

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Rafael Alkmin Reis

**ESTRATÉGIAS PARA
INDIVIDUALIZAÇÃO DE
RESULTADOS EM TESTES DE
DESEMPENHO**

Campinas, 2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Rafael Alkmin Reis

**ESTRATÉGIAS PARA INDIVIDUALIZAÇÃO DE
RESULTADOS EM TESTES DE DESEMPENHO**

Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Educação Física na Área de Concentração Biodinâmica do Movimento Humano.

Orientador: René Brenzikofer

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
REDAÇÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DE MESTRADO A SER DEFENDIDA
POR RAFAEL ALKMIN REIS E
ORIENTADO PELO PROF. DR. RENÉ
BREZIKOFER



Assinatura do Orientador

Campinas, 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
 DULCE INES LEOCÁDIO DOS SANTOS AUGUSTO – CRB8/4991 - BIBLIOTECA
 “PROF. ASDRUBAL FERREIRA BATISTA”
 FEF - UNICAMP

R277e Reis, Rafael Alkmin, 1986-
 Estratégias para individualização de resultados em testes
 de desempenho / Rafael Alkmin Reis. --Campinas, SP: [s.n],
 2011.

Orientador: René Brenzikofer.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Análise de dados. 2. Avaliação física 3. Análise de
 regressão. 5. I. Brenzikofer, René. II. Universidade Estadual
 de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Strategies for individualization of results in performance tests.

Palavras-chave em inglês:

Data analysis

Physical assessment

Regression analysis

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Titulação: Mestre em Educação Física.

Banca Examinadora:

René Brenzikofer [Orientador]

Luiz Eduardo Barreto Martins

Paulo Régis Caron Ruffino

Data da defesa: 05-12-2011

Programa de Pós-Graduação: Educação Física

COMISSÃO JULGADORA

René Brenzikofer
Orientador



Paulo Régis Caron Ruffino



Luiz Eduardo Barreto Martins



Dedicatória

*Aos meus avós
Infinita saudade*

*Ao meu pai Raimundo
Carpinteiro de sonhos, poeta da simplicidade*

*A minha mãe Arlete
Amor puro, exemplar, meu porto seguro*

*A minha irmã Vanessa
Fiel, companheira, emoções sem fronteira*

Agradecimentos

Há muito que agradecer.

Sou especialmente grato as pessoas que encontrei nesta caminhada. São várias.

É disso que eu quero falar. É isso que eu quero agradecer.

Aos meus encontros...

Há um número escondido em cada ato da vida, em cada aspecto do Universo. Fractais, matéria... Há sempre um número gritando, tentando nos dizer algo. Os números são uma porta para entender um mistério que é maior do que nós. Como duas pessoas, desconhecidas, acabam se encontrando. Como disse o poeta venezuelano Eugenio Montejo:

“A Terra girou para nos aproximar.

Girou ao redor de si mesma e dentro de nós.

Até que finalmente nos uniu neste sonho.”

Há muitas coisas que têm de acontecer para que duas pessoas se encontrem. De qualquer forma, é isso que é Matemática.

(trecho retirado do filme 21 gramas de Alejandro González Iñárritu)

This is my chance, this is my life

And my opening hour

This is my choice, this is my voice

There may be no tomorrow

This is my plea, this is my need

This is my time for standing free

This is my step, this is my depth

In a world demanding of me

But it's okay...

(It's Okay, Dead Moon)

Se eu te encontrei, acredite, estamos unidos neste sonho.

Você é parte desta obra, é parte da minha vida.

Muito obrigado!

REIS, Rafael Alkmin. **ESTRATÉGIAS PARA INDIVIDUALIZAÇÃO DE RESULTADOS EM TESTES DE DESEMPENHO**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

RESUMO

A avaliação física é um elemento importante e rotineiramente presente durante o planejamento de um período de treinamento. O objetivo deste trabalho é aplicar diferentes estratégias para a individualização de resultados em testes físicos, aplicados a grandes amostras e em atletas de alto nível. Nos anos de 2009 e 2010 duas turmas, de aproximadamente 500 alunos cada, da Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEEx) foram estudadas. Toda esta amostra foi avaliada em três momentos durante ano, fevereiro, maio ou junho e outubro. Foram realizados em cada um destes períodos testes físicos para diferentes capacidades biomotoras, como força, velocidade e resistência, além da composição corporal. O volume de dados gerados é grande, tendo em vista o número de avaliações aplicadas e a quantidade de sujeitos avaliados. Neste sentido, a primeira etapa deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um software para Microsoft Windows, capaz de facilitar a visualização e gerenciamento destas informações. Na EsPCEEx, para que o aluno se forme, índices mínimos de desempenho são exigidos nas provas de aptidão física aplicadas ao final do ano. Um segundo objetivo deste estudo é elaborar um modelo de previsão de desempenho, para o teste de corrida em 3000 metros realizado em outubro (T3000out). Para tal será utilizada a metodologia de regressão linear múltipla. O modelo foi quantificado utilizando os dados provenientes da turma de 2009. O modelo estabelecido foi: $T3000out(min)=1,03*T3000fev+0,59*Dif_JF_3000+12,56$, $R^2=0,71$ e $RMSE=0,46$; onde T3000fev é o tempo mensurado na avaliação de fevereiro e Dif_JF_3000 é a diferença entre os resultados do mês de junho e fevereiro, ambas padronizadas. Considerando a hipótese de que as turmas de 2009 e 2010 são estatisticamente semelhantes, o modelo foi aplicado aos resultados da turma de 2010 para testar o poder de previsão de seus resultados. A comparação entre os resultados preditos pelo modelo e os resultados medidos em outubro de 2010, permitiu identificar, já no mês de maio, 96,5% dos alunos em risco de reprovação. Já no último capítulo desta dissertação, apresentamos os resultados de um experimento que avaliou o efeito de três semanas de férias no desempenho de atletas de alto nível. Será discutido o tratamento estatístico de dados em amostras com características heterogêneas e a interpretação das alterações de desempenho encontradas.

Palavras-Chaves: Análise de dados; Avaliação física; Análise de Regressão.

REIS, Rafael Alkmin. **STRATEGIES FOR INDIVIDUALIZATION OF PERFORMANCE TESTS RESULTS**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ABSTRACT

Physical tests are important and routinely present during the planning of a training period. The objective of this work is to apply different strategies for individualization of results in physical tests applied to large samples and high-level athletes. In the years 2009 and 2010 two groups of approximately 500 students each, of The Preparatory Army School (EsPCEX) were studied. The whole sample was evaluated three times during the year, in February, May or June and October. Were performed at each of these periods physical tests for different abilities such as strength, speed and endurance, and body composition. The volume of data generated is large, considering the number of tests applied and the number of subjects evaluated. In this sense, the first step of this work was to develop a software for Microsoft Windows, able to facilitate the visualization and management of this information. In EsPCEX, minimum levels of performance are required in the finals tests. A second objective of this study is to develop a model for prediction future performance in 3000 meters running race made in October (T3000out). For this we used the multiple linear regression method. The model was quantified using data from the 2009 sample. The established model was: $T3000out (min) = 1.03 * T3000fev + 0.59 * Dif_JF_3000 + 12.56$, $R^2 = 0.71$ and $RMSE = 0.46$, where T3000fev is the time measured in February and Dif_JF_3000 is the difference between the results of June and February, both standardized. Considering the hypothesis that the classes of 2009 and 2010 are statistically similar, the model was applied to the results of the 2010 sample to test the predictive power of their results. The comparison between the results predicted by the model and the results measured in October 2010, identified already in May, 96.5% of the students at risk of failure. In the last chapter of this thesis, we present the results of an experiment that evaluated the effect of three-week vacation in the performance of high level athletes. We will discuss the statistical treatment of data in samples with heterogeneous characteristics and interpretation of performance changes found.

Key Words: Data Analysis, Physical tests; Regression Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Ilustração do teste de arremesso de medicine ball.	19
Figura 1.2 - Ilustração do teste de salto horizontal.	20
Figura 1.3 - Esquema ilustrativo referente ao LABEX-TESTE	21
Figura 1.4 - Ilustração referente à tela de avaliação do programa Velocity System	22
Figura 1.5 - Relação entre velocidade média nos 30 metros (m/s) e número de tiros	23
Figura 1.6 - teste de 3000 metros	24
Figura 1.7 - Término do teste de 3000 metros	25
Figura 1.8 - Teste natação 50 metros	25
Figura 1.9 - Teste de flexão e extensão do cotovelo	26
Figura1.10 - Esquema da seqüência em que ocorrem as avaliações físicas do LABEX	28
Figura 2.1 - Tela inicial do Aplicativo LABEX de avaliação física	35
Figura 2.2 - Seqüência do funcionamento do aplicativo, tela de visualização de variáveis	36
Figura 2.3 - Menu para seleção de variáveis do Aplicativo LABEX de Avaliação Física	37
Figura 2.4 - Tela do software reservada a realização do gráfico	38
Figura 2.5 - Opções de grupos para realização do gráfico de dispersão.	39
Figura 2.6 - Realização do gráfico para os 483 sujeitos avaliados em ambas as variáveis.	39
Figura 2.7 - Utilização da função QUADRANTES	40
Figura 2.8 - Aplicação da função IDENTIFICAR	41
Figura 2.9 - Aplicação da função TENDÊNCIA	42
Figura2.10 - Aplicação da função PROCURAR	43
Figura2.11 - Alunos circulados no gráfico	43
Figura2.12 - Comparação entre o tempo gasto no teste de 3000 metros	44
Figura2.13 - Utilização do recurso VALOR	45
Figura 3.1 - Comparação entre os valores aferidos e preditos pelo modelo	59
Figura 3.2 - Análise da homocedasticidade dos resíduos	60
Figura 3.3 - Boxplot dos resíduos em função dos quartis	60
Figura 3.4 - Gráfico de probabilidade normal dos resíduos	61
Figura 3.5 - Comparação entre os valores aferidos e preditos pelo modelo	63
Figura 4.1 Desenho momentos de avaliação do experimento sobre as férias	71
Figura 4.2 - Boxplot referente a variável VPCR	75

Figura 4.3- Diferenças individuais entre os momentos pós e pré férias

76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Valores de média e desvio padrão para as variáveis do ano de 2009 e 2010	31
Tabela 3.1	Elaboração do modelo de regressão linear múltipla pelo método stepwise	56
Tabela 3.2	Cálculo do coeficiente de determinação (R ²), para as variáveis independentes inclusas no modelo	62
Tabela 4.1	Valores de média e desvio para as variáveis analisadas no experimento.	73
Tabela 4.2	Valores individuais da variável VPCR (km/h)	74
Tabela 4.3	Diferenças individuais Pós – Pré, expressas em unidades padronizadas	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

LABEX	Laboratório de Bioquímica do Exercício
EsPCEx	Escola Preparatória de Cadetes do Exército
AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
STFM	Seção de Treinamento Físico Militar
NAE	Naval Aeronáutica e Exército
Cia	Companhia de Alunos
LT	Labex Teste
T3000	Tempo na corrida de 3000 metros
V30	Velocidade média inicial ajustada em 30 metros no LT
Ntiros	Número de tiros no LT
A0a6	Aceleração média de 0 a 6 metros inicial ajustada no LT
CAA0a6	Coeficiente angular da Aceleração média de 0 a 6 metros
Salto	Maior valor aferido no salto horizontal
Peso	Peso do voluntário em quilogramas
T3000out	Tempo no teste de 3000 metros realizado em outubro.
T3000fev	Tempo no teste de 3000 metros realizado em fevereiro.
Dif_JF_3000	Diferença entre o resultado do teste de 3000 metros de junho e fevereiro
SaltoQ	Resultado do teste de salto horizontal realizado em fevereiro ao quadrado
Dif_JF_3000Q	Diferença entre o resultado do teste de 3000 metros realizado nos meses de junho e fevereiro ao quadrado
Dif_JF_Salto	Diferença entre o resultado do teste de salto horizontal realizado nos meses de junho e fevereiro.
PRÉ	Momento de avaliação pré férias
PÓS	Momento de avaliação pós férias
A12	Aceleração média de 0 a 12 metros
V48	Velocidade média em 48 metros
VLV	Velocidade de limiar ventilatório
VPCR	Velocidade de ponto de compensação respiratória
VVO2máx	Velocidade de VO2 máximo
VO2máx	Consumo máximo de oxigênio

CV Coeficiente de variação
Etc90 intervalo de confiança de 90% para a diferença individual entre os momentos Pós e Pré

SUMÁRIO

Introdução.....	15
Capítulo 1 – Protocolos de avaliação, organização das coletas e resultados preliminares.....	19
1.1.1. Avaliações aplicadas pelo LABEX.....	19
1.2.2 Avaliações aplicadas pela STFM.....	24
1.2. Logística e procedimentos adotados antes da semana de avaliações físicas.....	27
1.3. Procedimentos adotados durante a semana de avaliações físicas.....	29
1.4. Procedimentos adotados após a semana de avaliações físicas.....	29
1.5. Resultados preliminares.....	30
1.5.1. Referências.....	32
Capítulo 2 – Aplicativo LABEX de Avaliação Física.....	33
Introdução	33
Materiais e Métodos.....	34
Resultados.....	35
Discussão.....	46
Conclusão	48
Referências.....	49
Capítulo 3 – Aplicação do modelo de regressão linear múltipla para a predição de desempenho em testes físicos	51
Introdução	51
Objetivos.....	52
Materiais e Métodos.....	52
Resultados e discussão	56
Conclusão	64
Referências.....	64
Capítulo 4 – Interpretação das alterações de desempenho em atletas de alto nível após três semanas de férias.	67
Introdução	67
Materiais e Métodos.....	68
Resultados	73
Discussão	78

Referências..... 81

Introdução

Este trabalho surgiu do contato entre o candidato e o universo da análise de dados. O desafio de extrair informação útil dos números provenientes de avaliações físicas se fez presente do início ao fim. Assim, os capítulos que se seguem são descrições das iniciativas tomadas por nós para extrair, com coerência científica, informação pertinente deste procedimento.

O primeiro desafio emergiu da parceria entre o Laboratório de Bioquímica do Exercício (LABEX) e a Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEX). A EsPCEX tem a missão de iniciar a formação do jovem que almeja seguir a carreira militar, criando condições para que este aluno ingresse na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN). Uma das exigências para o ingresso na AMAN é que o candidato possua um condicionamento físico adequado as necessidades de um combatente. Neste sentido, a Seção de Treinamento Físico Militar (STFM) da EsPCEX, desenvolve não só a preparação física dos alunos, como promove também atividades de caráter esportivo.

A EsPCEX possui uma rotina anual que se inicia em Fevereiro, com a entrada de aproximadamente 500 alunos aprovados em exame nacional de seleção, e termina em dezembro, com a formatura dos estudantes aptos a ingressarem na AMAN. No decorrer do ano letivo, os alunos permanecem na escola em regime integral, com uma rotina bastante disciplinada e uniforme de estudo, lazer, atividade física, alimentação e descanso.

Em relação à preparação física e esportiva dos estudantes, há alguns eventos de destaque durante o ano. Em fevereiro, ingresso dos alunos na escola, a STFM realiza uma bateria de testes com o intuito de diagnosticar a condição física inicial dos alunos. Ainda neste mês acontece uma olimpíada interna, com competições de diversas modalidades esportivas. A observação do desempenho dos alunos, tanto nas olimpíadas como nos testes físicos, permite a STFM selecionar os alunos que integrarão as equipes esportivas oficiais da escola.

Em maio ou junho de cada ano, todos os estudantes repetem a bateria de avaliações físicas. O objetivo é medir o efeito dos primeiros meses de estadia na escola no desempenho dos alunos.

No mês de setembro, acontece uma importante competição, a NAE, olimpíadas entre as escolas preparatórias do exército, marinha e aeronáutica. Este evento recebe atenção diferenciada, pois é a principal competição esportiva do ano e reflete o esforço de meses na preparação dos atletas.

Já em outubro, próximo ao período de egresso dos alunos, há um terceiro momento de avaliação. Neste período o propósito é medir se os alunos atingiram os índices mínimos de desempenho exigidos para ingressarem na AMAN. O desempenho dos alunos nos testes efetuados pela STFM recebe nota e são passíveis de reprovação. Caso o aluno não alcance o índice mínimo exigido pela escola nas avaliações de fim de ano, há um processo de exame e posterior reavaliação. Se ainda assim, o desempenho não corresponder ao necessário, o aluno não poderá dar prosseguimento a carreira militar.

No ano de 2007 o LABEX passou a colaborar com a STFM no processo de avaliação física dos alunos. Nesta colaboração a intervenção do LABEX acontece nos mesmos momentos de avaliação já preconizados pela STFM, fevereiro, maio ou junho e outubro de cada ano. Desta forma, o LABEX adiciona novas avaliações ao conjunto já estabelecido pelo exército. Toda a descrição dos testes aplicados, organização e logística das coletas serão apresentadas no primeiro capítulo desta dissertação.

A quantidade de dados gerados em qualquer um dos momentos de avaliação é enorme. A dificuldade inicial encontrada pelos pesquisadores do LABEX foi encontrar uma forma rápida e objetiva de apresentar os dados coletados, visto que há objetivos distintos em cada um dos momentos de avaliação. No mês de fevereiro é necessário que as informações provenientes das avaliações físicas ajudem no processo de seleção dos atletas da EsPCEX. Já nas futuras reavaliações é importante identificar os alunos responsivos e não responsivos ao treinamento físico proposto.

Inicialmente, por parte do LABEX, eram geradas tabelas contendo as identidades de cada um dos avaliados e os resultados alcançados pelos mesmos. Duas dificuldades encontradas neste processo foram: o tempo gasto na elaboração das tabelas e a dificuldade em discriminar de forma individualizada as informações de interesse.

A primeira iniciativa para contornar estas dificuldades foi tomada em 2007 pelo professor René Brenzikofer. Em ambiente Matlab, ele desenvolveu um conjunto de rotinas destinado a construção de gráficos interativos, cálculo de variáveis e seleção de sujeitos de interesse. Desta forma, a informação quantitativa extraída dos testes físicos torna-se bastante visual e de fácil compreensão. Com o passar do tempo estas rotinas foram aumentando em número e complexidade, incluindo opções de análise estatística, detecção de outliers e etc. Mesmo com esta nova proposta de representação, a criação dos gráficos acontecia obrigatoriamente nos limites do laboratório. Assim, o contato dos militares com a interatividade proporcionada pelos gráficos ficava restrito aos momentos de reunião entre as partes. A solução encontrada foi selecionar e reescrever as rotinas já existentes, compilando as mesmas em um software simples, executável em qualquer computador. A intencionalidade deste processo é transportar a tecnologia desenvolvida pelo orientador deste trabalho para além dos limites da universidade, facilitando o contato com o usuário. Coube ao autor desta dissertação a parte técnica de selecionar e reescrever as rotinas existentes, implementando as adaptações necessárias para tornar as funções acessíveis a qualquer usuário leigo. O segundo capítulo desta dissertação descreve o desenvolvimento deste software.

Em outubro, último momento de avaliação física, alguns poucos alunos não alcançam o índice mínimo necessário para ingressarem na AMAN. O principal problema é que a identificação dos alunos sem o índice mínimo acontece em outubro, e as provas finais que decidem acerca do ingresso do aluno, são efetuadas em novembro. Um aluno com desempenho ruim em outubro tem poucas semanas para treinar e elevar seu índice para as provas finais de novembro. A detecção precoce dos prováveis alunos em risco de reprovação propiciaria aos mesmos mais tempo de treinamento direcionado a suas necessidades individuais.

O tema do terceiro capítulo desta dissertação é uma iniciativa de previsão do resultado futuro dos alunos no teste de corrida em 3000 metros, utilizando o método de regressão linear múltipla. Inicialmente foi gerado um modelo baseado nos dados coletados no ano de 2009. Tendo como hipótese que estatisticamente as turmas apresentam comportamento semelhante a cada ano, consideramos que o modelo pode ser transposto de um ano para outro. Para nos assegurarmos desta hipótese testamos, na turma de 2010, o modelo elaborado em 2009. Esta conduta foi tomada de forma sigilosa para que não houvesse influência nos resultados em cada um dos momentos de avaliação de 2010.

O quarto e último capítulo diz respeito ao tratamento estatístico de dados em atletas de alto nível. Atletas desta categoria são singulares e possuem características que tendem ao extremo. Portanto a variabilidade presente em qualquer amostra desta população é acentuada. Neste capítulo, utilizamos um experimento com atletas de alto nível para ilustrar o desafio do tratamento de dados em amostras com características heterogêneas.

Como há de se observar, os próximos capítulos serão descrições das estratégias adotadas para extrair, com critério científico, informações relevantes para o contexto do treinamento esportivo. Antecipamos que o processo de tratamento de dados no campo das ciências não exatas é uma tarefa pouco trivial. Porém, pretendemos ao longo do texto explicitar como este tipo de recurso pode agregar informação útil ao dia a dia de quem trabalha com testes de desempenho.

Capítulo 1 – Protocolos de avaliação, organização das coletas e resultados preliminares

Neste capítulo iremos descrever os protocolos de avaliação física e apresentar os resultados obtidos pelos alunos da EspCEX nos anos de 2009 e 2010. Inicialmente serão descritos os testes físicos aplicados pelo LABEX e em seguida as avaliações conduzidas pela STFM. Também serão descritos os procedimentos de organização e logística das coletas.

1.1.1 Avaliações aplicadas pelo LABEX

Arremesso de medicine ball (potência de membros superiores): O sujeito se posiciona sentado, sob uma fita métrica de 15 metros de comprimento, estirada rente ao solo com as costas apoiadas na parede. O indivíduo em posse de uma medicine ball de 3 quilogramas é instruído a levar o implemento a altura do peito e executar um arremesso frontal, estilo chest pass, (SALONIA, 2004) o mais longe possível. Será contabilizada a distância efetiva percorrida pelo implemento depois de perder o contato com as mãos. São executados quantos arremessos forem necessários para que sejam medidos três arremessos tecnicamente corretos por indivíduo. Entre cada uma das tentativas é concedido tempo hábil para a recuperação do voluntário (Figura 1.1).



