

**ADRIANO LIMA ALVES**

**COMPORTAMENTO DA ENZIMA CREATINA QUINASE  
SANGUÍNEA EM JOGADORES DE FUTEBOL DE ELITE  
DURANTE O CAMPEONATO BRASILEIRO**

**Belo Horizonte  
2012**

**ADRIANO LIMA ALVES**

**COMPORTAMENTO DA ENZIMA CREATINA QUINASE  
SANGUÍNEA EM JOGADORES DE FUTEBOL DE ELITE  
DURANTE O CAMPEONATO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

**Orientadora:** Prof. Dr<sup>a</sup>. Danusa Dias Soares

**Co-Orientador:** Prof. Dr. Emerson Silami Garcia

**Belo Horizonte  
2012**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

**Dissertação intitulada:** COMPORTAMENTO DA ENZIMA CREATINA QUINASE  
SANGUÍNEA EM JOGADORES DE FUTEBOL DE ELITE DURANTE O  
CAMPEONATO BRASILEIRO

---

**Prof. Dra. Danusa Dias Soares – EEFFTO/UFMG – Orientadora**

---

**Prof. Dr Emerson Silami Garcia – EEFFTO/UFMG – Co-Orientador**

---

**Prof. Dr Herbert Ugrinowitsch**  
**Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte**

EEFFTO/UFMG  
Belo Horizonte, 2012

Avenida Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte, MG –31270-901 – Brasil

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mãe por ter me ajudado em todos os momentos a concretizar esse sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me abençoado durante minha trajetória.

Aos brasileiros por terem custeado meu curso.

A minha mãe por ter me ajudado em todos os sentidos antes e durante o mestrado.

Ao meu pai e minhas irmãs por incentivarem de forma indireta a minha progressão nos estudos.

A minha namorada Poliana Santos Souza que me ajudou em vários momentos, antes do ingresso do mestrado e durante, você nunca permitiu que eu me deixasse abater com os momentos difíceis. Você foi muito importante nessa caminhada.

Ao professor Dr. Emerson Silami Garcia que acreditou na minha capacidade e contribuiu muito com o meu crescimento profissional e como pessoa. Aprendi muito com sua convivência no dia a dia, espelhei-me na sua competência profissional e na sua simplicidade. O aprendizado com você ultrapassou os limites da ciência e do âmbito profissional.

À professora Dra. Danusa Dias Soares por ter também acreditado em mim e ter me abraçado no mestrado. Aprendi muito com você durante o mestrado, pois com você aprimorei meu senso crítico e aprendi os caminhos que devo seguir para ser um

bom professor. Acho que fui abençoado durante o mestrado com o melhor da Danusa e do Emerson.

Ao professor Dr. Nilo Resende Viana Lima, que apesar de pouca convivência aprendi muito durante a prática docente.

A Professora Ângela de estatística que foi pra mim um exemplo de profissional, sempre preocupada com o aprendizado do aluno.

Aos funcionários do colegiado de pós graduação (Karen e Adriane), sempre dispostas a ajudar.

Aos funcionários da biblioteca e da limpeza do laboratório.

Aos meus amigos João Gustavo Claudino, Rafael Ribeiro Soncin e Crislaine Rangel que me ajudaram a estudar para o mestrado e juntos conseguimos fazer uma corrente positiva, na qual todos se apoiaram para conseguir um objetivo comum. Isso nunca vou esquecer e vou guardar de exemplo para a vida. Cada um de vocês além disso, me ajudou em algum momento de forma bastante significativa, agradeço vocês de coração.

Aos meus amigos de infância Marcos e Cristóvão que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos e com certeza me deram força nos momentos difíceis.

Ao Rodrigo Figueiredo Morandi, que me ajudou muito durante as coletas de dados e elaboração do trabalho. Você foi muito importante em todo meu processo de mestrado. Meus sinceros agradecimentos.

Ao Eduardo Pimenta, que tivemos boas discussões sobre o tema do trabalho e que também me ajudou muito antes do ingresso no mestrado.

