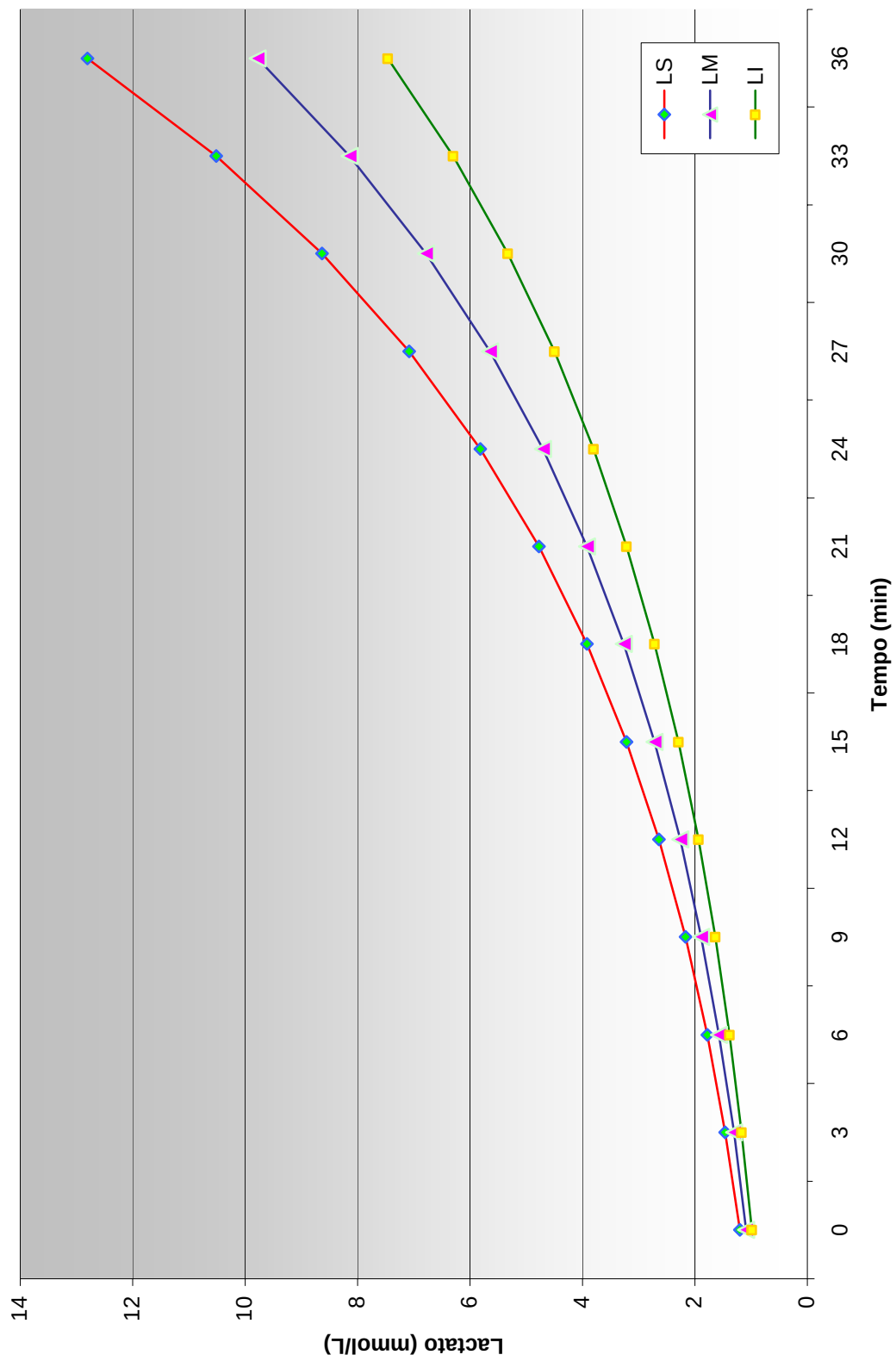


Figura 74. Modelo de Regressão Exponencial do Lactato - TER

A Figura 74 apresenta um Modelo de Regressão Exponencial do Lactato Sangüíneo, no qual se observam limites de confiança, a saber: LS (Limite Superior), LM (limite Médio) e LI (Limite Inferior). Para tanto, tendo-se como domínio $0 \leq T \leq 36$ min, onde T representa o tempo de exercício realizado, tem-se a obtenção dos referidos limites pelas seguintes equações:

$$LS = 10^{0,07902 + 0,02857T}$$

$$LM = 10^{0,03721 + 0,02647T}$$

$$LI = 10^{-0,00460 + 0,02437T}$$

Teoricamente, o cavalo que for submetido ao protocolo para TER e que apresentar valores de lactato mais próximos do LI, são mais aptos a exercício de resistência do que aqueles que produzirem [LA] próximos ao LS.

Algumas associações entre variáveis observadas na execução do TER foram analisadas estatisticamente utilizando-se o coeficiente de correlação linear de Pearson entre pares de interesse (ZAR, 1998), onde analisa-se como uma variável se relaciona a outra. Tais associações estão expostas na Tabela 6.