Figura 1.1. Ilustração do teste de arremesso de medicine ball.

Salto Horizontal (potência de membros inferiores): O voluntário se posiciona em pé, tronco levemente fletido, mãos na cintura e com ambos os pés situados atrás da linha de saída. É realizado então um salto horizontal para frente, mensurando a distância do ponto de saída até o calcanhar posicionado mais posteriormente ao corpo do sujeito (adaptado de MARKOVIC, 2004). Caso o indivíduo solte as mãos da cintura ou se desequilibre ao aterrissar no solo o salto é invalidado. São realizados quantos saltos forem necessários para que a pessoa contabilize três movimentos tecnicamente corretos. Entre cada uma das tentativas é concedido tempo hábil para a recuperação do voluntário (Figura 1.2).



Figura 1.2. Ilustração do teste de salto horizontal.

LABEX TESTE (capacidade de realizar esforços máximos repetidamente): O LABEX-TESTE, se caracteriza pela realização de um número indeterminado de tiros (corridas curtas em máxima velocidade) de 30 metros, intercalados por 20 segundos de pausa ativa (trote leve durante o retorno à posição de saída). O percurso da corrida é monitorado por um conjunto de células fotoelétricas, posicionadas de 6 em 6 metros (Figura 1.3).

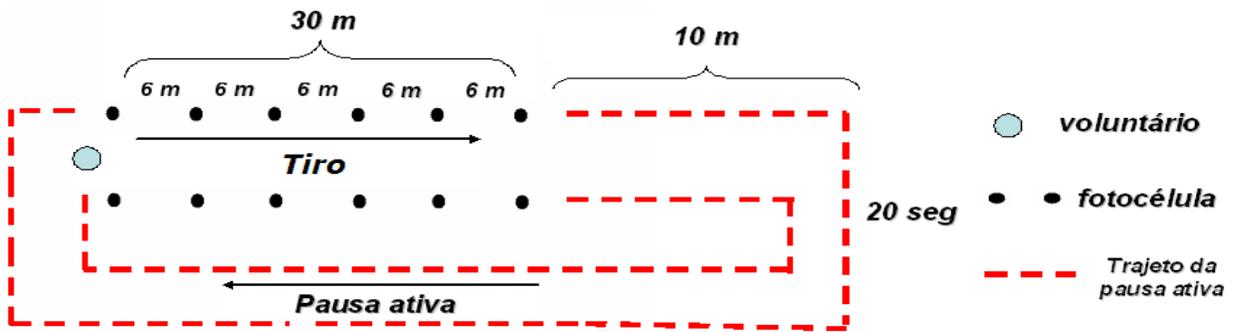
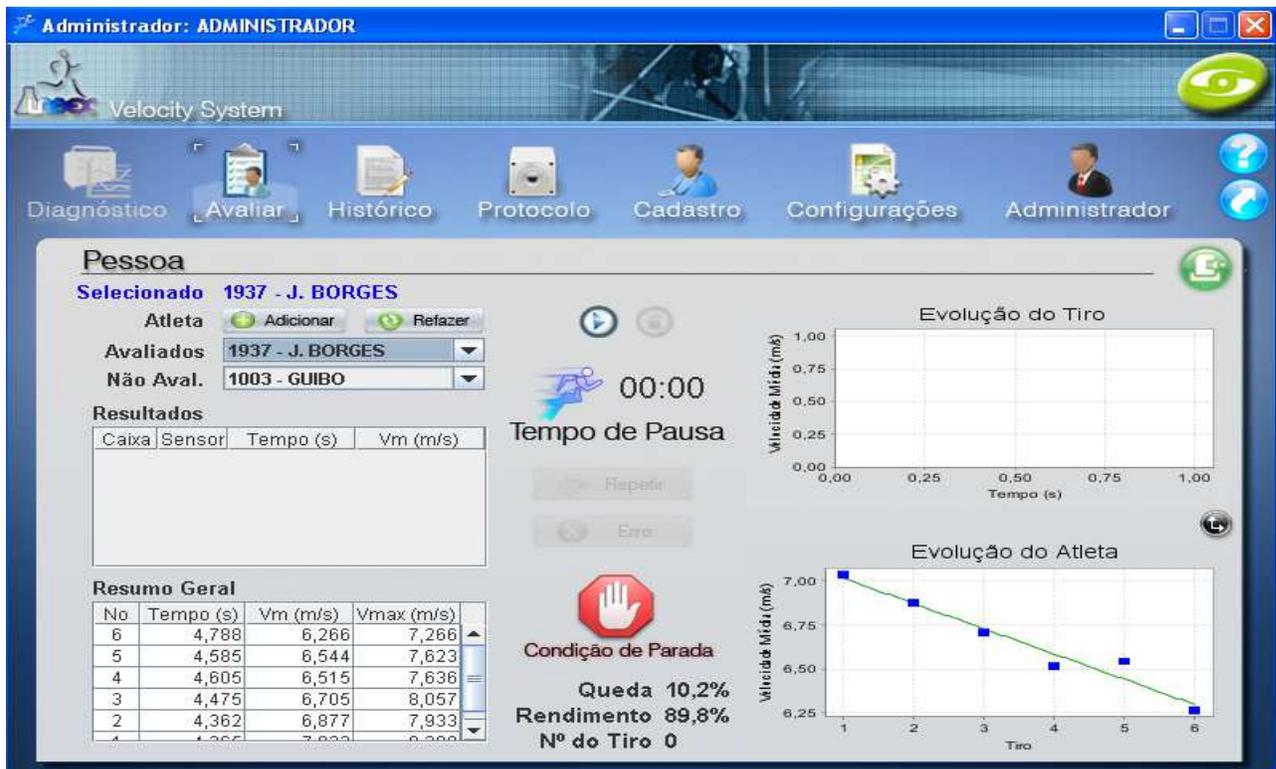


Figura 1.3. Esquema ilustrativo referente ao LABEX-TESTE. O voluntário realiza um tiro de máxima intensidade durante os 30 metros monitorados por células fotoelétricas posicionadas de 6 em 6 metros. Os 10 próximos metros destacados na ilustração são destinados a desaceleração do indivíduo. Cada tiro é intercalado por 20 segundos de pausa ativa, trote leve pelo percurso tracejado em vermelho. Ao retornar a posição inicial o voluntário efetua um novo tiro. O teste tem seu término quando o voluntário apresentar uma queda de 10% em relação a sua velocidade inicial.

Todo o conjunto de fotocélulas é acoplado a um computador com o software Velocity System, desenvolvido pelo LABEX em colaboração com a empresa Match Report. Tal programa grava todas as informações e fornece na tela, em tempo real, a velocidade média referente a cada tiro, o gráfico da evolução desta velocidade em função dos tiros realizados e a reta de regressão linear correspondente a esta evolução. A cada tiro realizado pelo voluntário, a reta de regressão é recalculada levando em conta todos os pontos dispersos no gráfico (Figura 1.4). O teste tem seu final estabelecido quando o voluntário apresentar uma queda referente a 10% da sua velocidade inicial. Desta forma, a intenção do teste é diferenciar sujeitos a partir do número de tiros realizados.



Tempo (segundos), velocidade média e velocidade máxima (m/s), contabilizados nos 30 metros de percurso a cada tiro. Neste exemplo o indivíduo realizou um total de 6 tiros.

Percentual de queda da velocidade no decorrer dos tiros efetuados em relação a velocidade inicial. No exemplo acima, 10,2% de queda na performance.

Gráfico da velocidade média (m/s) em função do número de tiros e reta de regressão linear, recalculada automaticamente a cada tiro.

Figura 1.4. Ilustração referente à tela de avaliação do programa Velocity System. As setas em cinza indicam as principais informações fornecidas pelo software, como: velocidade média de cada tiro, número de tiros realizados, percentual de queda da velocidade e gráfico da evolução da velocidade em função dos tiros efetuados.

Conhecidas as distâncias e os tempos intermediários fornecidos pela fotocélula é possível calcular outras variáveis além daquelas já fornecidas pelo programa Velocity System. Esta etapa é realizada em ambiente Matlab 7.0 após o término da coleta de dados. No Matlab é reproduzido o gráfico de velocidade média em 30 metros ao longo dos tiros realizados para cada um dos indivíduos (Figura 1.5). Desta forma é desenhada uma reta de regressão linear que se ajusta aos pontos referentes às velocidades do sujeito em cada um dos sprints efetuados. O valor da reta de regressão, para o eixo Y, quando X é igual a 1, corresponde a velocidade inicial do voluntário. Tendo a velocidade inicial é projetado o ponto no eixo X que corresponde a 10% de queda em relação a esta velocidade inicial (pontos em vermelho na figura 1.5). Desta forma

temos o número de tiros que cada sujeito realizou para 10% de queda em relação a sua velocidade inicial.

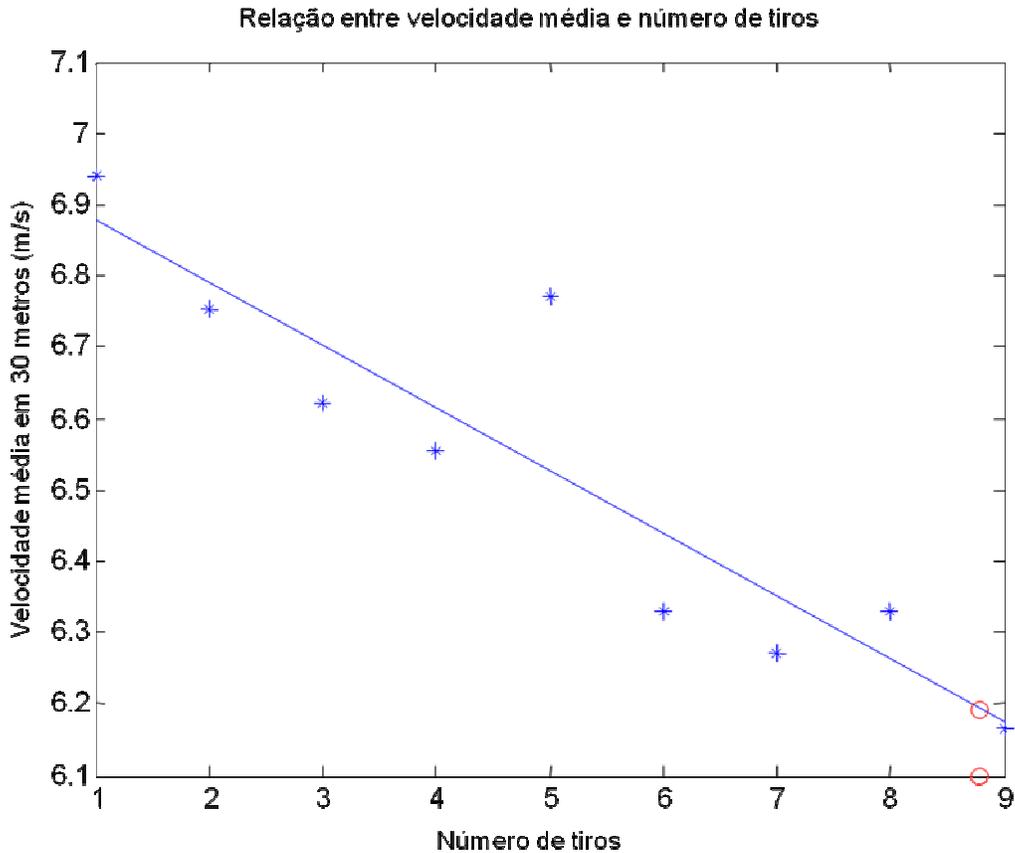


Figura 1.5. Relação entre velocidade média nos 30 metros (m/s) e número de tiros. Através da reta de regressão linear ajustada pelo método de quadrados mínimos, são conhecidas a velocidade inicial e o número de tiros para 10% de queda em relação à respectiva velocidade.

Outra variável extraída do LABEX TESTE é a aceleração média de 0 a 6 metros. Conhecida a distância, 6 metros, e o tempo gasto da fotocélula inicial até a segunda barreira fotoelétrica, é calculada a aceleração média, multiplicando a distância por 2 e dividindo o resultado pelo quadrado do tempo. Após este cálculo é realizado um gráfico semelhante à figura 1.5, porém inserindo no eixo Y a variável aceleração média de 0 a 6 metros. Assim temos a evolução da aceleração média ao longo dos tiros realizados pelos indivíduos. Traçando a reta de

regressão linear e calculando o respectivo coeficiente angular temos um indicativo de quanto de aceleração o sujeito está perdendo a cada tiro realizado.

1.1.2 Avaliações aplicadas pela STFM

Corrida de 3000 metros: O protocolo consiste em percorrer um trajeto de 3000 metros, asfaltado e plano no menor tempo possível. Grupos de aproximadamente 100 alunos partem juntos de uma linha inicial, sendo que a chegada acontece de forma a classificar os alunos por tempo (Figuras 1.6 e 1.7).



Figura 1.6. Início do teste de 3000 metros. Todos os alunos partem de um mesmo marco inicial e percorrem um percurso predeterminado de 3000 metros asfaltado e plano.



Figura 1.7. Término do teste de 3000 metros. Oficiais da STFM cronometrando o tempo de acordo com a ordem de chegada dos alunos.

Natação percurso de 50 metros: O teste consiste em uma travessia por uma piscina de 50 metros em estilo crawl. É aferido o tempo em segundos do percurso (Figura 1.8).



Figura 1.8. Teste natação 50 metros. Cada aluno deve atravessar a piscina uma vez, totalizando um percurso de 50 metros em estilo crawl.

Flexão e extensão de cotovelo no solo: O aluno deve iniciar o teste em decúbito ventral, mantendo-se apoiado apenas na ponta dos pés e nas palmas das mãos. O protocolo de avaliação se baseia em efetuar o maior número de repetições dos movimentos de flexão e extensão de cotovelos (Figura 1.9).



Figura 1.9. Avaliação de flexão e extensão do cotovelo. O protocolo de avaliação consiste em efetuar o maior número de repetições dos movimentos de flexão e extensão dos cotovelos.

Flexão e extensão de cotovelo em barra fixa: O aluno deve iniciar o teste pendurado sob uma barra afixada a certa altura que permita o voluntário perder completamente o contato com o solo. Nesta posição, com os cotovelos em extensão e com os pés sem tocar o solo o aluno deve realizar o maior número de repetições do movimento de flexão dos cotovelos. A execução completa do movimento consiste em elevar o queixo a uma altura que ultrapasse a barra.

Abdominais: Deitado sobre o solo em decúbito dorsal, joelhos semi flexionados e com as mãos apoiadas na parte posterior do pescoço (região cervical), o aluno deve flexionar o tronco até que este perca completamente o contato com o solo. Desta forma, é contabilizado o número de repetições deste movimento realizado por cada aluno.

Composição corporal: Para aferição da composição corporal são aferidos, o peso, a altura e as dobras cutâneas do tríceps, suprailíaca e abdominal de cada indivíduo. A partir destas informações são calculados o percentual de gordura, o IMC, a massa isenta de gordura e a massa gorda (GUEDES, 1985).

1.3 Logística e procedimentos adotados antes da semana de avaliações físicas

O grupo de aproximadamente 500 estudantes que compõe a Escola Preparatória de Cadetes do Exército é organizado em três subgrupos denominados Companhias de alunos (Cia). Cada Cia é composta por cinco pelotões de mais ou menos 33 alunos cada. Desta forma os pelotões de 1 a 5 formam a 1ª Cia de alunos, os pelotões de 6 a 10 a 2ª Cia e os demais pelotões 11 a 15 compõem a 3ª Cia.

A rotina de avaliações aplicadas pelo LABEX e pela STFM tem em média a duração de cinco dias (segunda a sexta-feira). O período reservado as avaliações físicas se restringe a duas horas por dia, das 16 as 18 horas. Apenas a composição corporal é realizada pela madrugada antes dos alunos iniciarem a formalidade de apresentação para o café da manhã.

Em uma semana de avaliação, são aplicados oito testes físicos diferentes além da aferição da composição corporal. Por se tratar de um número razoável de avaliações, aplicadas em uma amostra numerosa, o planejamento da semana se inicia com uma reunião entre LABEX e STFM. Na reunião é realizada uma divisão dos 15 pelotões nos 5 dias da semana, de forma que seja respeitado um intervalo mínimo de 48 horas de recuperação entre os testes mais desgastantes. Por parte do LABEX, são avaliados três pelotões por dia, nos três testes físicos designados ao laboratório, totalizando aproximadamente 100 sujeitos durante as duas horas de avaliações.

São três os testes físicos de responsabilidade do LABEX, arremesso de medicine ball, salto horizontal e o LABEX-TESTE. Desta forma são montadas três estações contendo em cada uma delas no mínimo dois avaliadores do LABEX, um para aplicar o teste e outro para registrar o resultado obtido e algum imprevisto ocorrido durante a avaliação (Figura 1.10).

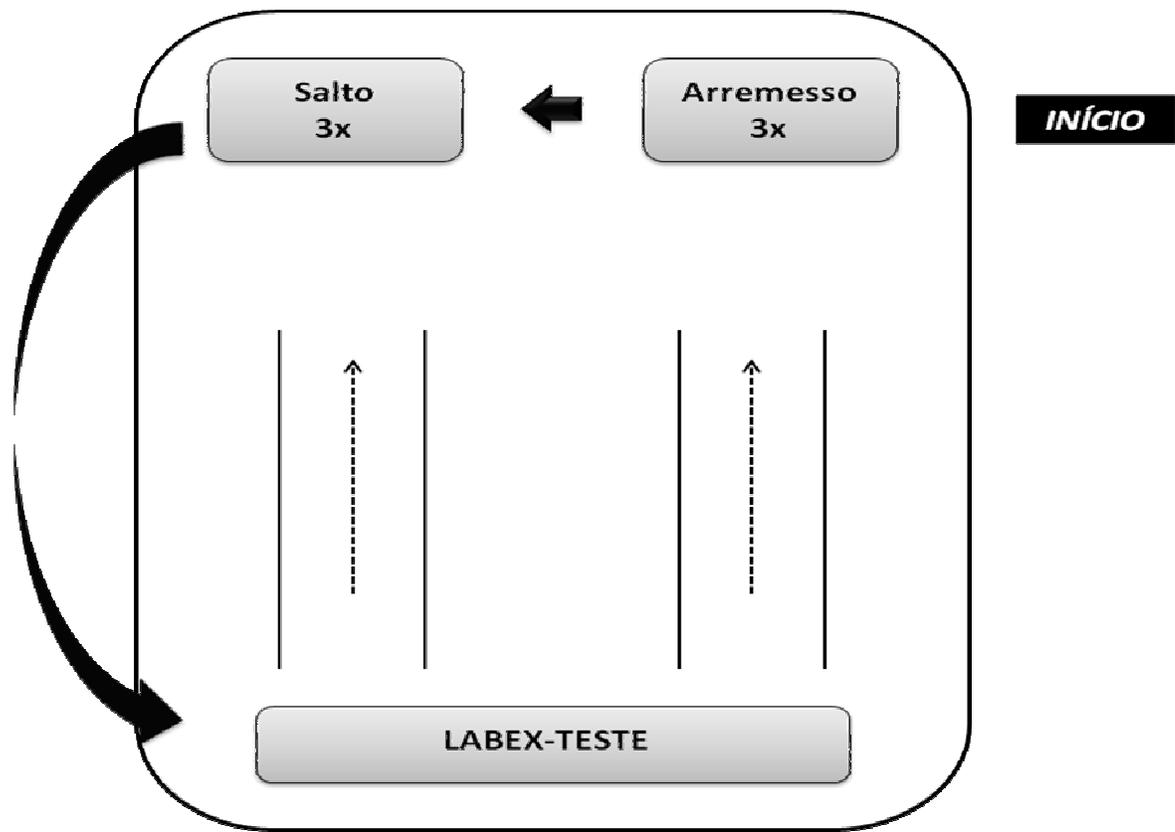


Figura 1.10. Esquema da seqüência em que ocorrem as avaliações físicas do LABEX. Inicialmente os alunos se posicionam em fila esperando sua vez de iniciar o circuito de avaliações. A primeira avaliação consiste no arremesso de medicine ball. Após concluída esta estação o aluno segue para o teste de salto horizontal. Por fim, o aluno termina as avaliações realizando o LABEX-TESTE.

Após a decisão de quais pelotões serão avaliados em cada dia, o LABEX recebe um arquivo, em Microsoft Excel, contendo as identidades nominais e numéricas, de todos os alunos integrantes da EsPCEEx. A partir desta lista são geradas algumas planilhas nas quais serão anotados os resultados dos alunos em cada um dos testes físicos. Neste momento preparatório, além da confecção das planilhas são testados todos os equipamentos utilizados durante as coletas como computadores e células fotoelétricas. Também faz parte do planejamento inicial a divisão de tarefas entre o grupo de avaliadores do LABEX, sendo decidido neste momento as responsabilidades de cada um dos membros.

1.4 Procedimentos adotados durante a semana de avaliações físicas

Neste tópico serão apresentados os procedimentos adotados pelos avaliadores do LABEX durante uma semana de avaliações físicas, indicando a dinâmica de atividades que envolvem o grupo de avaliadores neste período.

Como descrito anteriormente, todas as avaliações são realizadas no período da tarde, das 16 às 18 horas. Após o término de um dia de avaliações, todas as planilhas contendo os resultados dos alunos são salvas e discriminadas por teste e data de realização. Os testes de arremesso de medicine ball e salto horizontal tem seus resultados digitados diretamente nas planilhas, em Microsoft Excel, durante a execução da avaliação. Já o LABEX TESTE, por possuir um programa específico para sua realização, necessita ter seus resultados exportados do software Velocity System, para as planilhas em Microsoft Excel. Todo este procedimento é bastante simples e automatizado.

No dia posterior a uma seção de avaliação, pela manhã, todos os dados salvos, relativos ao dia anterior, são retomados para uma verificação inicial. Neste momento o principal objetivo é checar a consistência dos resultados obtidos. Faz parte deste processo, detectar outliers observando os valores máximos e mínimos de cada variável, averiguar a ocorrência de possíveis erros de digitação e verificar a incidência de problemas durante as avaliações. Desta forma, todo dia pela manhã o conjunto de dados passa por esta análise preliminar. Após a semana de avaliações as planilhas correspondentes a cada dia são reunidas em arquivo único de acordo com o teste aplicado.

1.5 Procedimentos adotados após a semana de avaliações físicas

Com o término de uma semana de avaliações, todos os dados provenientes, tanto das avaliações conduzidas pela STFM, como dos testes aplicados pelo LABEX, convergem para os pesquisadores do laboratório. Em posse de todo o conjunto de dados, as avaliações da STFM passam pelo mesmo controle inicial aplicado aos dados coletados pelo LABEX (formatação das planilhas, coerência entre os valores coletados, verificação de dados faltantes, construção de cabeçalhos, etc.)

Após esta etapa todo o conjunto de dados é importado para o ambiente Matlab[®] 7.0, software de matemática, estatística e representação gráfica, no qual serão programados todos os procedimentos subsequentes.

1.6 Resultados preliminares

Principalmente nos anos de 2007 e 2008, um grande esforço foi empregado no sentido de conhecer a estrutura dos dados brutos coletados e automatizar as rotinas destinadas a: transformações, cálculo de variáveis, elaboração de gráficos e organização de todo este conjunto de informações. Atualmente dos 9 protocolos de avaliação aplicados, nos mais de 500 alunos da EsPCEX, são gerados mais de 45 variáveis, que caracterizam cada um dos indivíduos. Levando-se em conta o acompanhamento longitudinal proposto, três momentos de avaliações no decorrer do ano, o volume de informação obtida é bastante grande. Abaixo iremos apresentar na tabela 1.1, os valores de média e desvio padrão de selecionados de algumas das medições realizadas nos anos de 2009 e 2010, período em que esta dissertação se desenvolveu.

Tabela 1.1 Tabela contendo os valores de média e desvio padrão de algumas variáveis coletadas ao longo do ano nas turmas de 2009 e 2010 da EsPCEX.

	<i>Fev 2009</i> <i>Média ± DP</i>	<i>Fev 2010</i> <i>Média ± DP</i>	<i>Jun 2009</i> <i>Média ± DP</i>	<i>Mai 2010</i> <i>Média ± DP</i>	<i>Out 2009</i> <i>Média ± DP</i>	<i>Out 2010</i> <i>Média ± DP</i>
T3000 (minutos)	13.68 ± 1.20	14.05 ± 1.31	12.69 ± 0.81	12.59 ± 0.74	12.64 ± 1.21	12.52 ± 0.79
V30 (m/s)	6.91 ± 0.36	6.86 ± 0.38	6.72 ± 0.35	6.69 ± 0.37	6.72 ± 0.36	6.65 ± 0.36
Ntiros	4.18 ± 1.22	3.95 ± 1.19	5.68 ± 2.37	5.84 ± 3.53	5.63 ± 2.38	5.32 ± 2.40
A0a6 (m/s²)	8.69 ± 1.06	8.98 ± 1.08	8.30 ± 0.82	8.33 ± 0.91	8.25 ± 0.90	8.00 ± 0.92
CAA0a6 (m/s²)	-0.44 ± 0.32	-0.47 ± 0.31	-0.31 ± 0.26	-0.33 ± 0.28	-0.29 ± 0.24	-0.31 ± 0.27
Salto (m)	1.61 ± 0.19	1.67 ± 0.21	1.60 ± 0.18	1.62 ± 0.21	1.64 ± 0.19	1.67 ± 0.19
Peso (kg)	68.80 ± 8.71	69.88 ± 9.40	69.50 ± 7.73	70.29 ± 8.01	NaN	NaN

T3000 = Tempo na corrida de 3000 metros.

V30 = Velocidade média inicial ajustada em 30 metros no LT.

Ntiros = Número de tiros no LT.

A0a6 = Aceleração média de 0 a 6 metros inicial ajustada no LT.

CAA0a6 = Coeficiente angular da Aceleração média de 0 a 6 metros ao longo do LT.

Salto = Maior valor aferido no salto horizontal.

Peso = Peso do voluntário em quilogramas.

Nestes anos de parceria entre LABEX e EsPCEX, várias dificuldades emergiram, trazendo inúmeras discussões e idéias acerca de possíveis resoluções para as mesmas. Alguns destes desafios surgiram de necessidades da própria EsPCEX e ajudaram a compor o pano de fundo das investigações deste trabalho, como será abordado nos próximos capítulos.

1.7. Referências

MARKOVIC, G., DIZDAR, D., JUKIC, I., CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **Journal of Strength Conditioning Research**, 18(3): 551-5, 2004.

SALONIA, M. A., CHU, D. A., CHEIFETZ, P. M., FREIDHOFF, G. C. Upper-body power as measured by medicine-ball throw distance and its relationship to class level among 10- and 11-year-old female participants in club gymnastics. **Journal of Strength Conditioning Research** 18(4): 695-702, 2004.

GUEDES, D. P. Estudo da gordura corporal através da mensuração dos valores de densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários. 1985. 227 f. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 1985

Capítulo 2 – Aplicativo LABEX de Avaliação Física

Introdução

O processo de treinamento físico pode ser sumarizado em uma relação de dose-resposta. O stress fisiológico proporcionado pela carga de treinamento aplicada é considerado a ‘dose’, já a adaptação oriunda do treinamento representa a ‘resposta’. Neste sentido, a ‘resposta’ pode ser acessada, seja mensurando as alterações no desempenho do indivíduo, ou quantificando diretamente as adaptações fisiológicas provocadas pelo exercício (LAMBERT, 2010). O controle dos efeitos do treinamento no desempenho atlético é muitas vezes realizado por avaliações físicas, aplicadas durante momentos específicos da periodização esportiva.

O monitoramento longitudinal de diferentes parâmetros fisiológicos e de desempenho pode gerar um grande volume de dados, especialmente quando se trabalha com amostras numerosas. A visualização gráfica destas informações permite explorar de forma preliminar este conjunto de dados. Para técnicos esportivos este processo pode facilitar a interpretação dos efeitos ocasionados pelo exercício, e avançar nas relações entre treinamento, desempenho e saúde do praticante.

Conceitos básicos de estatística e análise de dados são ferramentas que auxiliam na análise de qualquer conjunto de informações quantitativas. Contudo, a incorporação destes recursos à rotina de monitoramento e controle do desempenho ainda é rara. Esforços no sentido de aproximar técnicos e praticantes destas ferramentas estatísticas são um desafio necessário principalmente em trabalhos com grandes grupos, pois pode trazer grande auxílio na interpretação dos resultados.

O objetivo deste trabalho é apresentar um software, chamado Aplicativo Labex de Avaliação Física, capaz de facilitar a visualização e o gerenciamento de uma grande base de dados quantitativos. Pretende-se com este software: auxiliar na observação dos reais efeitos do treinamento físico no desempenho, propiciar informação individualizada e colaborar para a seleção de indivíduos de interesse.

Uma síntese deste capítulo foi apresentada no Encontro Anual da Sociedade Internacional de Biomecânica dos Esportes, realizada de 27 de junho a 1 de julho na cidade do

Porto, Portugal. A publicação no periódico Portuguese Journal of Sport Sciences, originada desta apresentação se encontra disponível na internet (REIS, 2011). Além da publicação, o registro do software frente à agência de inovação da Unicamp (INOVA) já está em andamento.

Materiais e Métodos

A base de dados utilizada no software, Aplicativo Labex de Avaliação Física, é composta por avaliações físicas de 526 alunos ingressantes na Escola Preparatória de Cadetes do Exército brasileiro. Todos os sujeitos foram avaliados em três momentos distintos, fevereiro, maio e outubro de 2010. Nove testes físicos foram aplicados em cada um destes momentos. No total mais de 45 variáveis foram quantificadas, correspondendo a diferentes capacidades físicas como força, velocidade e resistência, além da composição corporal dos alunos. Deste conjunto, 21 variáveis foram inseridas no software. Esta seleção foi realizada para que no aplicativo não houvesse conteúdo redundante ou pouco informativo para um usuário leigo.

Inicialmente todos os dados são tabulados e organizados em Microsoft Excel. Isto se deve por este ser um programa bastante difundido e diversos aparelhos, softwares e hardwares, exportam dados neste formato. Após tabulação, é verificada a coerência entre os valores registrados e a correspondência destes com as identidades dos sujeitos avaliados. Depois desta organização inicial, todos os dados são importados para o ambiente Matlab® 7.0 onde o software foi desenvolvido. Apesar de ter sido desenvolvido neste ambiente, o programa foi compilado podendo ser executado em qualquer computador com Microsoft Windows. Para o uso do aplicativo, é necessário a instalação do Matlab Component Runtime, fornecido gratuitamente pela MathWorks.

A lógica deste aplicativo é escolher duas variáveis quaisquer para comparação. Cada variável selecionada será inserida em um dos eixos de um gráfico de dispersão bidimensional, onde cada ponto contido no gráfico se refere ao resultado de um sujeito avaliado em ambas as variáveis. A partir daí, uma série de funções são colocadas a disposição do usuário para que o mesmo possa interagir com o gráfico realizado.

1. *Grupo*: Permite analisar subgrupos predefinidos (por exemplo, equipes de diferentes modalidades).

2. *Identificar*: Habilita o cursor do mouse, para que com um clique, seja conhecida a identidade do sujeito que correspondente ao ponto de interesse.
3. *Procurar*: Circula em vermelho o ponto correspondente a um sujeito pré-selecionado.
4. *Valor*: Abre uma janela contendo os valores medidos das coordenadas x e y de um ponto, o que corresponde aos resultados obtidos nas avaliações pelo sujeito apontado.
5. *Linha Identidade*: Traça no gráfico uma reta de coeficiente angular igual a 1 e coeficiente linear igual a 0. Esta linha representa os valores idênticos nos dois eixos.
6. *Tendência*: Ajusta uma reta de regressão linear segundo o critério de quadrados mínimos.
7. *Quadrantes*: Traça duas retas, indicando os valores referentes aos valores medianos de cada uma das variáveis.
8. *Zoom*: Permite ampliar uma região do gráfico.

Resultados

Como resultados, iremos ilustrar o funcionamento do referido software através de alguns exemplos de sua utilização, explicando cada uma de suas funções. Ao iniciar o programa uma janela inicial é aberta como mostra a figura 2.1. Nela é possível iniciar a utilização do aplicativo, clicando no botão *INICIAR*, ou obter maiores informações a respeito da *EQUIPE* envolvida no desenvolvimento deste software.



Figura 2.1. Tela inicial do Aplicativo LABEX de avaliação física.

Ao clicar em iniciar e prosseguir com o funcionamento do aplicativo, uma nova janela se abre indicando os momentos de avaliação e as variáveis disponíveis em cada um destes períodos (figura 2.2). Nota-se que as variáveis estão divididas em grupos, denominadas bases, que variam de 1 a 4.

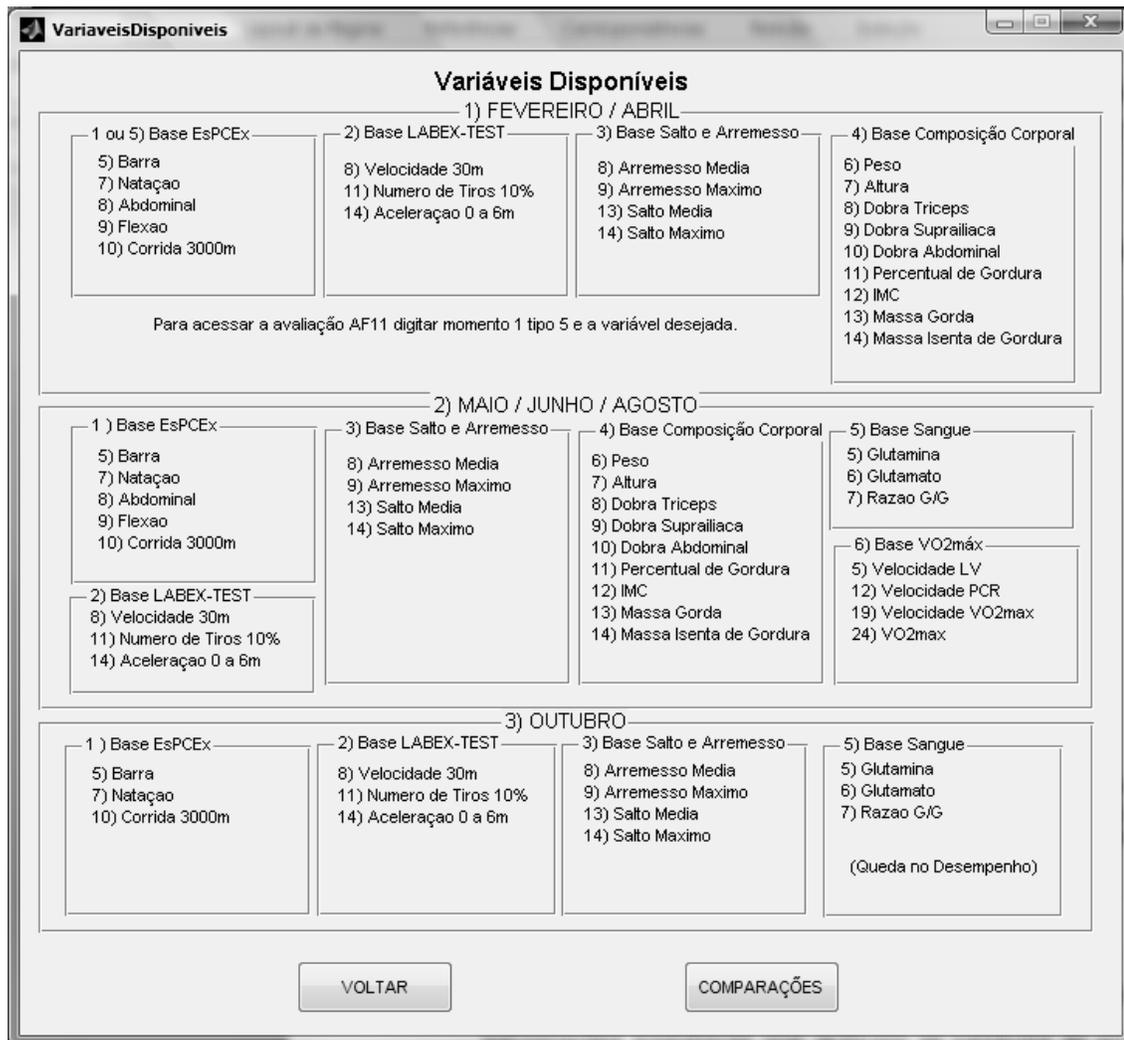


Figura 2.2. Seqüência do funcionamento do aplicativo, tela de visualização de variáveis. As diversas variáveis coletadas em cada um dos momentos de avaliação são divididas em subgrupos, chamadas bases. Neste exemplo, temos três momentos de avaliação, com as respectivas bases e variáveis disponíveis para comparação. Cada momento, base ou variável possui uma identificação numérica que a caracteriza.

Ao clicar no ícone *COMPARAÇÕES*, na parte inferior direita da janela de visualização de variáveis, um menu é aberto para que o usuário entre com as informações numéricas que indicam as variáveis de seu interesse. Cabe ao usuário escolher duas variáveis

diferentes, em qualquer um dos momentos ou base de dados disponível. Como as informações escolhidas pelo usuário serão inseridas em um gráfico de dispersão bidimensional, no menu de seleção há opções para colocar os códigos numéricos do momento, base e variável desejada, para os eixos X e Y respectivamente, como mostra a figura 2.3.

Figura 2.3. Menu para seleção de variáveis do Aplicativo LABEX de Avaliação Física. Fazem parte do menu seis janelas a serem completadas pelo usuário. Cada um dos campos deve ser preenchido com uma informação numérica contida na tela de visualização das variáveis, figura 2.2. Neste exemplo, para o eixo X, foi escolhido o momento 1, fevereiro, base de dados 2, informações advindas do LABEX TESTE e variável 8, referente à velocidade ajustada para o primeiro tiro. Já para o eixo Y, foi escolhido momento 1, fevereiro, base de dados 3, avaliações de salto horizontal ou arremesso de medicine ball e variável 14, maior distância das três tentativas realizadas para o salto horizontal.

Ao clicar em OK, informando o software acerca das variáveis escolhidas, em seguida é aberta uma janela, contendo uma área em branco destinada a realização do gráfico de dispersão. Nota-se que os eixos X e Y já possuem as descrições das variáveis e momentos escolhidos pelo usuário. Ao lado está disponível uma série de opções para que o usuário gerencie as informações de acordo com seu interesse, realizando não só o gráfico, como interagindo com o mesmo (Figura 2.4).

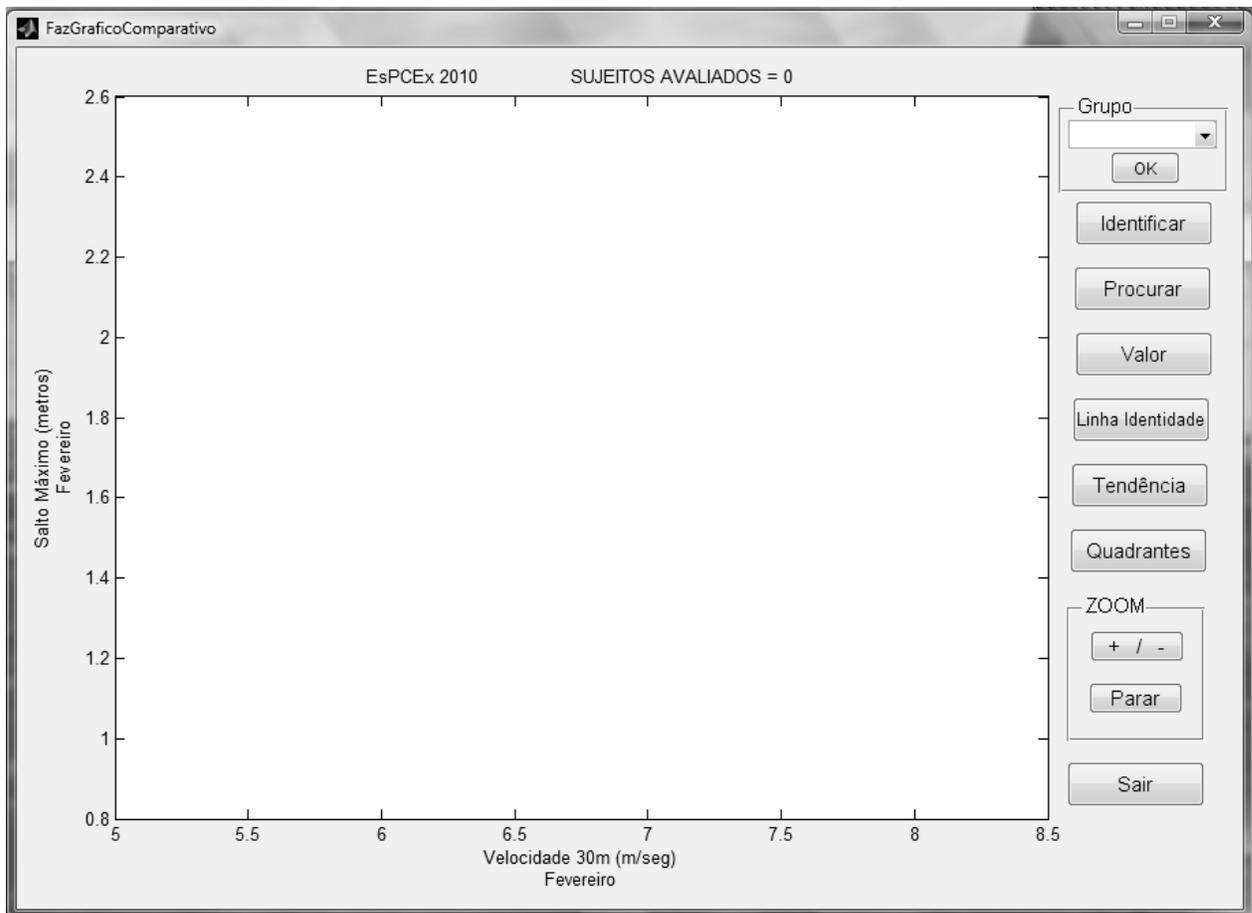


Figura 2.4. Tela do software destinada à realização do gráfico. Como escolhido, temos no eixo X, a velocidade em 30 metros (m/s) aferida no LABEX TESTE e no eixo Y, a distância mensurada no salto horizontal (m). Observa-se no canto direito da tela as opções colocadas a disposição do usuário para gerenciar as informações previamente escolhidas.

Neste momento é necessário escolher o grupo de sujeitos de interesse. No exemplo atual temos as opções *TODOS SUJEITOS* e cada um dos 15 pelotões que integram a EsPCEx (Figura 2.5). Após escolher o grupo e clicar em OK, o gráfico é realizado. Cada um dos pontos dispersos no gráfico corresponde a um sujeito avaliado em ambos os testes, neste caso 483 alunos, uma vez que a opção *TODOS SUJEITOS* foi escolhida (Figura 2.6).