As associações em **negrito** representam as correlações que mostraram significância estatística e podem ser interpretadas da seguinte maneira:

Nas TA_i mais elevadas foi quando ocorreram as maiores FR_i observadas (correlação positiva), mas isso não significa que se aumentar a TA a FR aumentará, pois não há uma relação de causa e efeito.

UR_i , está associada negativamente com a FC_0 (correlação negativa), isto é, as menores FC_0 observadas ocorreram nas UR_i mais altas.

A mesma apreciação pode ser feita com as demais correlações.

A UR_f associou-se positivamente com a $LARP_1$, ou seja, quando da ocorrência das UR_f mais altas ocorreram as mais altas $LARP_1$.

A variação na UR associou-se positivamente com a $FC_{MÁX}$, isso quer dizer que, quando ocorreu uma maior variação na UR também se observou a maior $FC_{MÁX}$.

Observou-se também uma correlação positiva entre a duração do TER e a UR_f , ou seja, quando um cavalo desenvolveu por mais tempo o TER foi quando ocorreu a maior UR_f .

Tabela 6. Medidas de associação entre as variáveis de interesse - TER

Associação	Correlação de Pearson	P - value
$TA_i \times LA_i$	0,576	$P > 0,05$
$TA_i \times FC_0$	0,528	$P > 0,05$
$TA_i \times FR_i$	0,792	$P < 0,05$
$TA_i \times TR_i$	0,554	$P > 0,05$
$TA_f \times FR_f$	0,463	$P > 0,05$
$TA_f \times TR_f$	0,462	$P > 0,05$
$TA_f \times LARP_1$	-0,147	$P > 0,05$
$TA_f \times LARP_2$	0,353	$P > 0,05$
$UR_i \times LA_i$	-0,105	$P > 0,05$
$UR_i \times FC_0$	-0,735	$P < 0,05$
$UR_i \times FR_i$	0,055	$P > 0,05$
$UR_i \times TR_i$	-0,350	$P > 0,05$
$UR_f \times FR_f$	-0,048	$P > 0,05$
$UR_f \times TR_f$	0,308	$P > 0,05$
$UR_f \times LARP_1$	0,740	$P < 0,05$
$UR_f \times LARP_2$	-0,017	$P > 0,05$
$Var\ TA \times FC_{MÁX}$	-0,226	$P > 0,05$
$Var\ UR \times FC_{MÁX}$	0,715	$P < 0,05$
Duração TER x TA_i	-0,346	$P > 0,05$
Duração TER x TA_f	-0,387	$P > 0,05$
Duração TER x UR_i	0,085	$P > 0,05$
Duração TER x UR_f	0,697	$P < 0,05$
Duração TER x FC_0	-0,341	$P > 0,05$
Duração TER x $FC_{MÁX}$	0,440	$P > 0,05$
Duração TER x FR_i	-0,364	$P > 0,05$
Duração TER x FR_f	0,435	$P > 0,05$
Duração TER x TR_i	-0,060	$P > 0,05$
Duração TER x TR_f	0,520	$P > 0,05$
Duração TER x $LARP_1$	0,902	$P < 0,005$
Duração TER x $LARP_2$	0,523	$P > 0,05$
Duração TER x LA_i	-0,096	$P > 0,05$

TA_i = temperatura ambiente inicial; TA_f = TA final; LA_i = lactato antes do exercício; FC_0 = frequência cardíaca em repouso; FR_i = frequência respiratória inicial; FR_f = FR final; TR_i = temperatura retal inicial; TR_f = TR final; $LARP_1$ = primeira mensuração de lactato durante a recuperação ao passo; $LARP_2$ = segunda mensuração de lactato durante a recuperação ao passo; LA_i = lactato antes do exercício; UR_i = umidade relativa do ar inicial; UR_f = UR final; $FC_{MÁX}$ = frequência cardíaca máxima; TER = teste ergométrico de resistência.

A duração TER associou-se positivamente com a $LARP_1$, sendo esta a correlação com maior nível de significância. Assim sendo, o cavalo que permaneceu

mais tempo em exercício aeróbico (maior duração no TER) foi aquele que apresentou o maior valor de $LARP_1$.

Alguns valores expressivos nas associações, embora não significativos, devem ser também considerados na prática do resultado. Provavelmente a falta de significância nestes valores deve-se ao fato do tamanho da amostragem. Neste sentido, poderiam ser destacadas as correlações não significativas, porém com correlação de Pearson maior do que 0,500. Desta forma, das associações estudadas observam-se cinco correlações, todas positivas: $TA_i \times LA_i$; $TA_i \times FC_0$; Duração TER $\times TR_f$ e Duração TER $\times LARP_2$.

5.4 Avaliações Musculares

A geometria de delimitação para a colheita de fragmento do músculo glúteo proposta (Figura 2A) mostrou-se adequada e simples de ser realizada, não havendo qualquer seqüela indesejável no local de inserção da agulha de biópsia.

A análise do músculo glúteo médio submetido à coloração HE antes e após o exercício não revelou qualquer alteração nas fibras musculares estudadas. As fibras apresentaram aspecto poligonal ou arredondado, estando envolvidas pelo endomísio de tecido conjuntivo frouxo (Fig. 75).