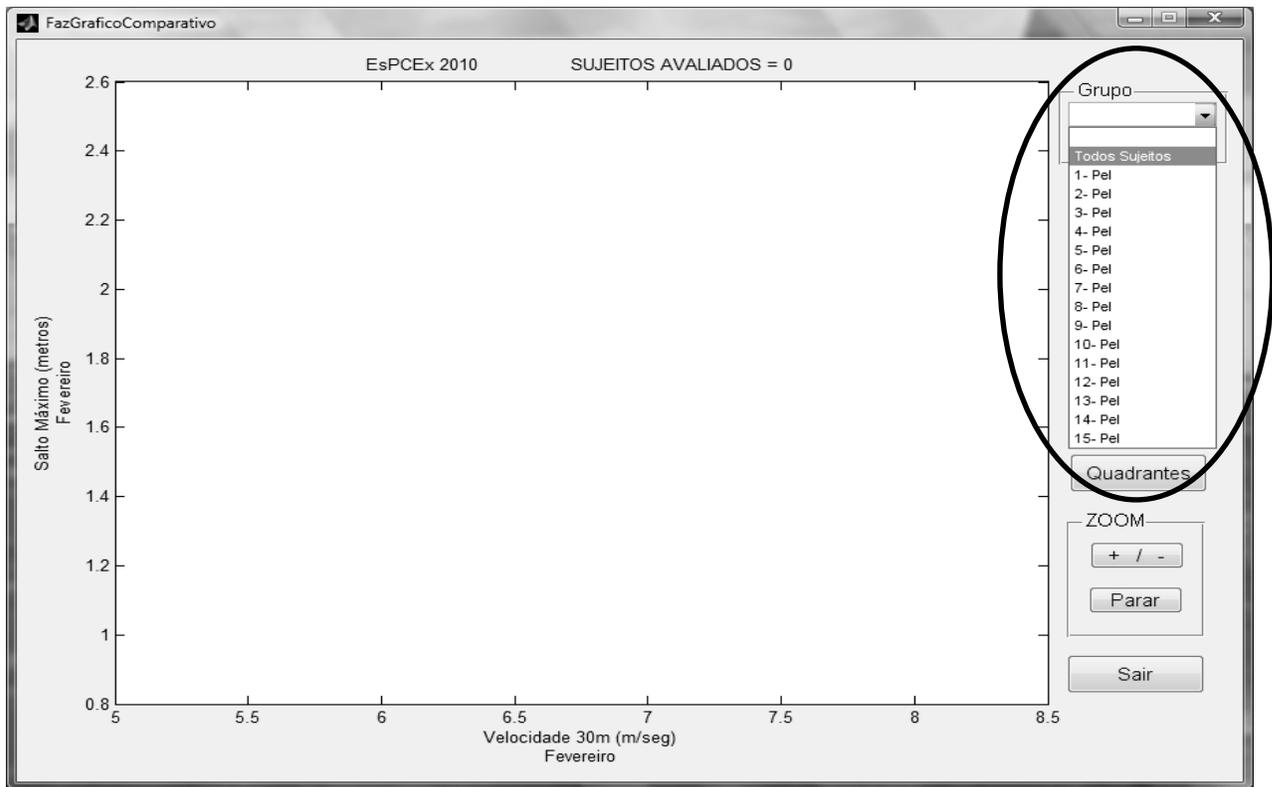


Figura 2.5. Opções de grupos para realização do gráfico de dispersão.

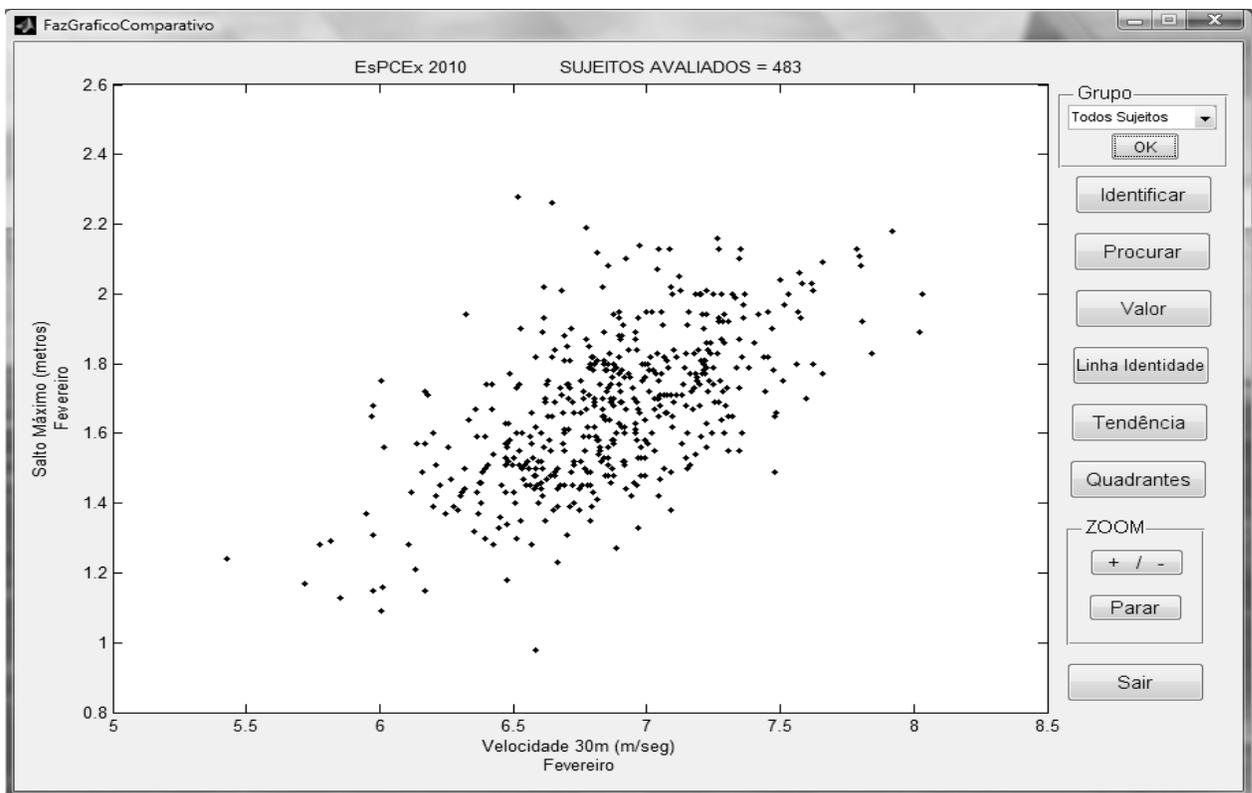


Figura 2.6. Realização do gráfico para os 483 sujeitos avaliados em ambas as variáveis.

Uma vez realizado, é possível que o usuário interaja com o gráfico. Neste exemplo estamos trabalhando com duas variáveis distintas, coletadas no mês de fevereiro. Ao clicarmos em *QUADRANTES* é desenhado no gráfico duas retas que representam o valor das medianas, de todo o grupo inserido no gráfico, para ambas variáveis (figura 2.7).

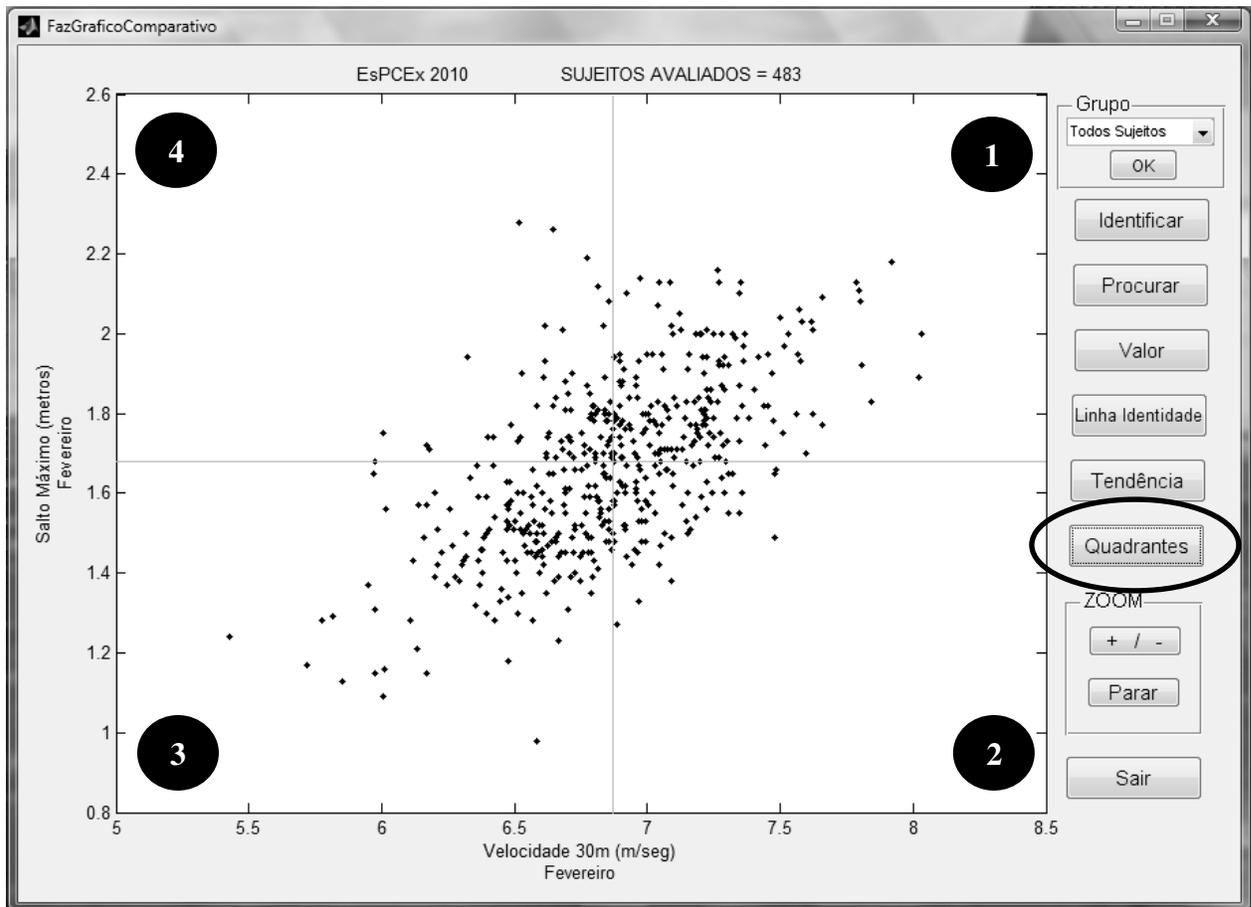


Figura 2.7. Utilização da função *QUADRANTES*. Ao clicar no botão correspondente, são traçadas duas retas que se referem ao valor das medianas para ambas as variáveis, em relação ao grupo escolhido. Observam-se quatro regiões delimitadas pelas linhas medianas. 1-região dos alunos que possuem resultado acima da mediana para ambas variáveis. 2-região com os alunos acima da mediana para o eixo X e abaixo da mediana para eixo Y. 3-região dos alunos abaixo da mediana nas duas variáveis. 4-região dos alunos acima da mediana para o eixo Y e abaixo da mediana para eixo X.

A utilização deste recurso faz com que a área do gráfico seja dividida em quatro quadrantes, tendo como referência as linhas de mediana. Desta forma torna-se bastante visual os quadrantes com sujeitos proeminentes nas duas variáveis analisadas região 1 e daqueles com desempenho abaixo da mediana nas duas quantificações, região 3.

Objetivando-se reconhecer algum destes pontos é possível habilitar a função *IDENTIFICAR*. Assim, clicando com o botão direito do mouse sobre qualquer ponto de interesse é revelada a identidade do aluno correspondente ao ponto desejado (figura 2.8).

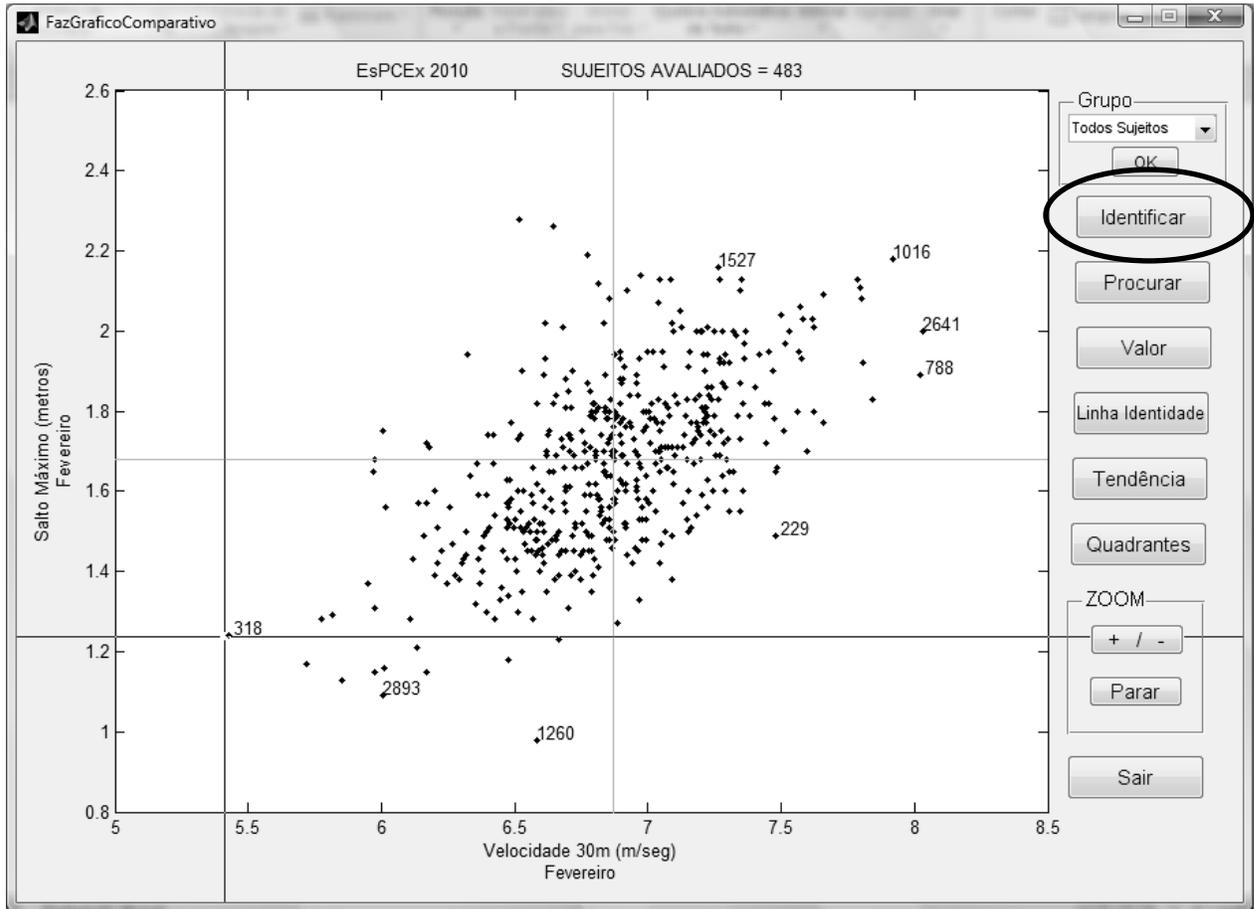


Figura 2.8. Aplicação da função *IDENTIFICAR*. Habilita-se o cursor do mouse para que com um clique seja descoberta a identidade de qualquer um dos pontos representados no gráfico. Neste exemplo diversas identidades foram reveladas.

Contudo, é perceptível que a região central do gráfico apresenta uma densidade mais elevada de pontos, o que dificulta identificar com um clique determinado ponto em específico. Pensando nesta dificuldade foi criada a função *ZOOM*, que permite aproximar uma determinada região do gráfico, facilitando a observação e discriminação de pontos próximos.

Ainda no mesmo exemplo, nota-se que há certa tendência na distribuição dos pontos presentes no gráfico. A função *TENDÊNCIA* traça uma reta de regressão linear segundo o critério de quadrados mínimos. O desenho desta reta torna mais visual a relação entre as variáveis

estudadas. Neste caso nota-se que sujeitos com boas velocidades em 30 metros tentem a apresentar um bom desempenho também no teste de salto horizontal (figura 2.9).

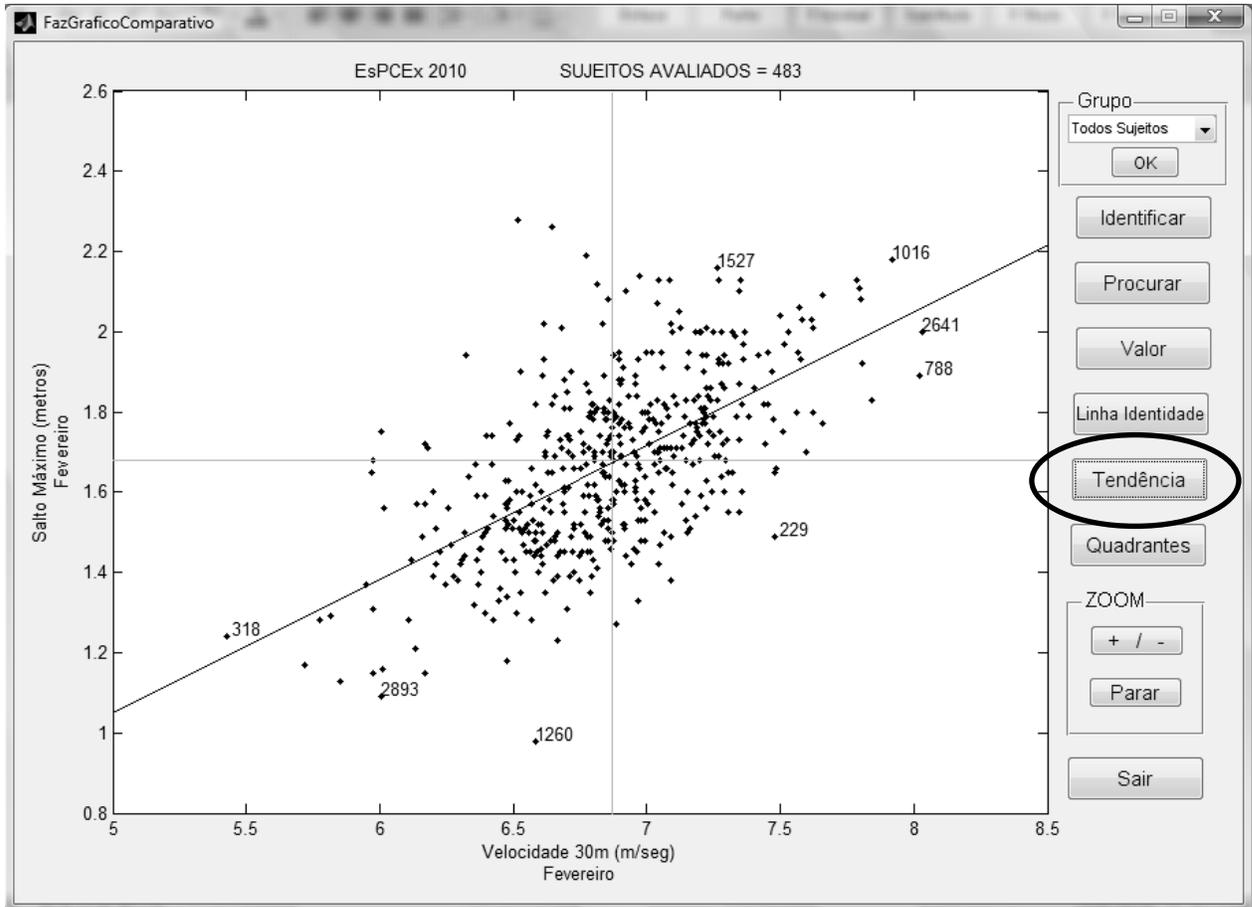
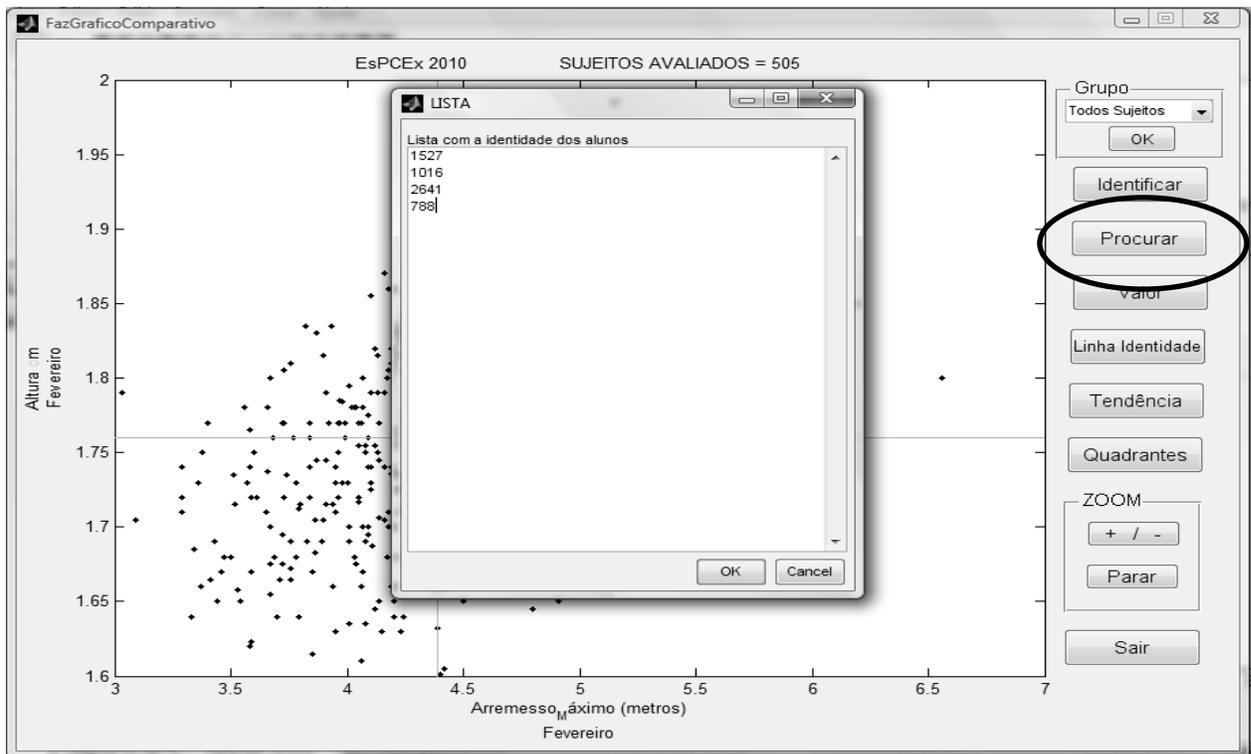


Figura 2.9. Aplicação da função *TENDÊNCIA*. É traçado no gráfico uma reta de regressão linear segundo o critério de quadrados mínimos. Esta função torna visual a relação existente entre as duas variáveis apresentadas no gráfico.