A reação histoquímica NADH-TR permitiu classificar as fibras musculares em 3 categorias: fibras oxidativas (**SO**), com forte reação; fibras oxidativas/glicolíticas (**FOG**), com reação moderada e fibras glicolíticas (**FG**), com fraca reação (Fig. 76).

Após a realização da reação histoquímica mATPase, foram observados 3 tipos de fibras musculares: as fibras do tipo **I** reagiram fracamente; as fibras do tipo **IIA**, moderadamente e as do tipo **IIB**, mostraram reação forte (Fig. 77). Roncati et al. (2004) também demonstraram a classificação das fibras musculares quanto à velocidade de contração utilizando a reação histoquímica de mATPase com pré-incubação alcalina (pH = 10,3).

Em cada cavalo foram realizadas essas 3 reações histoquímicas nas amostras de músculo obtidas antes do EBILD e naquelas colhidas 3 dias após o TER. Esses momentos de colheita foram denominados, respectivamente, de momento de avaliação Antes do exercício e momento de avaliação Após o exercício.

A seguir são apresentados, nas Figuras 75 a 77, fotomicrografias de cortes histológicos (seções transversais) do músculo glúteo médio submetidos, respectivamente, às reações histoquímicas: HE, NADH-TR e mATPase, nos momentos antes e após o exercício.

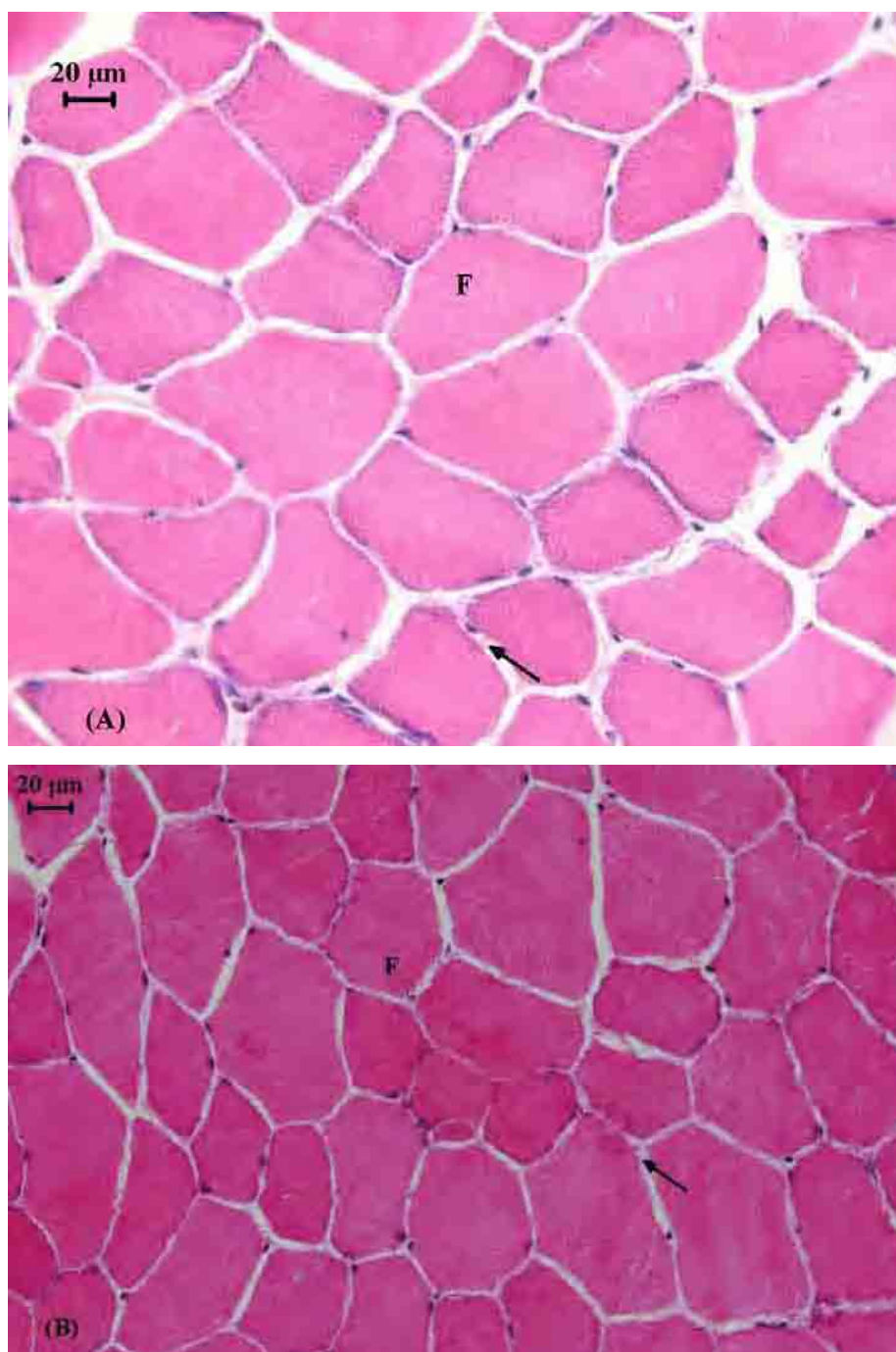


Figura 75. Fotomicrografias de cortes histológicos do músculo glúteo médio (HE) – aumento 40X. Fibras musculares (F); Endomísio (seta). (A) Antes do exercício e (B) Após o exercício.

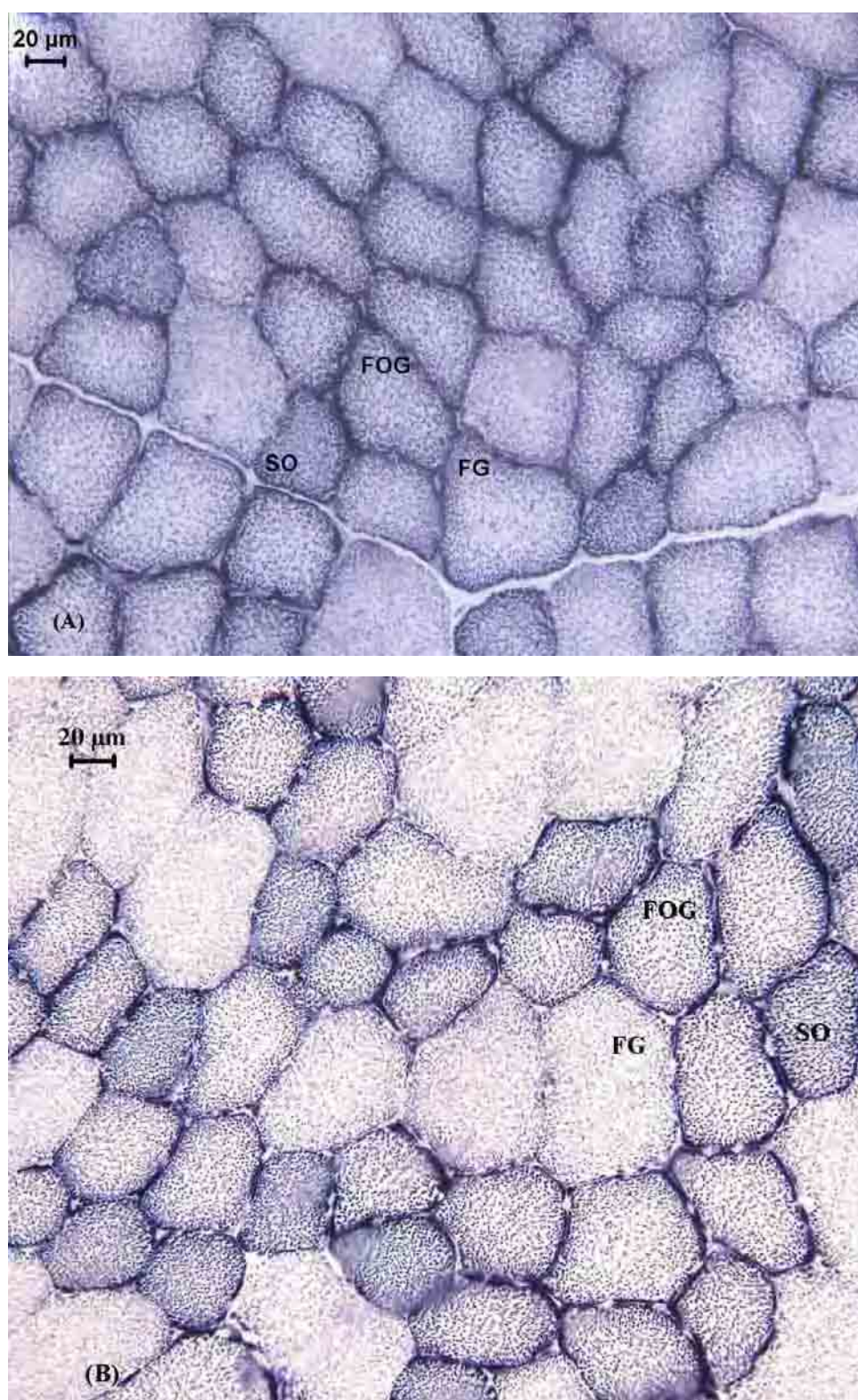


Figura 76. Fotomicrografias de cortes histológicos de músculo glúteo médio (NADH-TR) – aumento 40X. (A) Antes do exercício e (B) Após o exercício.