Foram identificados no gráfico acima quatro sujeitos com bom desempenho nas variáveis, velocidade em 30 metros e salto horizontal. Imaginando que o usuário deseje conhecer o resultado destes quatro indivíduos em outras avaliações, foi desenvolvida a função *PROCURAR*, para que entrando com as identidades de interesse, o programa procure pelos voluntários e circule os pontos referentes aos mesmos em outros gráficos. No exemplo das figuras 2.10 e 2.11, iremos buscar as identidades dos alunos 1527, 1016, 2641 e 788 no gráfico de arremesso de medicine ball e altura, ambos coletados em fevereiro.



Figuras 2.10. Ao clicar na função *PROCURAR* abre-se uma janela para que o usuário entre com as identidades desejadas, no caso alunos 1527, 1016, 2641 e 788.

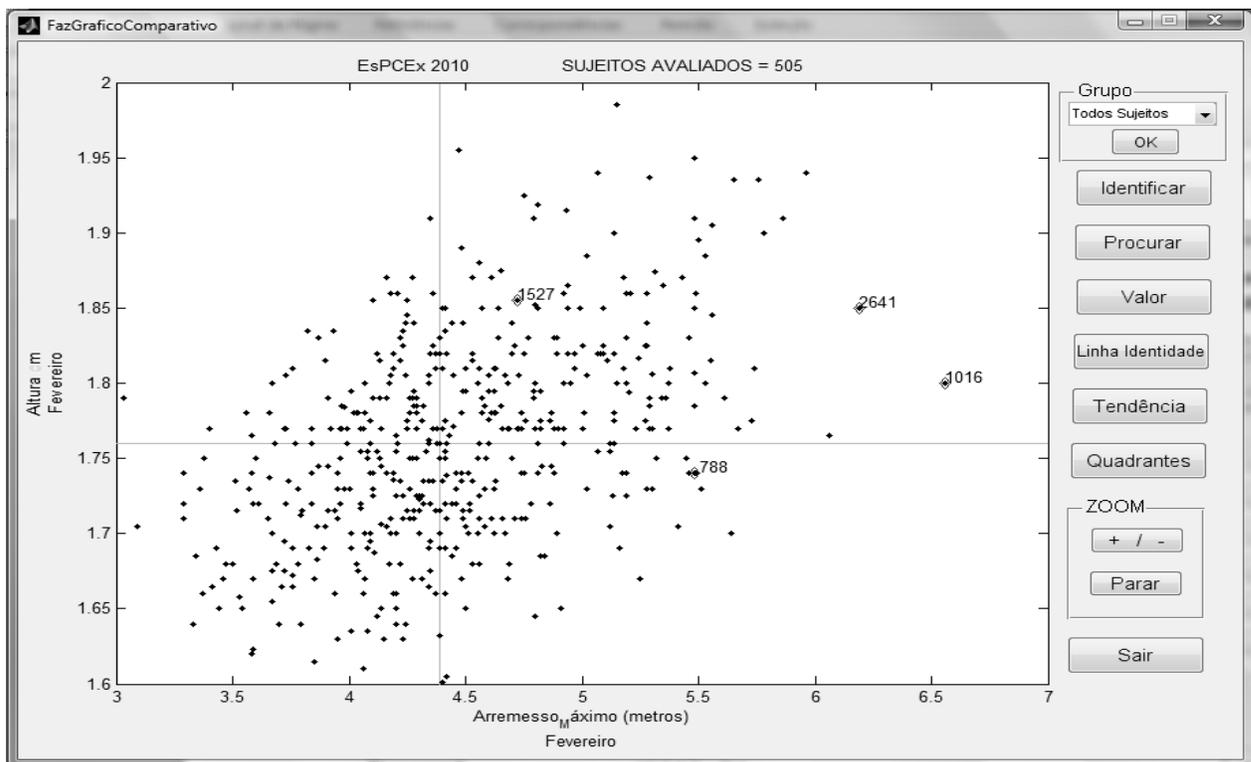


Figura 2.11. Pontos referentes aos respectivos alunos aparecem circulado no gráfico.

Uma alternativa especialmente interessante oferecida pelo aplicativo é comparar a mesma variável em dois momentos de coleta diferentes. A intenção neste caso é observar os indivíduos que responderam bem ou não ao período de treinamento proposto. No exemplo da figura 2.12, iremos comparar o desempenho dos alunos no teste de 3000 metros em fevereiro eixo X e maio, eixo Y. Para facilitar a comparação entre uma mesma variável em momentos distintos de aferição, foi incorporada a função *LINHA IDENTIDADE*. Este recurso traça uma linha de coeficiente angular igual a 1 e intercepto igual a 0, dividindo o gráfico de forma diagonal. O trajeto da linha corresponde aos valores equivalentes em ambos os eixos.

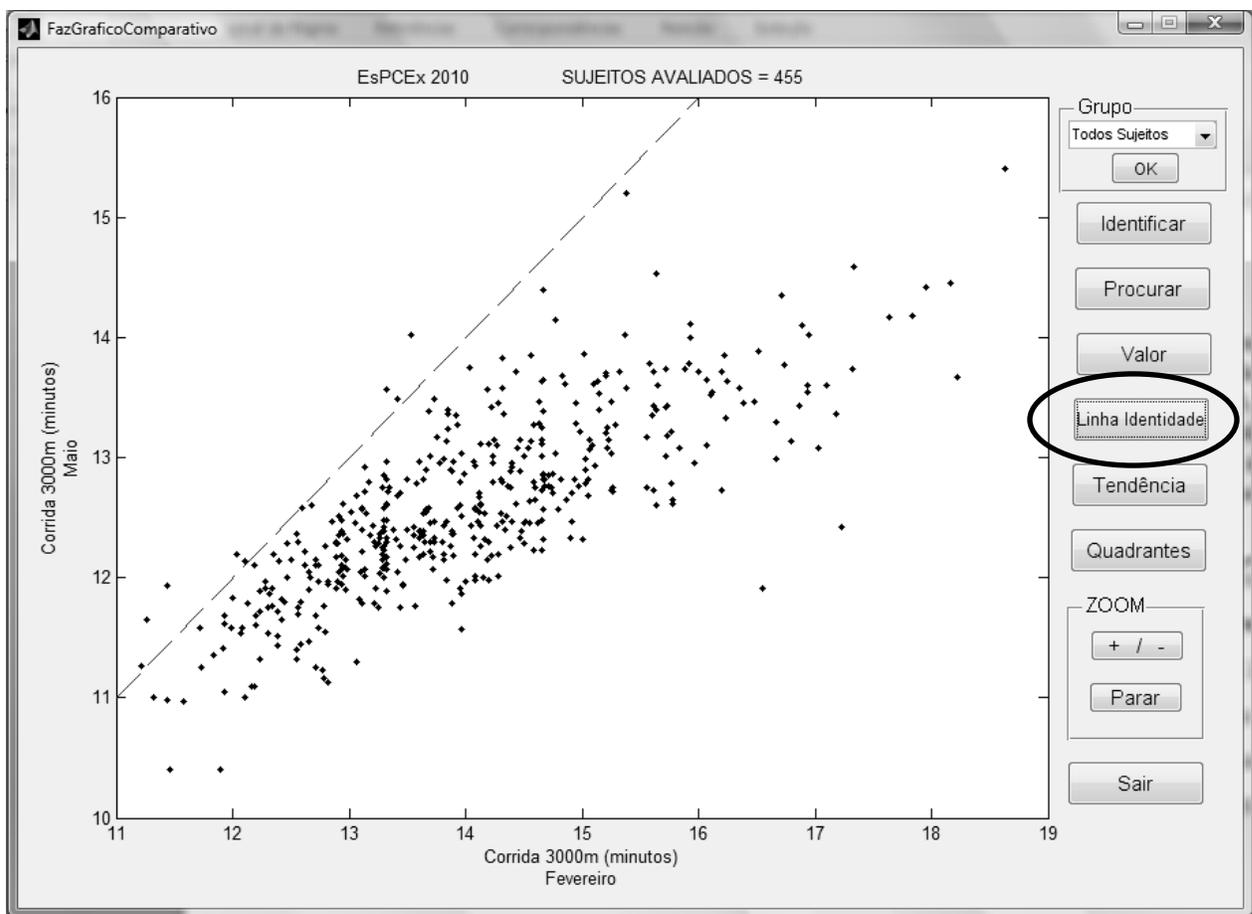


Figura 2.12. Comparação entre o tempo gasto no teste de 3000 metros em fevereiro, eixo X e o desempenho na mesma avaliação coletada em maio. A linha tracejada se refere a função *LINHA IDENTIDADE*, linha de coeficiente angular igual a 1 e intercepto igual a 0. Os pontos situados abaixo da linha indicam os alunos que responderam bem ao período de treinamento correspondente, percorrendo o teste em menor tempo em maio comparativamente a fevereiro. Já os alunos acima da linha, por algum motivo, se encontram mais lentos na avaliação de maio.

Apesar de o gráfico evidenciar que a grande maioria dos sujeitos respondeu bem ao período de treinamento, há raras exceções, que por algum motivo, se encontram mais lentos no mês de maio comparativamente ao mês de fevereiro. A função *VALOR* permite ao usuário conhecer o valor medido em cada uma das avaliações. Ao habilitar esta função, uma caixa de texto é aberta no canto inferior direito da figura, informando as coordenadas X e Y de cada ponto clicado com o mouse. A figura 2.13 ilustra a utilização desta ferramenta.

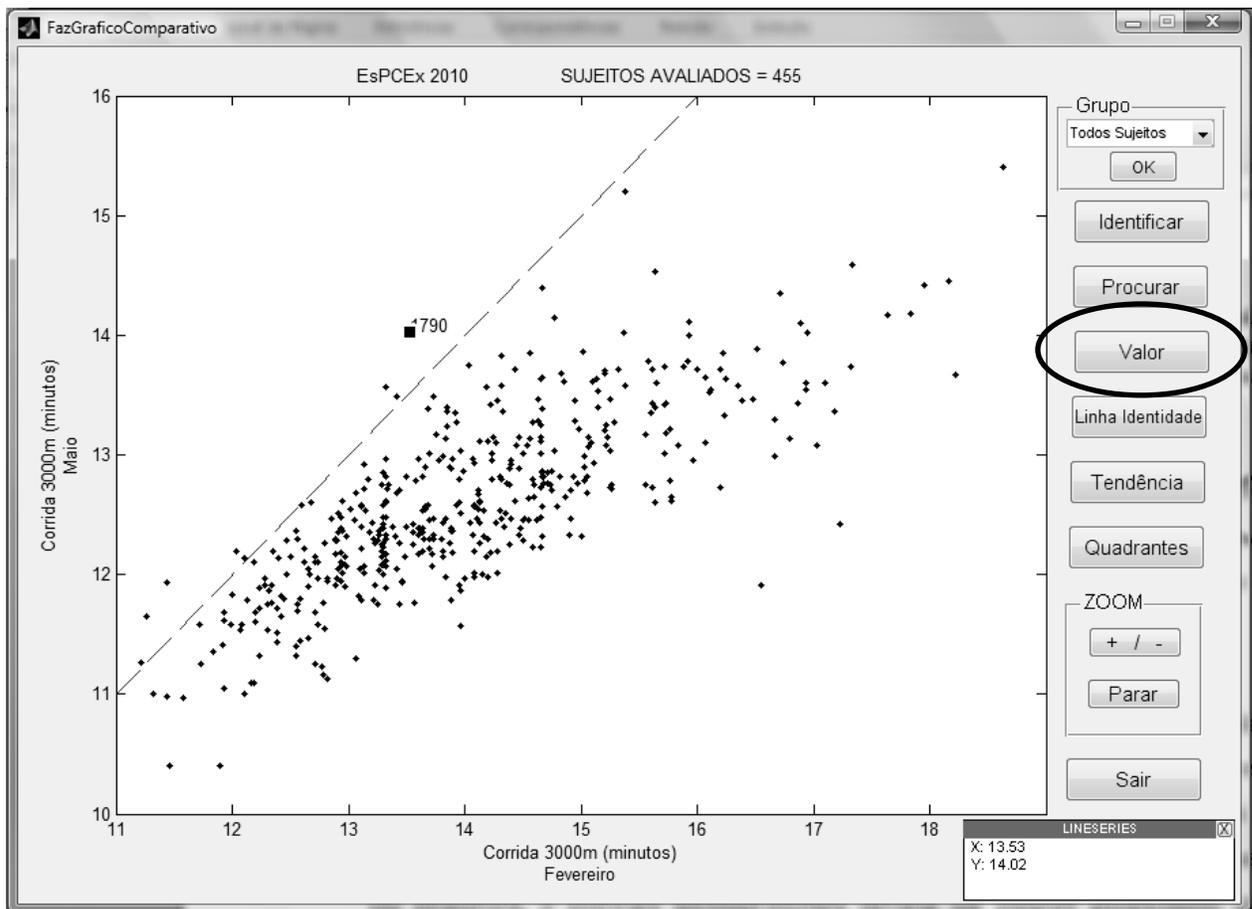


Figura 2.13. Utilização do recurso *VALOR*. Clicando com o mouse em um determinado ponto, as coordenadas X e Y correspondentes aparecem na caixa de texto situada no canto inferior direito da tela. Neste exemplo o sujeito 1790 percorreu o teste de 3000 metros em 13,53 minutos em fevereiro e em 14,02 minutos em maio.

No exemplo da figura 2.13, o ponto identificado como aluno 1790 apresentou um desempenho de 13,53 minutos em fevereiro e 14,02 em maio do mesmo ano, confirmando que houve ligeira queda de desempenho durante o período de treinamento entre as avaliações.

Discussão

A criação do Aplicativo Labex de Avaliação Física, surgiu da dificuldade encontrada pelos pesquisadores do LABEX, representar de maneira objetiva uma grande quantidade de dados provenientes de avaliações físicas. Para cumprir a função de informar com qualidade e objetividade técnicos e atletas, muitas vezes leigos em estatística, o software necessariamente deveria ser simples propiciando que o usuário compreenda a informação ali contida.

Neste sentido, houve a opção de se utilizar alguns recursos gráficos e estatísticos bastante elementares. Segundo John Tukey, cientista e estatístico norte americano, os gráficos representam um elemento vital na análise exploratória de dados (FRIEDMAN, 2002). Este papel advém da capacidade, que os gráficos e as figuras possuem, de sumarizar uma grande quantidade de informação numérica em simples elementos geométricos (TUFTE, 1983). A transposição do dado bruto, quantitativo, em uma figura composta por elementos dispostos sobre certa lógica no espaço, possibilita um olhar diferente sobre a mesma informação, auxiliando a compreensão do fenômeno (LURIE, 2007).

Uma das principais funções da estatística é sumarizar um grande conjunto de dados em alguns parâmetros capazes de representar adequadamente este todo (FISHER, 1922). Um dos parâmetros utilizados neste aplicativo é a mediana, uma medida de tendência central da amostra. A representação gráfica deste parâmetro e a interpretação da mesma, permite comparações interessantes, tanto entre subgrupos avaliados, quanto entre os momentos de avaliações. Assim é possível se posicionar acerca dos avanços ou retrocessos no desempenho da amostra analisada.

Outro recurso estatístico utilizado é a regressão linear. Esta ferramenta pode auxiliar o observador a detectar algumas tendências e padrões nos resultados. Observando a figura 2.13, notamos que os alunos mais lentos na avaliação de fevereiro, eixo X, possuem maior magnitude de melhora em relação aos alunos mais rápidos do mesmo período. A observação desta tendência é um indício que o nível de condicionamento físico inicial do indivíduo, exerce influencia na adaptação adquirida ao longo do treinamento físico. Por outro lado, sujeitos desacostumados a uma rotina sistematizada de treinamento, tendem a apresentar maior índice de lesões decorrentes da carga de exercícios. Desta forma, decisões acerca do controle e

individualização da carga de treinamento podem ser melhor gerenciadas com a identificação destes padrões.

Diversos autores (BOUCHARD, 2001; SKINER, 2001; BORRESEN, 2009; BAGGER, 2003), discutem acerca da heterogeneidade de respostas encontradas em grandes grupos amostrais submetidos a uma mesma carga de treinamento. Constatado este fato, aumenta a importância de se identificar principalmente os sujeitos não responsivos a uma determinada carga de exercícios. Ainda na figura 2.13, observamos que há pelo menos seis indivíduos acima da linha de identidade, sinalizando piora de desempenho após meses de treinamento. A identificação destes raros exemplares é fundamental para a elaboração de um diagnóstico que explique a não responsividade ao treinamento. O principal objetivo nesta identificação é desenvolver um planejamento individualizado, que busque a melhoria de desempenho, minimizando o risco de lesões e outros acometimentos que atrapalhem a seqüência de trabalho.

Como exemplificado nas figuras 2.7 a 2.11, a utilização deste programa propicia grande facilidade em visualizar resultados de grandes amostras, relacionar variáveis, identificar sujeitos e grupos proeminentes. A partir daí uma questão emergiu desde a criação deste software. Haveria potencialidade neste aplicativo para auxiliar no processo de direcionamento e desenvolvimento esportivo?

O direcionamento e desenvolvimento esportivo é tido como um processo bastante abrangente e complexo, sofrendo influência de diversos elementos como fatores genéticos, maturacionais, ambientais e psicológicos (PHILLIPS, 2010). Gabbett et al em 2007, realizaram um estudo investigando a possibilidade de discriminar sujeitos selecionados e não selecionados por um processo de seleção esportiva, a partir de variáveis fisiológicas e antropométricas associadas a habilidade típicas do voleibol. Os pesquisadores concluíram que elementos técnicos como passe e saque são mais relevantes e discriminativos que fatores antropométricos e fisiológicos como estatura, e potência muscular, por exemplo. Contudo, os autores destacam a necessidade de um condicionamento físico compatível com as exigências competitivas da modalidade para exercer com eficiência estes elementos técnicos.

As figuras 2.7 a 2.11 ilustram a identificação de sujeitos de destaque nas avaliações de velocidade, salto, arremesso de medicine ball e estatura, requisitos relevantes para a prática do voleibol (GABBETT, 2007). Porém, utilizar somente resultados de testes físicos e antropométricos para a seleção de sujeitos na modalidade voleibol parece limitado. Contudo, o

Aplicativo Labex de Avaliação Física possui a flexibilidade de incorporar em sua base de dados variáveis de qualquer natureza. Desta forma este software pode ser uma plataforma interessante para articular informações de diferentes espécies com o intuito de selecionar subgrupos de interesse, inclusive equipes esportivas.

Conclusão

O software apresentado neste trabalho tem se mostrado relevante e informativo para avançar na análise exploratória de dados provenientes de avaliações físicas. Sua originalidade aparece na facilidade de visualização, manipulação e na capacidade de gerir uma quantidade ilimitada de variáveis, seja de origem fisiológica, antropométrica, clínica ou proveniente de testes de habilidade. Estas facilidades fazem com que qualquer usuário, mesmo leigo em informática ou estatística, consiga de forma interativa observar tendências e padrões acerca do grupo avaliado e selecionar subgrupos de interesse. Acreditamos que a elaboração deste programa é um passo importante para ampliar e fundamentar intervenções cada vez mais individualizadas e específicas em amostras de grandes proporções.

Referências

BAGGER M., PETERSEN P. H., PEDERSEN P. K. Biological variation in variables associated with exercise training. **International Journal of Sports Medicine**, Aug; 24(6): 433-40, 2003

BORRESEN J., LAMBERT M.I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports Medicine**, 39(9): 779-95, 2009

BOUCHARD, C., RANKINEN, T. Individual differences in response to regular physical activity. **Medicine and Science in Sports and Exercise** , 33, 6, S446-S451 Jun., 2001

FISHER R. A. On the Mathematical Foundations of Theoretical Statistics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character**. Vol. 222, pp. 309-368, 1922

FRIEDMAN J. H., STUETZLE W. JOHN W. Tukey's Work on Interactive Graphics. **The Annals of Statistics** , 30, 6, 1629–1639, 2002

GABBETT T., GEORGIEFF B., DOMROW N. The use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. **Journal of Sports Sciences**, Oct; 25(12): 1337-44, 2007

LAMBERT, M. I., BORRESEN, J. Measuring Training Load in Sports. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 5, 406-411, 2010

LURIE N. H., MASON C. H. Visual Representation: Implications for Decision Making. **Journal of Marketing**, 71 Jan., 160–177, 2007

PHILLIPS E., DAVIDS K., RENSHAW I., PORTUS M. Expert performance in sport and the dynamics of talent development. **Sports Medicine**, Apr 1; 40(4): 271-83, 2010

REIS R.A., MACEDO D.V., BREZIKOFER R. New software for the identification of individualized responses to physical tests in large groups of subjects. **Portuguese Journal of Sport Sciences**, 11 (Suppl. 2): 927-30, 2011. Disponível em: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/4986/4628>.

SKINNER J.S., JASKÓLSKI A., JASKÓLSKA A., KRASNOFF J., GAGNON J., LEON A.S., RAO D.C., WILMORE J.H., BOUCHARD C. Age, sex, race, initial fitness, and response to training: the HERITAGE Family Study. **Journal of Applied Physiology**, 90(5): 1770-6, Mai., 2001

TUFTE E. R. *The Visual Display of Quantitative Information*, Cheshire, 1983.