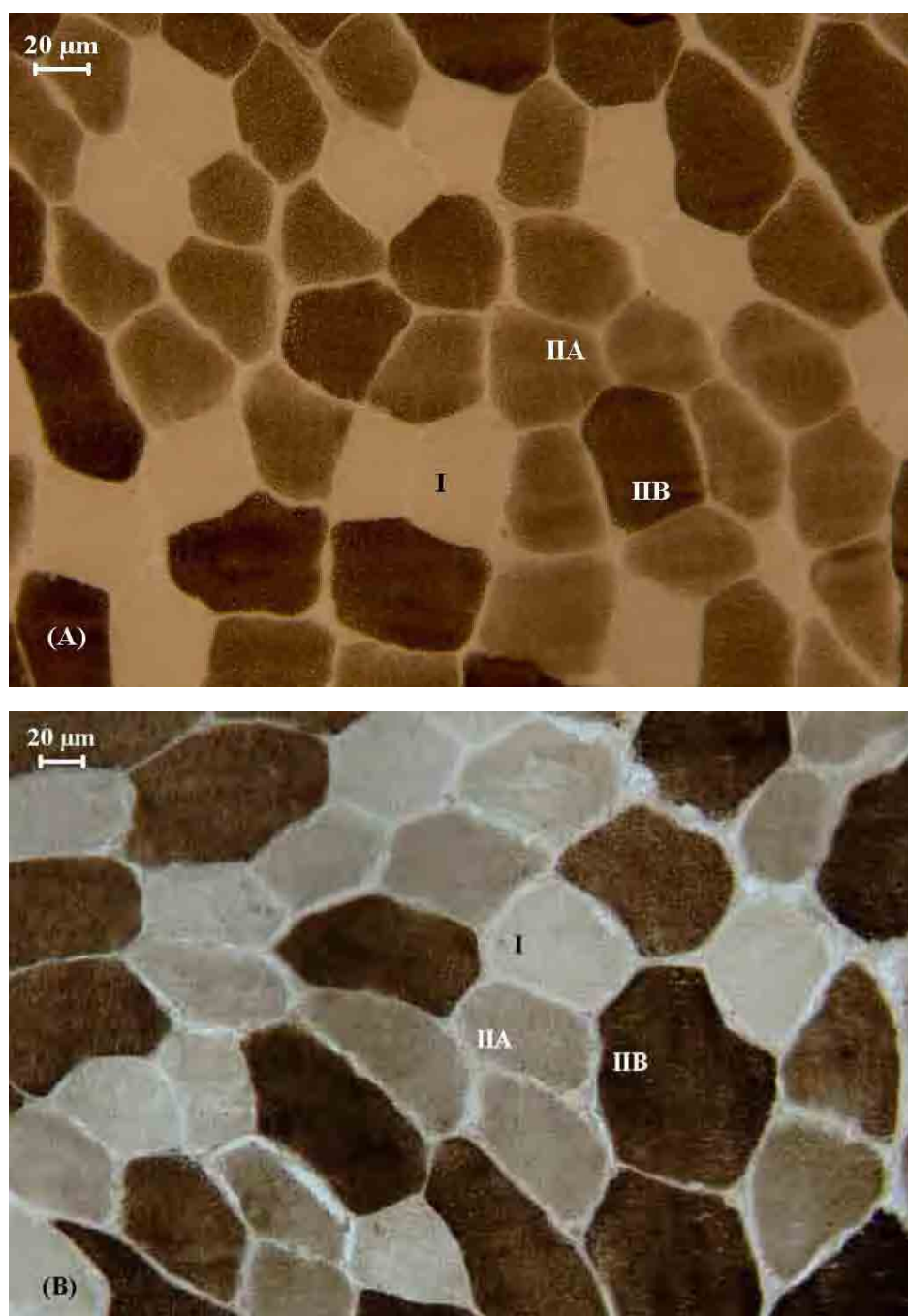


Figura 77. Fotomicrografias de cortes histológicos de músculo glúteo médio (mATPase) – aumento 40X, com pré-incubação alcalina (pH = 10,3) e incubação com pH = 9,4. (A) Antes do exercício e (B) Após o exercício.

Baseando-se nas amostragens do músculo referentes aos momentos de colheita, associadas às reações histoquímicas, foram realizadas as mensurações das áreas das fibras musculares nos cortes submetidos à reação histoquímica de NADH-TR, para o estudo da hipertrofia do tecido muscular ao exercício que fora submetido. O cálculo das freqüências percentuais dos tipos de fibras musculares foi realizado utilizando os cortes histológicos corados pela reação mATPase, com pré-incubação alcalina (pH = 10,3) e incubação com pH = 9,4 para o estudo da modulação nas fibras musculares.

Para tanto, utilizou-se um Microscópio Leica DM-LB, uma Câmera de Captura de Imagens Leica DFC 300 FX e um Sistema de Análise de Imagens Computadorizado, o Software Leica Qwin Standard V 3.1.0, onde foram amostrados de 3 a 5 campos por amostra de músculo.

Para a análise estatística dos dados obtidos, utilizou-se a técnica de análise de variância para o modelo de medidas repetidas (JOHNSON & WICHERN, 1998). A indicação da significância entre os contrastes de médias envolvendo tipo de fibra e momento de avaliação, foi realizada por meio de letras latinas minúsculas para os contrastes entre os tipos de fibras, e maiúsculas, para os momentos de avaliação. Na leitura dos resultados dos testes, quando significantes, as letras devem ser lidas da seguinte forma: 2 médias com pelo menos uma mesma letra não diferem entre si no nível de 5% de significância ($P < 0,05$).

Assim sendo, obteve-se as Tabelas 7 e 8. Na Tabela 7 foram analisadas as freqüências percentuais de cada tipo de fibra, em média $\pm$ DP, objetivando o estudo da modulação no músculo glúteo médio segundo o tipo de fibra e o momento de avaliação. Na Tabela 8 foram analisadas as áreas em cada tipo de fibra, em média $\pm$ DP, objetivando o estudo da hipertrofia no tecido muscular segundo o tipo de fibra e o momento de avaliação.