Capítulo 3 – Aplicação do modelo de regressão linear múltipla para a predição de desempenho em testes físicos

Introdução

A análise estatística possui como objetivo representar adequadamente um grande conjunto de dados através do cálculo de poucos parâmetros, como as medidas de tendência central, dispersão, assimetria e curtose da distribuição amostral (FISHER, 1922). As alterações destes parâmetros após certas intervenções permitem ao pesquisador, testar hipóteses e inferir sobre determinados fenômenos.

A utilização de ferramentas estatísticas como a regressão linear múltipla é comum na ciência dos esportes. O uso deste recurso se deve principalmente a sua capacidade de identificar relações em um conjunto de múltiplas variáveis, e promover predições acerca de uma variável de interesse (WINTER, 2001; MARRIL, 2004). Alguns exemplos interessantes de utilização deste recurso no âmbito esportivo são: a determinação de elementos relevantes no desempenho da corrida (MCLAUGHLIN, 2010; SLATETTERY, 2006), a elaboração de equações de predição de carga máxima e a estimação do percentual de gordura através de dobras cutâneas (REYNOLDS, 2006; JACKSON, 1978).

A construção de modelos com o intuito de prever o desempenho em determinada atividade pode ser útil para estimar o comportamento futuro da amostra. Porém para uma predição coerente é necessário que haja semelhança entre a amostra utilizada para estabelecer o modelo e a amostra sobre a qual se deseja realizar a predição. Neste sentido, modelos matemáticos em harmonia com conceitos fisiológicos são capazes de ampliar as possibilidades de controle da carga de treinamento (TAHA, 2003; BORRESEN, 2009).

Para ingressar no exército brasileiro, os estudantes necessariamente passam por um exame nacional de seleção, sendo que os aprovados residem por um ano em regime integral na Escola preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEEx). Durante o ano, os alunos são submetidos a treinamento físico diário e são avaliados três vezes durante o ano, fevereiro, junho e

outubro, sendo submetidos a uma prova final em novembro. Para avançar na carreira militar, índices mínimos de desempenho são necessários. Um dos principais testes realizados pelo exército é o teste de corrida em 3000 metros. Todos os anos um pequeno grupo de alunos não alcança o limite mínimo para a aprovação neste teste que é de 13,5 minutos. Devido aos momentos de avaliação estabelecidos, muitos destes alunos em risco de reprovação são revelados apenas em outubro, havendo assim pouco tempo de trabalho para que alcancem êxito nas provas finais de novembro. A detecção precoce dos prováveis alunos em risco de reprovação proporcionaria aos alunos mais tempo de treinamento direcionado a suas necessidades individuais.

Resultados preliminares, originados deste capítulo foram apresentados no Congresso do Colégio Europeu de Ciência do Esporte, realizado na cidade de Liverpool, Inglaterra, entre os dias 6 e 9 de julho de 2011.

Objetivos

O objetivo deste capítulo é aplicar o modelo de regressão linear múltipla para gerar um modelo capaz de prever o resultado do teste de 3000 metros realizado no mês de outubro de cada ano. A intencionalidade deste processo é gerar uma lista dos possíveis alunos em risco de reprovação neste teste com meses de antecedência da prova final realizada em novembro.

Materiais e Métodos

Sujeitos

Participaram deste estudo 1030 alunos da Escola Preparatória de Cadetes do Exército, sexo masculino, idades $18 \pm 1,5$ anos. De todo o grupo, 504 alunos pertencem à turma ingressante no ano de 2009 e 526 à turma de 2010. Todos os indivíduos assinaram termo livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética em pesquisas com seres humanos da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP (PARECER CEP: 260/2008).

Desenho Experimental

O grupo de aproximadamente 500 estudantes que compõe anualmente cada uma das turmas foi organizado em 15 subgrupos de 33 alunos. A rotina de avaliações, composta por testes físicos de força, velocidade, resistência e composição corporal teve a duração de 5 dias. Neste período, cada subgrupo de 33 alunos é distribuído nos 5 dias de teste de forma que seja respeitado um intervalo mínimo de 48 horas de recuperação entre as avaliações mais desgastantes.

Os alunos realizaram a bateria de testes três vezes durante o ano. A turma de 2009 foi avaliada nos meses de fevereiro, junho e outubro. Já os estudantes do ano de 2010 foram avaliados em fevereiro, final de maio e outubro do referido ano.

Para elaborar o modelo capaz de prever o resultado do teste de 3000 metros de outubro, utilizaremos a base de dados completa do ano de 2009 (avaliações de fevereiro, junho e outubro). Desta forma, chegaremos a uma equação com a qual é possível estimar o provável desempenho dos alunos em outubro, baseado nos resultados coletados no início do ano.

Uma vez gerado o modelo é necessário testá-lo e analisar o poder de previsão de seus resultados. Partindo da hipótese que as amostras dos anos de 2009 e 2010 são estatisticamente semelhantes, iremos utilizar os resultados coletados na turma de 2010, para testar a acurácia das previsões geradas pelo modelo elaborado em 2009. A partir dos resultados de fevereiro e maio de 2010, estimaremos o provável resultado de outubro do mesmo ano. Estes valores preditos serão então comparados aos resultados reais do teste realizado em outubro de 2010. Esta conduta foi tomada de forma sigilosa para que não houvesse influência nos resultados em cada um dos momentos de avaliação de 2010.

Protocolos de Avaliação

Corrida de 3000 metros: O protocolo consiste em percorrer um trajeto de 3000 metros, asfaltado e plano no menor tempo possível. Um grupo de aproximadamente 100 alunos inicia o teste juntos, sendo classificados individualmente pelo tempo de chegada.

Salto Horizontal: O voluntário se posiciona em pé, tronco levemente fletido, mãos na cintura e com ambos os pés situados atrás da linha de saída. É realizado então um salto

horizontal para frente, sendo mensurada a distância do ponto de saída até o calcanhar posicionado mais posteriormente ao corpo do sujeito (adaptado de MARKOVIC, 2004). Caso o indivíduo solte as mãos da cintura ou se desequilibre ao aterrissar no solo o salto é invalidado. São realizados quantos saltos forem necessários para que a pessoa contabilize três movimentos tecnicamente corretos. Entre cada uma das tentativas é concedido tempo hábil para a recuperação do voluntário

Labex-Teste (LT): Este teste se caracteriza pela realização de um número indefinido de corridas em intensidade máxima de 30 metros, intercaladas por 20 segundos de pausa ativa. Todo o percurso é monitorado por células fotoelétricas posicionadas a cada 6 metros. Quando o voluntário atingir uma queda de 10% na velocidade média em relação a sua velocidade inicial o teste é encerrado. São contabilizados neste teste, o número de sprints realizados, a velocidade média nos 30 metros (m/s), aceleração média de 0 a 6 metros de cada tiro (m/s^2), e o coeficiente angular da aceleração (m/s^2) ao longo dos diversos tiros realizados, sendo este um parâmetro de queda na aceleração ao longo do teste.

Composição corporal: Para aferição da composição corporal são aferidos, o peso, a altura e as dobras cutâneas do tríceps, suprailíaca e abdominal de cada indivíduo. A partir destas informações são calculados o percentual de gordura, o IMC, a massa isenta de gordura e a massa gorda segundo o protocolo de (GUEDES, 1985).

Variáveis utilizadas

Alguns protocolos de avaliação, como o LABEX-TESTE e a composição corporal, fornecem mais de uma variável. Desta forma compõem o conjunto de variáveis independentes 7 variáveis mensuradas no mês de fevereiro e 42 variáveis calculadas, que levam em consideração as avaliações de fevereiro e junho. Abaixo segue as 7 variáveis selecionadas medidas em fevereiro:

- Tempo na corrida de 3000 metros (T3000).
- Velocidade média inicial ajustada em 30 metros no LT (V30).
- Número de tiros no LT (Ntiros)
- Aceleração média de 0 a 6 metros inicial ajustada no LT (A0a6)

- Coeficiente angular da Aceleração média de 0 a 6 metros ao longo do LT (CAA0a6).
- Maior valor aferido no salto horizontal (Salto).
- Peso do voluntário (Peso).

Somaram-se as variáveis acima descritas as variáveis calculadas:

- O quadrado de cada uma das sete variáveis de fevereiro.
- O produto entre cada uma das sete variáveis de fevereiro.
- A diferença entre junho e fevereiro de cada variável.
- O quadrado da diferença entre junho e fevereiro de cada variável.

Ao final um conjunto composto por 49 variáveis foi elaborado, contendo informações referentes aos dois primeiros momentos de avaliação. Toda esta base de dados será submetida a um método de seleção de variáveis, que irá indicar aquelas que mais explicam o comportamento da variável dependente, no caso a corrida de 3000 metros de outubro.

Análise Estatística

A análise estatística foi conduzida utilizando o software Matlab 7.0. Para verificar a semelhança entre as amostras de 2009 e 2010, na variável T3000, comparamos cada um dos momentos de avaliação (fevereiro, junho/final de maio e outubro) entre os respectivos anos. Desta forma comparamos fevereiro de 2009 com fevereiro de 2010 e assim por diante. Utilizamos o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, uma vez que a distribuição dos dados é não paramétrica.

A metodologia stepwise de seleção de variáveis foi utilizada para o cálculo do modelo de regressão linear múltipla. Este método foi aplicado com os critérios padrão de seleção, sendo a probabilidade $P \leq 0,05$ para inclusão e $P \geq 0,10$ para exclusão da variável do modelo (MCLAUGHLIN, 2010; SAAVEDRA, 2010). O conjunto de variáveis independentes foi padronizado, subtraindo cada valor pela média amostral e dividindo-se o resultado pelo desvio padrão. Assim, todas as variáveis transformadas apresentam média 0 e desvio padrão igual a 1.

A análise de normalidade das distribuições foi feita utilizando o teste de Lilliefors ($p < 0,05$) e o gráfico de probabilidade normal. A análise dos resíduos foi realizada de duas formas. Realizando o gráfico de dispersão entre os valores gerados pelo modelo e os resíduos, com cálculo do coeficiente de determinação (R^2) e representando os resíduos através de boxplots em função dos quartis da amostra. A análise de multicolinearidade foi realizada calculando o coeficiente de determinação (R^2) entre as variáveis independentes inseridas no modelo.

Resultados e discussão

Inicialmente foram comparados os diferentes momentos de avaliação fevereiro, junho ou final de maio e outubro, entre os anos de 2009 e 2010 para a variável T3000. O resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney mostrou que não há diferença significativa entre nenhum dos momentos avaliados, confirmando a semelhança estatística entre as amostras para a variável T3000.

Essencialmente o método stepwise de seleção de variáveis computa uma seqüência de equações de regressão inserindo ou excluindo uma variável independente a cada passo (Tabela 1). O critério de seleção adotado, utiliza a probabilidade $P \leq 0,05$ para inclusão e $P \geq 0,10$ para exclusão de variáveis do modelo. Este processo é finalizado quando não houver mais nenhuma variável do conjunto inicial que atenda a estes pressupostos.

Tabela 3.1. Elaboração do modelo de regressão linear múltipla a partir do método de seleção stepwise. A cada passo são informadas as variáveis ingressantes no modelo, o coeficiente de determinação R^2 , a raiz do erro quadrático médio (RMSE). Para elaboração do modelo foi utilizada a base de dados do ano de 2009 ($N = 387$).

<i>Passo</i>	<i>Variável inserida no modelo</i>	R^2	<i>RMSE</i>
1	T3000fev	0,49	0,61
2	Dif_JF_3000	0,71	0,46
3	SaltoQ	0,72	0,46

Lembramos que o conjunto de variáveis independentes foi padronizado, subtraindo cada valor pela média amostral e dividindo-se o resultado pelo desvio padrão. Assim, todas as variáveis transformadas apresentam média 0 e desvio padrão igual a 1. Desta forma o modelo gerado pelo método de seleção stepwise foi:

$$T3000out(min) = 1,01 * T3000fev + 0,59 * Dif_JF_3000 - 0,06 * SaltoQ + 12,56$$

T3000out = Tempo no teste de 3000 metros realizado em outubro (minutos).

T3000fev = Tempo no teste de 3000 metros realizado em fevereiro (padronizado, unidade adimensional).

Dif_JF_3000 = Diferença entre o resultado do teste de 3000 metros realizado nos meses de junho e fevereiro (padronizado, unidade adimensional).

SaltoQ = Resultado do teste de salto horizontal realizado em fevereiro ao quadrado (padronizado, unidade adimensional).

A resposta ou adaptação do indivíduo ao treinamento físico está bastante relacionada ao tipo de exercício, frequência, intensidade e duração do estímulo efetuado (HAWLEY, 2002). O treinamento físico realizado na EsPCEX nos meses de fevereiro a junho, é caracterizado principalmente por corridas contínuas de longa duração e baixa intensidade. Este tipo de atividade leva a um predomínio no recrutamento de unidades motoras do tipo I, fibras oxidativas e com baixo limiar de excitação. A somatória de várias seções de treino com essas características acarretam algumas alterações crônicas, tanto no metabolismo como na morfologia celular, típicas do treinamento de endurance. Fazem parte deste contexto adaptativo, o aumento do número de mitocôndrias e a melhoria do metabolismo de ácidos graxos, aumento da capilarização muscular, menor degradação dos estoques de glicogênio, melhor eficiência do controle ácido-básico intra e extra celular (HAWLEY 2002, ELLIOTT, 2007 E KUBUKELI, 2002). O desempenho no teste de 3000 metros é resultado da interação de diversos fatores e a evolução do indivíduo nesta avaliação passa pela adaptação destes parâmetros fisiológicos. Desta forma, faz bastante sentido que as variáveis T3000fev e Dif_JF_3000 estejam inseridas no modelo. A primeira variável diz respeito à condição inicial do sujeito em um teste que visa informar sobre a capacidade aeróbia. Já a segunda traz um indicativo da magnitude individual de adaptação alcançada ao longo do período de treinamento, visto que esta capacidade tende a variar consideravelmente entre indivíduos (BOUCHARD, 2001; SKINER, 2001; BORRESEN, 2009;

BAGGER, 2003). Juntas estas variáveis explicam em 71% a variância encontrada no teste de 3000 metros de outubro.

Já o teste de salto horizontal visa avaliar a capacidade de geração de força em um curto espaço de tempo. Esta habilidade é influenciada tanto por fatores enzimáticos, capacidade da miosina ATPase converter a energia química do ATP em energia mecânica, quanto por fatores neurais relacionados ao recrutamento e sincronização das fibras musculares (ELLIOTT, 2007). Em esforços de máxima intensidade e curta duração, como o teste de salto, são recrutadas principalmente unidades motoras do tipo IIa e IIx, fibras com alto limiar de excitação e alta atividade catalítica. Neste contexto, a presença da variável SaltoQ com coeficiente negativo no modelo, pode ser hipotetizada pela completa ausência de estímulos com as características típicas do teste de salto. A ausência de estímulos de alta intensidade e curta duração leva a estagnação ou retrocesso das variáveis tipicamente neuromusculares. Acreditamos que esta atenuação se dá pela falta de estímulos de alta intensidade e não por uma possível concorrência com as adaptações de caráter aeróbio.

Contudo, o coeficiente da variável SaltoQ é muito baixo (0,06) e sua inclusão na equação pouco altera o R^2 e o RMSE. Outro ponto a ser ressaltado é o número de variáveis independentes do modelo. Winter 2001 e Slattery 2006, ressaltam em seus trabalhos a importância da relação entre número de sujeitos da amostra e a quantidade de variáveis independentes inseridas no modelo. Segundo os autores para uma equação de predição é adequado manter uma relação de 40 sujeitos para cada variável independente utilizada. Como este estudo contou com uma amostra de 387 indivíduos para elaboração do modelo, há uma relação de aproximadamente 129 sujeitos por variável independente. Apesar desta relação já estar adequada, a exclusão da variável SaltoQ do modelo melhoraria ainda mais esta proporção. Portanto, uma maior relação entre número de sujeitos e variáveis independentes utilizadas e a pouca alteração do R^2 e do RMSE, compõe a argumentação a favor da exclusão da variável SaltoQ do modelo. Assim, o modelo final de previsão de resultados é o seguinte:

$$T3000out(min) = 1,03 * T3000fev + 0,59 * Dif_JF_3000 + 12,56$$

Após gerar o modelo, é necessário analisar o poder de previsão de seus resultados. Para tal, iremos utilizar a base de dados do ano de 2010, inserindo no modelo acima o

resultado das avaliações realizadas nos meses de fevereiro e maio. Feito isso, teremos um vetor de dados referente ao resultado estimado pelo modelo para o teste de 3000 metros de outubro de 2010, e outro vetor de dados com os valores medidos no respectivo mês. A comparação dos resultados preditos e dos resultados coletados no mês de outubro pode dar um indicativo da coerência do modelo (Figura 3.1).

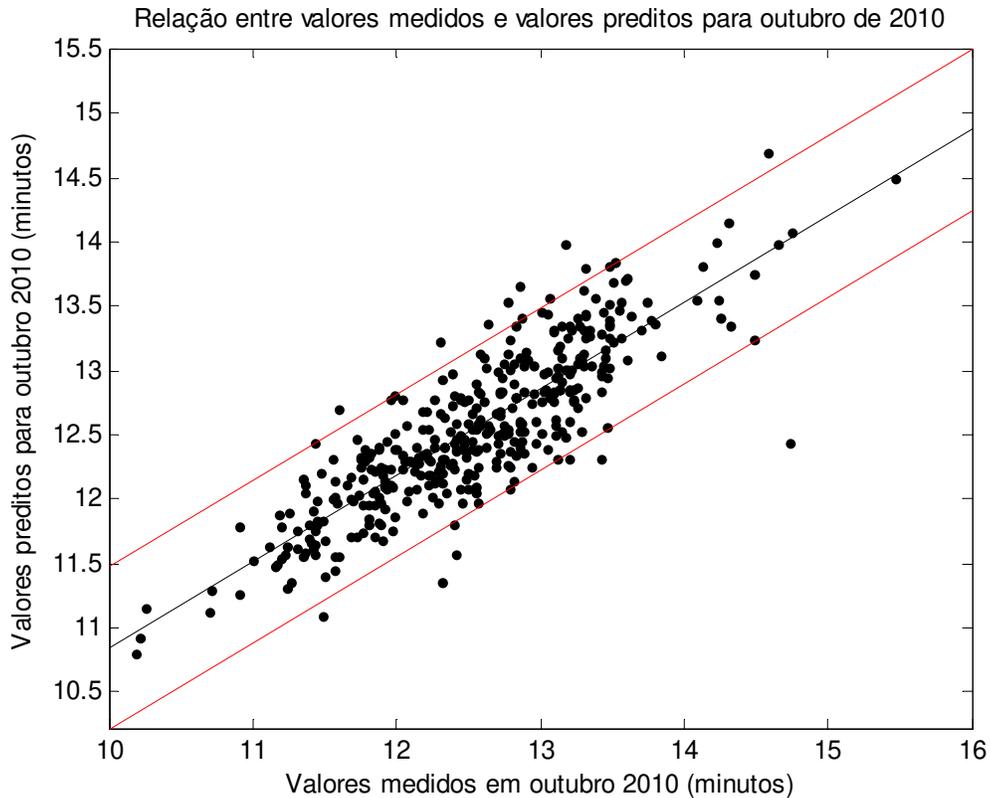


Figura 3.1. Comparação entre os valores aferidos e preditos pelo modelo para outubro de 2010 em minutos. A linha na cor preta representa a reta de regressão linear, as linhas em vermelho indicam os limites do intervalo de confiança de 95% para as observações (N=455).

Também é importante analisar alguns pressupostos acerca do modelo de regressão linear. Tais pressupostos são importantes para verificar a validade do modelo proposto (MARRIL, 2004a).

O primeiro pressuposto a ser verificado será a presença de homocedasticidade. A homocedasticidade representa a variância constante dos resíduos. Deseja-se que os erros sejam aleatórios, ausentes de alguma tendência (CHARNET, 2008). Para esta análise iremos construir dois gráficos. O primeiro, figura 3.2, se refere aos valores preditos pelo modelo (eixo X) em

função dos resíduos (eixo Y). O coeficiente de determinação R^2 também será calculado. Já o segundo gráfico, ilustra os boxplots dos resíduos de cada um dos quartis que compõe a amostra, figura 3.3.