Na Tabela 7, segundo o momento de avaliação antes do exercício, não há diferença significativa entre as freqüências percentuais quanto aos tipos de fibras; já no momento de avaliação após o exercício, há uma menor quantidade de fibras tipo I, uma freqüência maior das do tipo IIA e uma quantidade intermediária do tipo IIB no nível de significância de 0,05% ($P < 0,0005$). Houve um aumento significativo, no nível de 5% de significância, nas freqüências percentuais das fibras tipo IIA em relação ao momento de avaliação, isto é, ocorreu uma modulação neste tipo de fibra.

Tabela 7. Média e desvio-padrão das frequências percentuais dos tipos de fibras na reação histoquímica mATPase, segundo o momento de avaliação

Tipo de Fibra	Momento de Avaliação		Resultado do teste estatístico de momento de avaliação
	Antes do Exercício	Após o Exercício	
I	25,64 ± 12,92	23,02 ± 7,18 ^a	P > 0,05
IIA	36,47 ± 8,59 ^A	43,01 ± 4,71 ^{B,c}	P < 0,05
IIB	37,90 ± 13,12	33,96 ± 7,21 ^b	P > 0,05
Resultado do teste estatístico de tipo de fibra	P > 0,05	P < 0,0005	

Muitas contradições são observadas na literatura quanto à modulação de fibras musculares (JOSEF et al., 2004).

É importante observar que tais contradições devem-se a alguns aspectos. Dentre esses, a raça é primordial nesta diferenciação, uma vez que fatores genéticos determinam a aptidão atlética em cada raça. Aspectos importantes devem ser considerados, como por exemplo: a idade (animais jovens podem apresentar três subtipos de fibras tipo II; já adultos apresentam, normalmente, dois subtipos desta fibra); condições nutricionais podem permitir diferentes estoques energéticos ao trabalho muscular e desta maneira interferir no tempo para o aparecimento da fadiga; as diferenças nas cargas de trabalho ou nos protocolos de condicionamento físico produzirão distintas respostas metabólicas e musculo-fisiológicas; diferenças climáticas também podem interferir nessas respostas; o manejo dos cavalos quanto à presença humana no momento de aferição dos parâmetros fisiológicos ou mesmo interferindo nas características comportamentais dos cavalos podem interferir nos resultados, uma vez que aqueles cavalos não habituados a determinado indivíduo humano produzirão respostas fisiológicas inesperadas ou alteradas devido ao estresse causado por tal situação, e ainda, aspectos inerentes à vida do cavalo, como por exemplo, a qualidade da gestação a que foi submetido e o sistema de criação adotado a este animal quando potro devem ser considerados nos estudos de fisiologia do exercício.

Além disso, outro fator determinante para a classificação das fibras musculares é a profundidade de colheita. Rivero et al. (1993) relatam que as diferenças nas distribuições quanto aos tipos de fibras e seus respectivos tamanhos

são mais marcantes em regiões mais profundas do músculo (6 cm) e estão relacionadas, provavelmente, às diferentes demandas funcionais localizadas em distintas porções do músculo glúteo médio. Relatam ainda que há uma ótima correlação entre os tipos de fibras e suas dimensões (diâmetro e áreas relativas) no músculo glúteo médio com a aptidão individual de cada cavalo. Desta maneira, sugerem a obtenção, com estudos futuros, de um índice músculo-fisiológico para se estimar a performance de um cavalo.

Tabela 8. Média e desvio-padrão das áreas (μm^2) na reação histoquímica NADH-TR, segundo tipo de fibra e momento de avaliação

Tipo de Fibra	Momento de Avaliação		Resultado do teste estatístico de momento de avaliação
	Antes do Exercício	Após o Exercício	
SO	2302,44 ± 687,16 ^a	2546,72 ± 515,07 ^a	P > 0,05
FOG	2817,03 ± 867,75 ^{A,ab}	3397,23 ± 844,23 ^{B,a}	P < 0,05
FG	4172,29 ± 1662,84 ^b	5044,95 ± 1424,28 ^b	P > 0,05
Resultado do teste estatístico de tipo de fibra	P < 0,05	P < 0,0005	

Na Tabela 8 há um aumento biológico nas áreas das fibras tipos SO e FG, porém sem significância estatística, segundo o momento de avaliação. Nota-se um aumento significativo ($P < 0,05$) nas áreas das do tipo FOG, quanto ao momento de avaliação, revelando uma hipertrofia no tecido muscular e conseqüente aumento de sua capacidade aeróbica (oxidativa). No momento de avaliação antes do exercício, há maiores áreas nas fibras do tipo FG e menores áreas nas do tipo SO, havendo medidas intermediárias nas do tipo FOG. Estatisticamente, as áreas nas fibras dos tipos SO e FOG são semelhantes entre si, e as áreas nas fibras dos tipos FOG e FG, também são semelhantes entre si no nível de significância $P < 0,05$. Já no momento de avaliação após o exercício, as áreas nas fibras dos tipos SO e FOG são semelhantes entre si e significativamente maiores do que as do tipo FG no nível de significância $P < 0,0005$.

Rivero e Henckel (1996) relatam que o mais eficiente parâmetro muscular para descrever o potencial atlético de cavalos de enduro foram as porcentagens das fibras e as áreas relativas dos tipos de fibras. Esta característica também pode ser constatada com a análise estatística realizada neste experimento.

6. CONCLUSÕES

O protocolo de Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração proposto foi satisfatório para a avaliação ergométrica, uma vez que demonstrou ser um exercício aeróbico.

O protocolo para Teste Ergométrico de Resistência proposto mostrou-se adequado ao possibilitar a distinção de resistência física entre os cavalos e revelar diferenças significativas na capacidade atlética de cada indivíduo.

O Modelo de Regressão Exponencial do Lactato Sangüíneo, obtido através de análise estatística, deve ser utilizado para se estimar a capacidade atlética de cavalos sem prévio condicionamento físico ou treinamento esportivo (destreinados) e que forem submetidos ao protocolo para Teste Ergométrico de Resistência proposto.

A técnica para biópsia de músculo glúteo médio, com modificação na geometria de delimitação, mostrou-se adequada e simples de ser realizada, não produziu qualquer seqüela no local de inserção da agulha e não provocou alteração na locomoção.

O exercício proposto promoveu modulação e hipertrofia nas fibras tipo IIA (SO).

7. REFERÊNCIAS

BARAGLI, P.; TEDESCHI, D.; GATTA, D.; MARTELLI, F.; SIGHIERI, C. Application of a constant blood withdrawal method in equine exercise physiology studies. **Equine Veterinary Journal**, v. 33, n. 6, p. 543-546, 2001.

D'ANGELIS, F.H.F.; FERRAZ, G.C.; BOLELI, I.C.; LACERDA-NETO, J.C.; QUEIROZ-NETO, A. Aerobic training, but not creatine supplementation, alters the gluteus medius muscle. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. , p. 579-585, 2005.

DESMECHT, D.; LINDEN, A.; AMORY, H.; ART, T.; LEKEUX, P. Relationship of plasma lactate production to cortisol release following completion of different types of sporting events in horses. **Veterinary Research Communications**, v. 20, n. 4, p. 371-379, 1996.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; LINDHOLM, A. Muscle fiber characteristics of active and inactive standardbred horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 17, n. 6, p. 434-438, 1985.

EVANS, D. L. The cardiovascular system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. (Eds) **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994, p. 130-144.

EVANS, D.L.; GOLLAND, L.C. Accuracy of Accusport for measurement of lactate concentrations in equine blood and plasma. **Equine Veterinary Journal**, v. 28, n. 5, p. 398-402, 1996.

GOTTLIEB, M. Muscle glycogen depletion patterns during draught work in Standardbred horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 21, n. 2, p. 110-115, 1989

HARRIS,R.C.; MARLIN, D.J.; DUNNETT, M.; SNOW, D.H.; HULTMAN, E. Muscle buffering capacity and dipeptide content in the thoroughbred horse, greyhound dog and man. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 97A, n. 2, p. 249-251, 1990.

HODGSON, D.R.; ROSE, R.J.; ALLEN, J.R. Simplified technique for histochemical determination of three fiber types in equine skeletal muscle. **American Journal of Veterinary Research**, v.44, n.8, p.1558-1560, 1983.

HODGSON, D.R.; ROSE, R.J.; ALLEN, J.R.; DIMAURO, J. Glycogen depletion patterns in horses performing maximal exercise. **Research in Veterinary Science**, v. 36, n. 2, p. 169-173, 1984.

HODGSON, D.R.; ROSE, R.J.; DIMAURO, J.; ALLEN, J.R. Effects of a submaximal treadmill training programme on histochemical properties, enzyme activities and glycogen utilisation of skeletal muscle in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 17, n. 4, p. 300-305, 1985.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998, 642p.

JOSEF, G. B.; ALVES, A. L. G.; SILVA, M. D. P.; THOMASSIAN, A.; CROCCI, A. J.; LETTRY, V.; PYLES, M. D. Análise morfométrica e tipificação de fibras musculares de eqüinos submetidos a exercício. **Veterinária Notícias**, v. 10, n. 2, p. 11-16, 2004.

KANEKO, J. J. Proteins and the Dysproteinemias. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Eds) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th ed. London: Academic Press, 1997, p. 117-138.

KEARNS, C.F.; McKEEVER, K.H.; ABE, T. Overview of horse body composition and muscle architecture: implications for performance. **The Veterinary Journal**, v. 164, n. 3, p. 224-234, 2002.

KIM, J.; HINCHCLIFF, K.W.; YAMAGUCHI, M.; BEARD, L.A.; MARKERT, C.D. DEVOR, S.T. Exercise training increases oxidative capacity and attenuates exercise-induced ultrastructural damage in skeletal muscle of aged horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 98, n. 1, p. 334-342, 2005.

KLEI, T. R. Parasite controls programs. In: ROBINSON, N. E. (Ed) **Current therapy in equine medicine 4**, Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1997, p. 709-713.