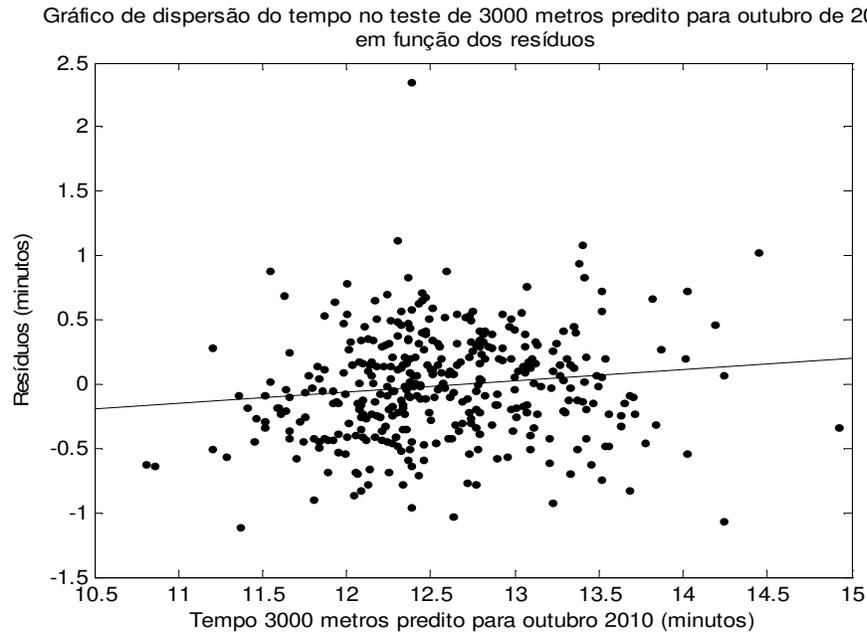


Figura 3.2. Análise da homocedasticidade dos resíduos. Relação entre valores preditos e resíduos para outubro de 2010 no teste de 3000m. A linha representa a reta de regressão linear. $R^2 = 0,01$

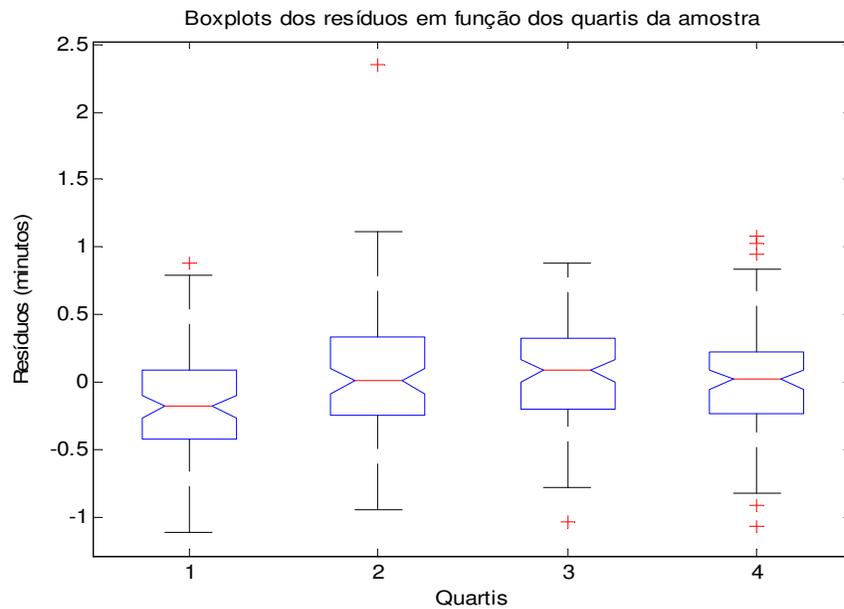


Figura 3.3. Análise da homocedasticidade dos resíduos. Boxplots de cada um dos quartis que compõe a amostra de 2010 em função dos resíduos.

A análise das figuras 3.2 e 3.3 mostram a ausência de tendência dos resíduos ao longo dos valores preditos, caracterizando o modelo como homocedástico.

Outro pressuposto importante a ser verificado é a normalidade dos resíduos. Para esta análise será realizado o gráfico de distribuição normal dos resíduos, como mostra a figura 3.4 e o teste de Lilliefors com nível de significância de 5%.

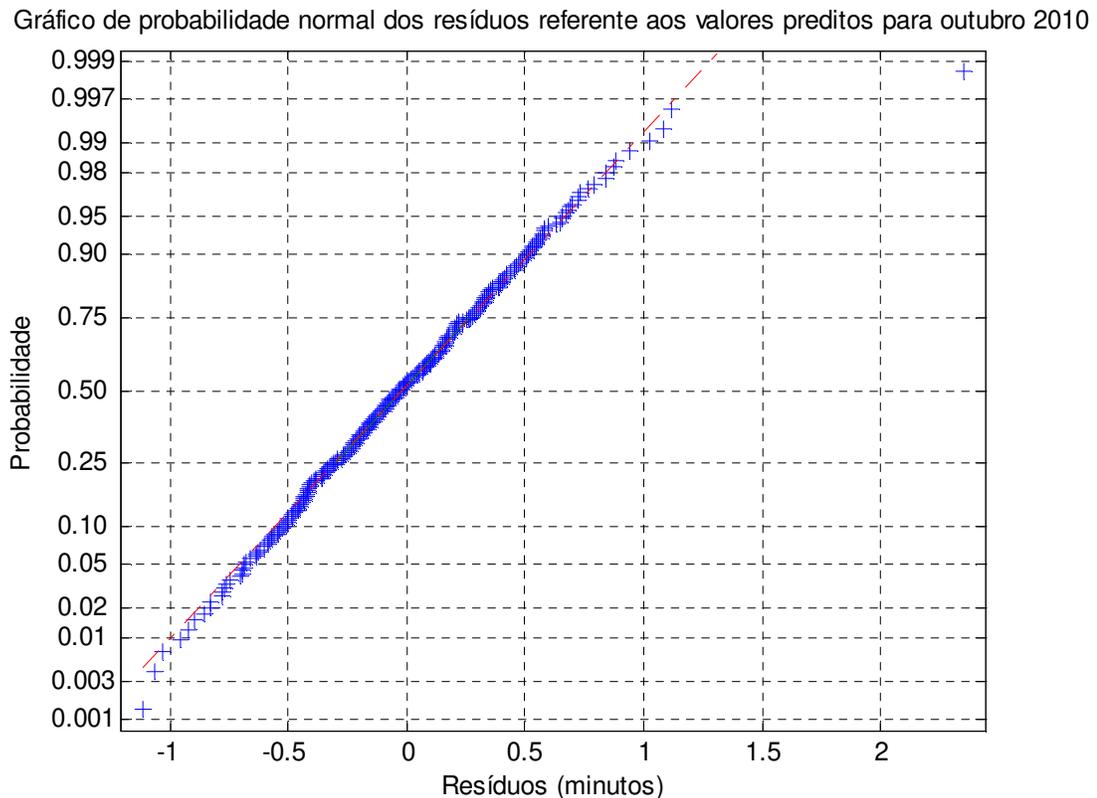


Figura 3.4. Gráfico de probabilidade normal para os resíduos obtidos pelo modelo 1.

Os resultados provenientes do teste de Lilliefors indicam que não é possível rejeitar a hipótese nula de que a distribuição dos resíduos adere à distribuição normal ($H=0$ e $LSTAT = 0,032$).

Um fator relevante a ser estudado em regressão linear múltipla é a ausência de relação linear entre o conjunto de variáveis independentes. Este evento definido como multicolinearidade pode exercer um efeito decisivo no valor dos coeficientes e na acurácia da previsão fornecida pelo modelo (MARRIL, 2004b). Para esta análise iremos calcular o coeficiente de determinação (R^2), entre as variáveis independentes incluídas no modelo (Tabela 2).

Tabela 3.2. Cálculo do coeficiente de determinação (R^2), para as variáveis independentes incluídas no modelo de previsão de desempenho para o teste de 3000 metros realizado em outubro. Os dados utilizados são provenientes da turma de 2010 da EsPCEEx.

	<i>T3000fev</i>	<i>Dif_JF_3000</i>
<i>T3000fev</i>	1	-
<i>Dif_JF_3000</i>	0,71	1

A tabela 2 apresenta forte relação entre as variáveis *T3000fev* e *Dif_JF_3000*. Apesar da presença de multicolinearidade, optamos por manter as duas variáveis independentes no modelo. Uma das razões para esta conduta está no significado de cada uma das variáveis. Enquanto a primeira variável diz respeito apenas à condição inicial do aluno no teste de 3000 metros, a segunda traz um indicativo da magnitude individual de adaptação alcançada ao longo do período de treinamento. É nítido, pela forte relação estatística entre as variáveis, que a adaptação a um período de treinamento depende da condição inicial do indivíduo. Contudo, acreditamos que não é apenas este fator que influencia na magnitude de adaptação apresentada frente a um período de treinamento. Acrescentamos a este argumento o importante aumento no R^2 e diminuição do RMSE advindos da inserção da variável *Dif_JF_3000* no modelo (Tabela 1).

Uma vez verificado os pressupostos do modelo é preciso aplicá-lo ao problema a que este foi designado a solucionar. A “nota mínima” necessária para aprovação no teste de 3000 metros é 13,5 minutos. Alunos que percorrerem este percurso em tempos superiores a este estão sujeitos à reprovação. Construiremos um gráfico de dispersão semelhante à Figura 3.1, porém traçando os limites de 13,5 para o eixo x e de 13,5 – RMSE para o eixo Y. Estes limites representam respectivamente, o valor a ser alcançado na avaliação de outubro (eixo x, reta violeta) e o critério estabelecido para inclusão, ou não, do aluno na lista de sujeitos em risco de reprovação (eixo y, reta verde). Os alunos situados acima da linha verde são aqueles que segundo os valores preditos pelo modelo estão em risco de reprovação segundo o critério adotado (13,5 - RMSE). Os alunos a direita da linha violeta são aqueles que realmente não alcançaram o índice necessário para aprovação. Já os sujeitos acima da linha verde e a direita da reta violeta são aqueles que não alcançaram a nota mínima para aprovação e também estão contidos na lista de prováveis reprovados (Figura 3.5).

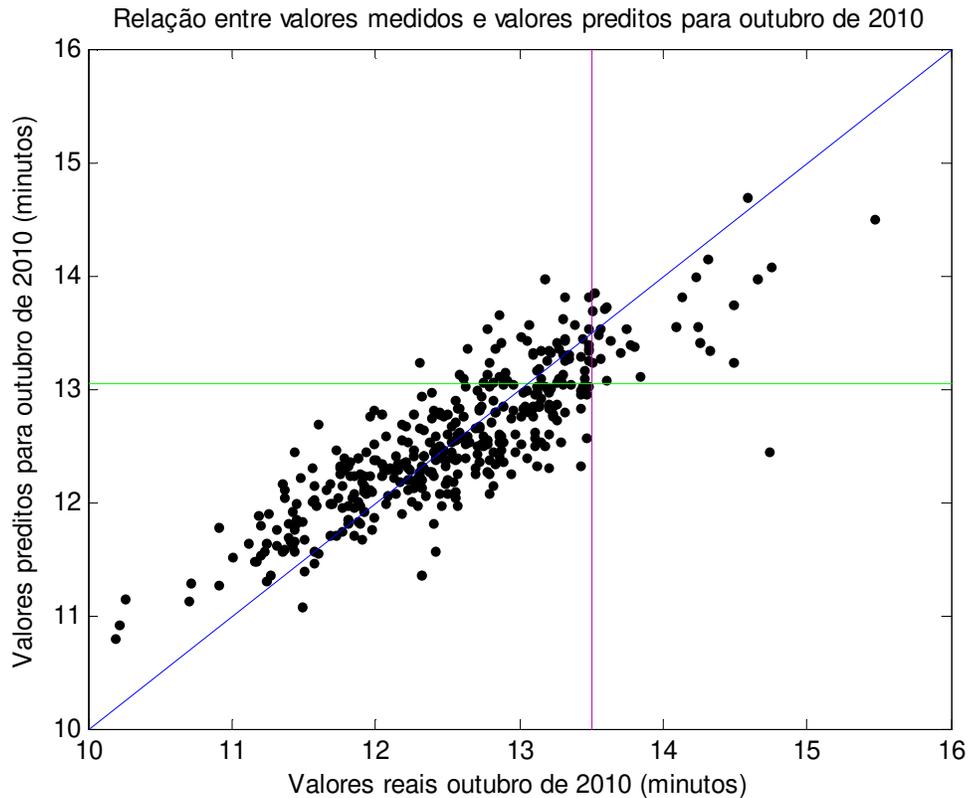


Figura 3.5. Comparação entre os valores aferidos e preditos pelo modelo para outubro de 2010 em minutos. A linha na cor verde representa o limite de 13,5 – RMSE. A linha na cor violeta ilustra o limite de 13,5 a ser alcançado no teste de 3000 metros. A reta na cor azul representa a linha identidade representando os valores equivalentes em ambos os eixos. (N=455).

A análise da figura 3.5 mostra que de todos os 455 alunos avaliados, 29 não alcançaram o índice mínimo de 13,5 minutos para aprovação. Com o critério de seleção adotado, foi gerada uma lista de 98 indivíduos em risco de reprovação. Deste total, 28 alunos realmente não alcançaram o índice exigido.

O grupo de alunos que constitui anualmente a EsPCEX é grande, cerca de 526 alunos fizeram parte da turma de 2010. Deste modo é bastante complicado propiciar um atendimento individualizado a estes indivíduos. Ao restringir um universo de mais de 500 alunos para uma amostra de apenas 98 é possível avançar neste processo. Levando-se em conta que a lista de sujeitos é elaborada no final de maio e a avaliação final acontece apenas em outubro, é razoável que ao longo destes meses, a lista inicial de 98 nomes, vá diminuindo de acordo com a

resposta apresentada pelos alunos. Assim, é provável chegar ao final do ano letivo com uma lista contendo realmente aqueles sujeitos em maior risco de reprovação, o que amplia as possibilidades de atendimento individualizado. É importante ressaltar que estes alunos, advindos de diferentes partes do Brasil, passam por uma mudança de hábitos considerável ao ingressar na EsPCEX. Desta forma, a não responsividade ao treinamento físico pode significar não somente ausência ou excesso de treinamento, mas também pode ser consequência de alterações psicológicas, de origem nutricional e etc. Por isso, acreditamos ser justificável a aplicação de uma ferramenta que possibilite um olhar mais individualizado para estas questões, permitindo assim, intervenções mais precisas e adequadas as necessidades de cada aluno.

Conclusão

A utilização do modelo de regressão linear múltipla se mostrou uma ferramenta útil e aplicável na resolução de problemas práticos envolvendo avaliações físicas. A elaboração da equação de predição de desempenho, além de indicar fatores influentes no desempenho do teste de 3000 metros, possibilitou a detecção precoce de grande parte dos sujeitos com risco de reprovação nas avaliações de outubro. Esta antecipação e predição de resultados tende a ampliar as possibilidades de intervenção sobre aqueles alunos menos adaptados.

Referências

- BAGGER M., PETERSEN P. H., PEDERSEN P. K. Biological variation in variables associated with exercise training. **International Journal of Sports Medicine**, Aug; 24(6): 433-40, 2003
- BORRESEN J., LAMBERT M.I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports Medicine**, 39(9): 779-95, 2009
- BOUCHARD, C., RANKINEN, T. Individual differences in response to regular physical activity. **Medicine and Science in Sports and Exercise** , 33, 6, S446-S451 Jun., 2001

CHARNET R. et. al. Análise de modelos de Regressão Linear: com aplicações. 2^a edição, Editora Unicamp, 2008.

ELLIOTT M.C., WAGNER P.P., CHIU L. Power athletes and distance training: physiological and biomechanical rationale for change. **Sports Medicine**, 37(1): 47-57, 2007

FISHER R. A. On the Mathematical Foundations of Theoretical Statistics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character**. Vol. 222, pp. 309-368, 1922

GUEDES, D. P. Estudo da gordura corporal através da mensuração dos valores de densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários. 1985. 227 f. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 1985.

HAWLEY J.A. Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, 29, 218–222, 2002

JACKSON A.S., POLLOCK M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, Nov; 40(3): 497-504, 1978

KUBUKELI Z.N., NOAKES T.D., DENNIS S.C. Training techniques to improve endurance exercise performances. **Sports Medicine**, 32(8): 489-509 2002

MARILL K.A. Advanced statistics: linear regression, part I: simple linear regression. **Academic Emergency Medicine**, Jan; 11(1): 87-93, 2004a

MARILL K.A. Advanced statistics: linear regression, part II: multiple linear regression. **Academic Emergency Medicine**, Jan; 11(1): 94-102, 2004b

MARKOVIC, G., DIZDAR, D., JUKIC, I., CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **Journal of Strength Conditioning Research**, 18(3): 551-5, 2004.

MCLAUGHLIN J.E., HOWLEY E.T., BASSETT D.R. JR., THOMPSON D.L., FITZHUGH E.C. Test of the classic model for predicting endurance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, May; 42(5): 991-7, 2010

REYNOLDS J.M., GORDON T.J., ROBERGS R.A. Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. **Journal of Strength Conditioning Research**, Aug; 20(3): 584-92, 2006

SAAVEDRA J.M., ESCALANTE Y., RODRÍGUEZ F.A. A multivariate analysis of performance in young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, Feb; 22(1): 135-51, 2010

SLATTERY K.M., WALLACE L.K., MURPHY A.J., COUTTS A.J. Physiological determinants of three-kilometer running performance in experienced triathletes. **Journal of Strength Conditioning Research**, Feb; 20(1): 47-52, 2006

SKINNER J.S., JASKÓLSKI A., JASKÓLSKA A., KRASNOFF J., GAGNON J., LEON A.S., RAO D.C., WILMORE J.H., BOUCHARD C. Age, sex, race, initial fitness, and response to training: the HERITAGE Family Study. **Journal of Applied Physiology**, 90(5): 1770-6, Mai., 2001

TAHA T., THOMAS S.G. Systems modelling of the relationship between training and performance. **Sports Medicine**, 33(14): 1061-73, 2003

WINTER E.M., ESTON R.G., LAMB K.L. Statistical analyses in the physiology of exercise and kinanthropometry. **Journal of Sports Science**, Oct; 19(10): 761-75, 2001

Capítulo 4 – Interpretação das alterações de desempenho em atletas de alto nível após três semanas de férias.

INTRODUÇÃO

A atuação do treinador esportivo apresenta nítida vertente empírica. É comum a experimentação de diferentes cargas de treinamento ou modelos de periodização, na esperança de elevar ao máximo o desempenho dos atletas. Mas não só o treinamento causa mudanças no desempenho. Períodos de inatividade devido a lesões, ou mesmo pelas férias entre temporadas competitivas, também são responsáveis por alterações no desempenho. A análise dos resultados competitivos e de avaliações físicas permite julgamentos acerca da magnitude destas mudanças.

Dificuldades surgem na interpretação destas alterações. Atletas de alto nível possuem características excepcionais do ponto de vista, fisiológico, psicológico e técnico (Davison, 2009). Assim, tanto a sua tolerância ao treinamento, quanto o desempenho competitivo, são praticamente únicos, exclusivos, tendem ao extremo, dificultando a amostragem de sujeitos representativos desta população. Outro agravante é que qualquer processo de medição, seja de desempenho ou de marcadores fisiológicos, apresenta diferentes fontes de variabilidade. Bagger, 2003; Hopkins, 2000 e Meehl, 1967, destacam algumas destas fontes como: variações biológicas inter e intra-indivíduos, incertezas relacionadas ao protocolo de medição e o próprio processo de amostragem aleatória em uma população.

É bastante usual a utilização de testes estatísticos de hipótese nula que indiquem, com certo grau de probabilidade, se o efeito observado é devido à intervenção

realizada ou proveniente da aleatoriedade. Mesmo identificando um efeito significativo, este tipo de teste não aponta para os fatores responsáveis pela alteração (Chow, 1998).

Contudo, há trabalhos na literatura, preocupados em quantificar as diferentes fontes de variabilidade. Um exemplo é o cálculo da reprodutibilidade de determinado protocolo de medição (Hopkins, 2000; Atkinson, 1998). Através deste processo é possível estimar a variação inerente ao protocolo utilizado e isolar este componente durante a análise dos dados.

O objetivo deste capítulo é discutir a interpretação das alterações de desempenho observadas em atletas de alto nível, quando utilizamos dois diferentes métodos de tratamento de dados: o teste t pareado (teste de hipótese nula) e o uso do conceito de reprodutibilidade dos protocolos de medição. Para isso, serão utilizados os resultados de um experimento que investigou o efeito de três semanas de férias no desempenho e nos parâmetros ventilatórios de corredores brasileiros de elite.

METODOLOGIA

O estudo foi planejado para investigar o efeito de três semanas de férias no desempenho em velocidade, aceleração e nos parâmetros ventilatórios de corredores profissionais de alto nível. Os protocolos de avaliação selecionados foram: corrida de 48 metros em máxima velocidade e um teste incremental de esforço máximo em esteira ergométrica (Lourenço, 2011).

Sujeitos

Participaram deste estudo 11 corredores profissionais (8 mulheres e 3 homens), idades $23,6 \pm 6,5$ anos, massa corporal $54,6 \pm 9,3$ quilogramas e altura $170,5 \pm 8,4$ centímetros.

Todos os voluntários foram devidamente informados dos procedimentos e eventuais riscos envolvidos nesta pesquisa, assinando um termo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Campinas.

O processo de amostragem deste estudo não foi aleatório, sendo selecionados onze atletas de uma equipe de atletismo brasileira, especializados em diferentes modalidades de corrida. Dos onze voluntários, cinco participam de provas de velocidade (400 ou 800 metros), quatro atletas são especialistas em provas de meio fundo (1500 a 5000 metros) e dois em provas de fundo (10000 metros).

Protocolos de avaliação

Teste de velocidade máxima em 48 metros

Os sujeitos realizaram uma corrida em máxima velocidade por um percurso retilíneo e plano de 48 metros traçado em pista de atletismo. Todo o trajeto foi monitorado por células fotoelétricas (Velocity System, LABEX/Scout Online, Brasil) posicionadas a cada 6 metros. A ordem de execução do teste foi aleatória. Todos os voluntários realizaram duas corridas em máxima velocidade pelo percurso acima descrito, com um intervalo de pelo menos 15 minutos entre uma tentativa e outra. As variáveis extraídas deste teste foram a velocidade média em 48 metros (V48) e a aceleração média dos atletas de 0 a 12 metros (A12).

Teste de esforço máximo em esteira ergométrica

A determinação do limiar ventilatório (LV), do ponto de compensação respiratória (PCR) e do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$), foi realizada através de um protocolo de esforço máximo em esteira ergométrica (Inbrasport Super-ATL, Porto Alegre, RS, Brasil), o qual consistia em incrementos de $0,3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a cada 25s sob inclinação fixa da esteira em 1% até a exaustão⁽¹³⁾.

Valores de consumo de oxigênio (VO_2), produção de CO_2 (VCO_2) e ventilação pulmonar (VE) foram mensurados continuamente a cada 25 segundos através do analisador de gases (CPX/D – MedGraphics, St Paul, MN, U.S.A). Este equipamento foi calibrado antes de cada teste através de misturas gasosas conhecidas (12% de O_2 , 5% de CO_2) e o sensor de volume por meio de uma seringa de 3 L. Todos os testes foram conduzidos a uma temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ e altitude de 696m.