KRAMER, J. W. Normal Hematology of the Horse. In: FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N. C. (Eds) **Schalm's veterinary hematology**. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000, p. 1069-1074.

LANGSETMO, I.; WEIGLE, G.E.; FEDDE, M.R.; ERICKSON, H.H.; BARSTOW, T.J.; POOLE, D.C. VO₂ kinetics in the horse during moderate and heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 4, p. 1235-1241, 1997.

LEDWITH, A.; MCGOWAN, C.M. Muscle biopsy: a routine diagnostic procedure. **Equine Veterinary Education**, v. 16, n. 2, p. 62-67, 2004.

LEKEUS, P.; ART, T. The respiratory system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. (Eds) **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994, p. 81-127.

LEVY, J.L. Histologia e histofisiologia do tecido muscular esquelético. In: LEVY, J.L. (Ed.) **Miopatias**, São Paulo: Atheneu, 1978, p. 1-18.

LINDHOLM, A.; PIEHL, K. Fiber composition, enzyme activity and concentrations of metabolites and electrolytes in muscles of standardbred horses. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 15, n. 3, p. 287-309, 1974.

LOPEZ-RIVERO, J.L.; MORALES-LOPEZ, J.L.; GALISTEO, A.M.; AGUERA, E. Muscle fibre type composition in untrained and endurance-trained Andalusian and Arab horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 23, n. 2, p. 91-93, 1991.

MARLIN, D.; NANKERVIS, K. Muscles. In: MARLIN, D. (Ed.) **Equine exercise physiology**, London: Blackwell Science, 2002, p. 21-34.

McMIKEN, D.F. Na energetic basis of equine performance. **Equine Veterinary Journal**, v. 15, n. 2, p. 123-133, 1983.

MEYER, H. Prática alimentar. In: _____(Ed.) **Alimentação de cavalos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995, p. 175-225.

PETER, J.B.; BARNARD, R.J.; EDGERTON, V.R.; GILLESPIE, C.A.; STEMPEL, K.E. Metabolic profiles of the three fibre types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. **Biochemistry**, v.11, n. 14, p.2627-2633, 1972.

PRINCE, A.; GEOR, R.; HARRIS, P.; HOEKSTRA, K.; GARDNER, S.; HUDSON, C.; PAGAN J. Comparision of the metabolic responses of trained Arabians and Thoroughbreds during high and low intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p. 135-135, 2002.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Músculo Esquelético: Estrutura e Função. In: _____ (Eds.) **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. São Paulo: Manole, 2000, p. 125-150.

RIVERO, J.L.L.; SERRANO, A.L.; HENCKEL, P.; AGÜERA, E. Muscle fiber type composition and fiber size in successfully and unsuccessfully endurance-raced horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 4, p. 1758-1766, 1993.

RIVERO, J.L.L.; SERRANO, A.L.; HENCKEL, P. Activities of selected aerobic and anaerobic enzymes in the gluteus medius muscle of endurance horses with different performance records. **Veterinary Record**, v. 137, n. 8, p. 187-192, 1995.

RIVERO, J.L.L.; HENCKEL, P. Muscle biopsy index for discriminating between endurance horses with different performance records. **Research in Veterinary Science**, v. 61, n. 1, p. 49-54, 1996.

RONCATI, N.V.; CALORE, E.E.; SANTOS, R.P.; FERNANDES, W.R. Biópsia e tipificação de fibras musculares em eqüinos da raça Mangalarga Paulista. **A Hora Veterinária**, v. 139, n. , p. 40-44, 2004.

RONEUS, N.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; LINDHOLM, A.; ERIKSSON, Y. Plasma lactate response to submaximal and maximal exercise tests wiyh training, and its relationship to performance and muscle characteristics in Standardbred trotters. **Equine Veterinary Journal**, v. 26, n. 2, p. 117-121, 1994.

RONEUS, N.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B. Skeletal muscle characteristics and metabolic response to exercise in young standardbreds. **American Journal of Veterinary Research**, v. 58, n. 2, p. 167-170, 1997.

SERRANO, A.L.;QUIROZ-ROTHER, E.; RIVERO, J.L.L. Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining. **Pflügers Archiv - European Journal of Physiology**, v. 441, n. 2-3, p. 263-274, 2000.

SERRANO, M.G.; EVANS, D.L.; HODGSON, J.L. Heart rate and blood lactate responses during exercise in preparation for evernting competition. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p. 135-139, 2002.

SNOW, D.H.; VALBERG, S.J. Muscle anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. (Eds) **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994, p. 145-179.

St. CLAIR, L.E. Miologia geral In: GETTY, R. (Ed.) SISSON/GROSSMAN. **Anatomia dos animais domésticos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1986, v. 1. p. 38.

TRILK, J.L.; LINDNER, A.J.; GREENE, H.M.; ALBERGHINA, D.; WICKLER, S.J. A lactate-guided conditioning programme to improve endurance performance. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p. 122-125, 2002.

TYLER, C.M.; GOLLAND, L.C.; EVANS, D.L.; HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. Skeletal muscle adaptations to prolonged training, overtraining and detraining in horses. **Pflügers Archiv - European Journal of Physiology**, v. 436, n. 3, p. 391-397, 1998.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998, 663p.