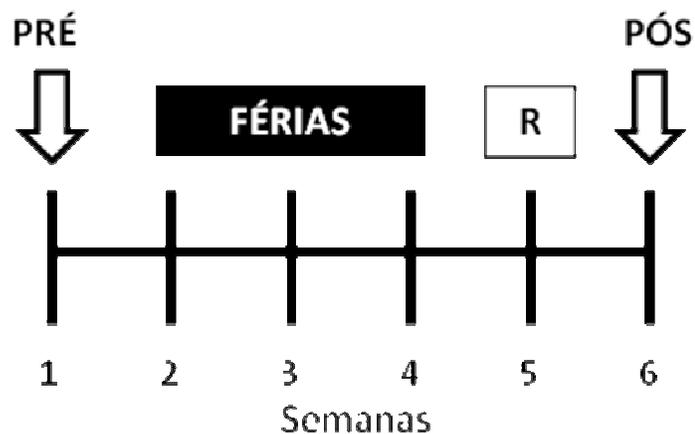
Para a determinação do $\text{VO}_2\text{máx}$ e velocidade no $\text{VO}_2\text{máx}$ ($v\text{VO}_2\text{máx}$) foram considerados os valores atingidos no último estágio completado pelos atletas⁽⁸⁾. Já a determinação do LV e PCR utilizamos o método *V-slope*^(3,15).

As variáveis desta avaliação analisadas neste estudo foram a velocidade de limiar ventilatório (VLV), velocidade do ponto de compensação respiratória (VPCR), a velocidade de VO_2 máximo ($V\text{VO}_2\text{máx}$) e o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$).

Desenho Experimental

Os testes foram organizados em uma seqüência metabolicamente coerente, para que não houvesse prejuízo no desempenho dos sujeitos devido à fadiga e a depleção de substratos energéticos. Sendo assim, os testes foram aplicados em dois dias. Na primeira visita ao laboratório, os atletas realizaram o teste de corrida em 48 metros em máxima velocidade. Vinte e quatro horas após esta avaliação, retornaram para o teste de esforço máximo em esteira ergométrica.

Esta rotina foi executada em dois momentos, no final de uma temporada competitiva (Pré) e quatro semanas após as primeiras avaliações (Pós). Durante estas quatro semanas de intervalo, os voluntários passaram por três semanas de férias e uma semana de readaptação aos treinamentos, que consistiu na realização de exercícios de baixa intensidade. A figura abaixo ilustra o desenho experimental adotado.



R = Semana de readaptação

Figura 4.1: Desenho experimental da pesquisa. As setas indicam os momentos de avaliação física. Durante as quatro semanas de intervalo entre os testes físicos, houve três semanas de férias e uma semana de readaptação ao treinamento.

Por se tratar de atletas profissionais, acostumados aos protocolos de avaliação realizados neste estudo, optou-se por não realizar nenhuma seção de familiarização com os voluntários.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada em ambiente Matlab 7.0. Inicialmente, para avaliar o comportamento de todo o grupo, foi realizada a diferença entre os momentos Pós e Pré férias para cada uma das variáveis. Para as variáveis V48 e A12 foi escolhido o melhor resultado dentre as duas tentativas realizadas no teste de velocidade. O teste de Lilliefors foi aplicado e confirmou a normalidade das distribuições destas diferenças. Para verificar a significância das diferenças entre os momentos PRÉ e PÓS foi aplicado o teste t pareado ($p < 0.05$).

Para a análise da reprodutibilidade do teste de velocidade em 48 metros, protocolo utilizado para extrair as variáveis V48 e A12, foi calculado o erro típico (ET) e o coeficiente de variação ($CV = ET/média$), segundo a metodologia proposta por Hopkins (Hopkins, 2000). Para as variáveis geradas pelo teste de esforço máximo estes valores são conhecidos (Lourenço, 2010). Aplicando a metodologia de Hopkins estimou-se o intervalo de confiança de 90% para a diferença individual entre os momentos Pós e Pré (Etc90), utilizando o ET de cada variável, nesse caso $Etc90 = 2,33 * ET$.

Para visualizar as alterações individuais nas variáveis analisadas, utilizamos três tipos de representações, pelos valores originais das variáveis com as suas unidades de medida (figura 1, figura 2 e tabela 2), ou na forma padronizada, dividindo o valor da diferença entre os dois momentos de cada variável pela sua respectiva incerteza metodológica Etc90 (tabela 3).

RESULTADOS

Os valores de média e desvio padrão de cada variável nos períodos Pré, Pós e Pós - Pré, estão presentes na tabela 1. Constam também os valores de CV e p valor proveniente do teste t pareado. Os CVs das variáveis VLV, VPCR, VVO2máx e VO2máx foram retirados do trabalho de Lourenço *et. al.*

Tabela 4.1: Valores de média e desvio para as variáveis A12, V48, vLV, vPCR, vVO2máx, VO2máx, no momentos Pré, Pós e Pós – Pré. Constam também os valores de CV e p valor proveniente do teste t pareado.

<i>Variáveis</i>	<i>CV (%)</i>	<i>Pré (média ± DP)</i>	<i>Pós (média ± DP)</i>	<i>Pós – Pré (média ± DP)</i>	<i>P valor</i>
A12 (m/seg ²)	5,4	6,28 ± 1,58	5,92 ± 1,41	-0,36 ± 0,53	0,063
V48 (m/seg) #	1,0	7,66 ± 0,88	7,47 ± 0,82	-0,19 ± 0,18	0,009
VLV (km/h)	5,2*	15,27 ± 1,04	14,64 ± 0,91	-0,63 ± 0,99	0,076
VPCR (km/h)	2,4*	16,95 ± 1,27	16,68 ± 1,27	-0,27 ± 1,36	0,545
VVO2máx (Km/h)	2,3*	19,86 ± 1,51	19,38 ± 1,71	-0,48 ± 0,76	0,078
VO2máx (ml/kg/min)	9,1*	50,31 ± 4,91	48,36 ± 6,08	-1,95 ± 3,61	0,122

#Diferença significativa Pós – Pré (p<0,05)

* Valores retirados de Lourenço 2011

A tabela 4.2 traz os valores individuais dos atletas, ordenados de forma crescente em relação à modalidade em que são especializados, para a variável VPCR nos momentos Pré, Pós e Pós-Pré. A variável VPCR foi escolhida para análise como exemplo, devido à heterogeneidade dos resultados individuais encontrados. O resultado da análise das outras variáveis são apresentados na tabela 4.3.

Tabela 4.2: Valores individuais da variável VPCR (km/h) nos momentos Pré, Pós e Pós - Pré. Os atletas estão ordenados de forma crescente em relação à distancia das modalidades em que são especializados.

ATLETA	PRÉ (km/h)	PÓS (km/h)	PÓS-PRÉ (km/h)
2	14,4	15,3	0,9
3	15,9	15,3	-0,6
4	15,9	16,2	0,3
5	18,3	15,6	-2,7
6	17,7	17,1	-0,6
7	18,3	17,1	-1,2
8	17,4	17,4	0
9	18,0	18,6	0,6
10	17,1	15,6	-1,5
11	16,5	18,6	2,1
MÉDIA (DP)	16,95(1,27)	16,68 (1,27)	-0,27 (1,36)

A figura 4.2 ilustra os boxplots para esta variável. As linhas sobrepostas no gráfico conectam os valores obtidos pelos atletas na avaliação Pré ao resultado do momento Pós.

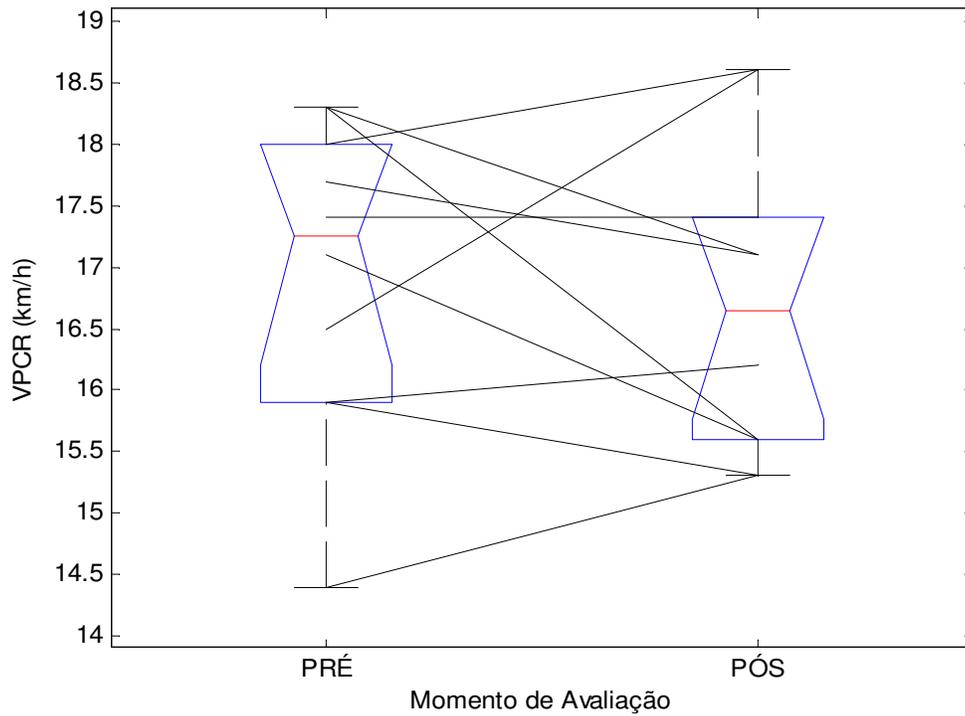


Figura 4.2: BoxPlot referente à VPCR nos momentos Pré e Pós férias. As linhas conectam os resultados de cada um dos atletas avaliados.

A figura 4.3 mostra as diferenças individuais Pós – Pré da variável VPCR (círculos pretos), \pm Etc90 (estimativa da incerteza em relação ao valor medido), representado pelas barras de erro acima e abaixo dos círculos. No eixo x, temos os atletas ordenados de forma crescente em relação à distância das modalidades em que são especializados. Para o cálculo do Etc90 utilizou-se o erro típico da variável VPCR presente no artigo de Lourenço *et. al.*

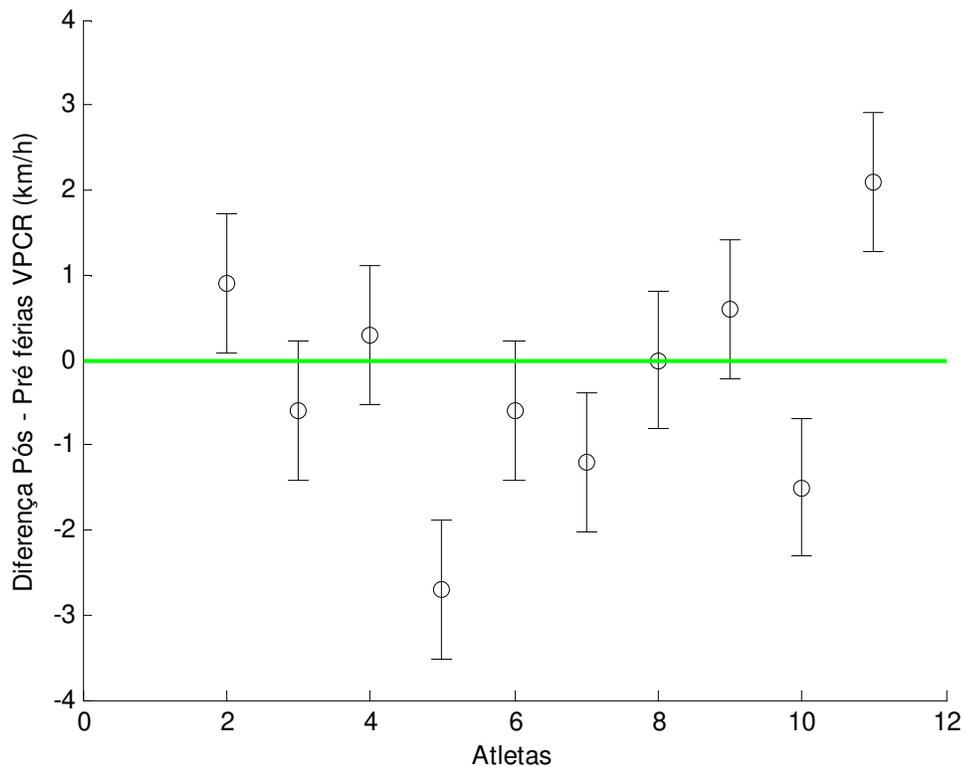


Figura 4.3: Gráfico das diferenças individuais entre os momentos Pós e Pré férias (círculos) e o e Etc90 para a variável VPCR (barras de erro).

A tabela 4.3 detalha as diferenças individuais Pós – Pré. A diferença entre ambos os momentos, para todas as variáveis estudadas, estão apresentados de forma padronizada. Nesta tabela os valores maiores que um representam alterações positivas além do erro proveniente da medição, enquanto os valores menores que menos um representam alterações negativas abaixo deste limite. Os atletas também estão ordenados de forma crescente em relação à distância das modalidades em que são especializados.

TABELA 4.3: Diferenças individuais Pós – Pré, expressas em unidades padronizadas (diferença Pós-Pré/Etc90).

<i>Sujeitos</i>	<i>A12</i>	<i>V48</i>	<i>VLV</i>	<i>VPCR</i>	<i>VVO2máx</i>	<i>VO2máx</i>
<i>1</i>	-0,28	-1,18#	NaN	NaN	NaN	NaN
<i>2</i>	-0,06	-0,33	0,42	1,10*	-0,60	-0,11
<i>3</i>	-0,19	-0,87	-0,62	-0,74	-1,20#	-0,90
<i>4</i>	0,04	-0,98	0,21	0,37	-0,30	-0,10
<i>5</i>	-2,05#	-1,46#	-0,42	-3,31#	-0,60	-0,75
<i>6</i>	-0,64	-1,85#	-0,83	-0,74	-1,20#	-0,24
<i>7</i>	-1,30#	-2,53#	-1,04#	-1,47#	-1,50#	0
<i>8</i>	NaN	NaN	-0,83	0	0,60	-0,20
<i>9</i>	-0,48	-1,56#	-1,25#	0,74	0,90	0,16
<i>10</i>	-0,05	-0,47	-0,83	-1,84#	-0,60	0,20
<i>11</i>	0,27	1,04*	0,83	2,58*	-0,30	-0,01

NaN = Não realizou o teste.

= Queda no desempenho além do intervalo de confiança Etc90.

* = Aumento no desempenho além do intervalo de confiança Etc90.

Discussão

O objetivo deste estudo é discutir a interpretação das alterações de desempenho observadas em atletas de alto nível.

A partir dos resultados da tabela 1 interpretamos que apenas para a V48 houve queda significativa de desempenho ($p < 0,05$). Segundo Atkinson, o teste t é adequado para indicar tendências sistemáticas da amostra, como por exemplo, o aprendizado ou a fadiga entre medidas sucessivas. A estatística t extraída do teste, leva em consideração a média da amostra, sendo pouco sensível a alterações individuais (Atkinson, 1998). A tabela 3 mostra que em 10 dos 11 atletas avaliados houve queda na variável V48. Portanto a variação da média sumariza de forma razoável o comportamento do grupo.

Já a observação da tabela 2 e figura 1 mostra que a média ou mediana da variável vPCR, pouco se altera em decorrência das férias. Observamos também um p valor igual a 0,54, probabilidade maior que o critério de significância adotado. Porém importantes alterações individuais são identificadas. Neste caso, a alteração da média ou mediana não caracteriza uma tendência da amostra, pois identificamos indivíduos melhorando, piorando e mantendo o desempenho após as férias.

O p valor proveniente do teste t indica se o acaso pode ou não ser excluído da explicação dos dados, não apontando para os elementos responsáveis pela diferença encontrada (Chow, 1998). Atletas de alto nível possuem características excepcionais e são pouco numerosos (Davison, 2009). Desta forma, a variabilidade proveniente do processo de amostragem destes sujeitos tende a ser maior do que o de uma população qualquer. Acreditamos que por definição não há população de atletas de alto rendimento, tamanha a singularidade destes indivíduos. Logo o resultado é uma “amostra” que não representa a “população” em questão. Este fato pode exercer grande influência no valor de probabilidade extraído do teste t pareado. Assim, a utilização deste teste para o tratamento de uma variável com comportamento heterogêneo leva a interpretações que não condizem com o real comportamento do grupo. Uma análise exploratória prévia dos dados, como a apresentada na tabela 2 e figura 1, é fundamental para uma aplicação segura do teste.

A figura 2 mostra as diferenças individuais Pós – Pré da variável vPCR, assim como o Etc90. Esta forma de tratamento estatístico tem como objetivo isolar individualmente as alterações que ultrapassam o ruído embutido no protocolo de medição da variável. Assim, os sujeitos que apresentam as barras de erro inteiramente acima ou abaixo de zero possuem uma real alteração de desempenho. Nestes casos consideramos que outros fatores (fisiológicos, psicológicos e etc.) podem ser responsáveis pela alteração observada. Já as barras de erro que

interceptam a linha situada em zero, indicam que a metodologia de avaliação não é sensível o suficiente para diagnosticar estas alterações de menor magnitude com o intervalo de confiança estipulado, no caso 90%. Interpretamos que o protocolo empregado não detectou alteração relevante no desempenho do atleta.

Seguindo este modelo de tratamento de dados, conseguimos traçar um perfil de cada atleta, classificando-os em função de suas alterações, independente do comportamento da amostra. Observando os resultados da tabela 3, interpretamos que para os voluntários 2 e 11, as férias foram uma intervenção positiva. Para estes sujeitos, não houve prejuízo no desempenho em nenhum dos testes aplicados e ainda foi observada melhora em pelo menos uma das variáveis analisadas. Os sujeitos 4 e 8 não apresentaram alterações relevantes em nenhuma das variáveis. Já para o atleta número 7, houve prejuízo em cinco das seis medições feitas.

Do ponto de vista prático, para treinadores e técnicos esportivos, é uma informação relevante individualizar o efeito de uma determinada intervenção no desempenho de seus atletas. Assim, três semanas de férias foi um período de regeneração importante para alguns indivíduos, provavelmente atenuando elementos como o estresse e a fadiga provenientes da temporada competitiva. Porém este período pode ter sido demasiadamente longo ou curto para outros atletas, inclusive podendo ser um elemento estressor para o mesmo. Em posse destes resultados o treinador pode recomeçar o novo período de treinos com propostas ajustadas para cada um de seus atletas.

Outra vantagem de se conhecer a reprodutibilidade dos protocolos é a possibilidade de comparar os diferentes métodos de medição. Este procedimento é importante, pois possibilita ao usuário optar pelo teste com menor variabilidade e, portanto, mais sensível a pequenas alterações. A detecção de pequenas alterações é fundamental no trabalho com atletas de alto nível, pois mínimas mudanças causam diferenças importantes no comportamento

competitivo destes sujeitos (Hopkins 1999). Neste sentido salientamos que a variável VO₂máx, amplamente discutida nos trabalhos científicos com corredores profissionais é a que possui maior CV. Mesmo sendo a única variável fisiológica medida diretamente dentre as variáveis estudadas, é a que possui menor sensibilidade na identificação de alterações individuais.

Pesquisadores conduzem um trabalho científico com o propósito de generalizar as informações obtidas de sua amostra para toda a população (Batterham, 2005; Sim, 1999). Porém antes de pensarmos na generalização a partir de nossos dados devemos pensar em compreendê-los e em como melhorá-los (Cohen, 1994; Tukey 1968). Concluímos que a aplicação do teste t pareado pode ser adequada desde que seja aplicado conjuntamente com uma análise exploratória prévia dos dados. É importante identificar se a média amostral realmente sumariza a tendência de todo o grupo para uma interpretação coerente do resultado encontrado. Contudo ao trabalhar com atletas de alto rendimento nos deparamos muitas vezes com comportamentos heterogêneos. Neste caso, acreditamos que a análise da reprodutibilidade dos protocolos de medição é um avanço na tentativa de compreender o efeito de determinada intervenção no comportamento individual do atleta.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e a FAPESP (processo número: 07/53135-0) o apoio recebido durante este trabalho. Resultados parciais deste estudo foram apresentados no 31º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2008, São Paulo-SP, Brasil.

Referências Bibliográficas

ATKINSON G, NEVILL AM (1998). Statistical Methods For Assessing Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine. **Sports Med** 1998 Oct; 26 (4): 217-238

BAGGER M, PETERSEN PH, PEDERSEN PK (2003). Biological variation in variables associated with exercise training. **Int J Sports Med** 24(6): 433-40

BATTERHAM AM, HOPKINS WG (2005). Making Meaningful Inferences About Magnitudes. **Sportscience** 9, 6-13 (sportsci.org/jour/05/ambwgh.htm)

CHOW SL (1998). Précis of statistical significance: rationale, validity, and utility. **Behav Brain Sci** 21(2): 169-94 9.

COHEN J (1994). The Earth Is Round ($p < .05$). **American Psychologist**. Vol.49. No. 12, 997-1003

DAVISON RCR, KEN AVS, ANDREW MJ (2009). Physiological monitoring of the Olympic athlete. **Journal of Sports Sciences** 27(13): 1433–1442

HOPKINS WG. A new view of statistics. <http://sportsci.org/resource/stats>

HOPKINS WG (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med** 30(1): 1-15.

HOPKINS WG, HAWLEY JA, BURKE LM (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. **Med Sci Sports Exerc**, 31(3): 472-85

LOURENÇO TF, MARTINS LE, TESSUTTI LS, BRENZIKOFER R, MACEDO DV (2011). Reproducibility of an incremental treadmill VO₂max test with gas exchange analysis for runners. **J Strength Cond Res**, Published Ahead-of-Print

MEEHL PE (1967). Theory-Testing in Psychology and Physics: A Methodological Paradox. **Philosophy of Science** 34 (2): 103-115

SIM J, REID N (1999). Statistical Inference by Confidence Intervals: Issues of Interpretation and Utilization. **Physical Therapy** Volume 79 . Number 2 186-95

TUKEY JW (1968). Analyzing Data: Sanctification or Detective Work? Invited address to the American Psychological Association, San Francisco, September 1968.