Aos colegas de pós-graduação Débora Romualdo, Emerson Pereira Rodrigues, Eliney Silva, Guilherme Passos Ramos, Isabela Rossi, Ivana Fonseca, Juliana, Lucas Lima, Luciana Madeira, Luiz Barcellos, Márcia do LAPES, Mário Simim, Michele, Milene Malheiros, Patrícia Rocha, Renata Lane Passos, Samuel Wanner, Washington Pires, especialmente ao Cristiano Lino que sempre esteve disposto a me ajudar, e com você aprendi muito sobre pesquisa durante nossas conversas e com certeza esse trabalho tem um pouco da sua influência. Ao André Maia Lima, que sempre me ajudou na redação e questionamentos desse trabalho. Ao Thiago Teixeira Mendes que sempre me ajudou mesmo antes de entrar no mestrado. Ao André do Gedam que apesar de pouca convivência me ajudou na parte estatística do trabalho.

Aos demais colegas do laboratório, no qual nas conversas do dia a dia aprendi muito:

- Daniel Massote
- Diogo Pacheco
- Felipe Piovesana Araújo
- Marco Aurélio Melo
- Matheus Sacchetto
- Vitor Ciminelli

A todos os funcionários do Cruzeiro Esporte Clube, pelo bom convívio e aprendizado:

- André Rocha
- Adriany Gomes

- Benecy Queiroz
- Charles Costa
- Cuca
- Cuquinha
- Dimas Fonseca
- Emerson Ávila
- Eudes Santos
- Flávia Almeida
- João Salomão

- Marco Antônio
- Matheus Fontes
- Octacílio da Matta
- Paulo Roberto
- Quintiliano Lemos
- Robertinho
- Robson Gomes
- Robertinho
- Sérgio Freire
- Valdir Barbosa



“Se queres paz te prepara para a guerra, se não queres nada descansa em paz.”

“Humberto Gessinger”

## Lista de Abreviaturas

ADP - Adenosina difosfato.

ATP - Adenosina trifosfato.

CK - Creatina Quinase.

CP - Fosfocreatina.

DM - Dano muscular.

FC - Frequência cardíaca.

FCmax - Frequência cardíaca máxima.

IgA - Imunoglobulina A.

Vo<sub>2</sub>max - Consumo máximo de oxigênio.

## LISTAS DE FIGURAS E TABELAS

FIGURA 1. Rompimento do sarcômero seguido de uma contração excêntrica.....	23
FIGURA 2. Esquema do dano muscular seguido de contração excêntrica.....	25
FIGURA 3. Potenciais mecanismos que podem explicar o efeito da carga repetida.	29
FIGURA 4. Divisão em períodos da temporada competitiva com o número jogos de cada período em que foi avaliado as concentrações de CK.....	43
FIGURA 5. Procedimentos de coleta sanguínea para análise no Reflotron <sup>(R)</sup> .....	44
FIGURA 6. Frequência de observações da CK <sub>Jogo</sub> dos 17 atletas durante o campeonato brasileiro.....	48
FIGURA 7. Maior % $\Delta$ CK <sub>Jogo</sub> de cada período.....	49
FIGURA 8. Número de jogos até atingir a CK <sub>Max</sub> de cada um dos 17 atletas.....	49
TABELA 1. Percentual da predominância das concentrações de CK de cada tecido.....	33
TABELA 2. Composição corporal e VO <sub>2max</sub> dos voluntários.....	41
TABELA 3. Quartis de agrupamento do % $\Delta$ CK <sub>Jogo</sub> .....	42
TABELA 4. Frequências observadas e esperadas de cada quartil da % $\Delta$ CK <sub>Jogo</sub> dos 17 atletas participantes do estudo.....	47
TABELA 5. Descrição dos dados da CK <sub>Rep</sub> , CK <sub>Max</sub> , $\Delta$ CK <sub>Max</sub> U/L, CK <sub>Jogo</sub> U/L, % $\Delta$ CK <sub>Jogo</sub> expressos em mediana e intervalo entre mínimo e máximo.....	48

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar de forma individualizada as concentrações sanguíneas de Creatina quinase (CK) durante um campeonato brasileiro de futebol da primeira divisão. A [CK] de repouso de 17 jogadores profissionais de futebol foi avaliada antes da competição (início da pré-temporada) e após os jogos (36 e 46h após jogos) ( $CK_{\text{Jogo}}$ ). O maior valor da [CK] ( $CK_{\text{Max}}$ ) durante a competição e a [CK] de repouso ( $CK_{\text{Rep}}$ ) foi utilizado para análise individualizada da [CK]. O calendário competitivo foi dividido em três períodos: os dois primeiros meses (Inicial); terceiro mês (Intermediário) e quarto e quinto mês (Final). A diferença entre  $CK_{\text{Max}}$  e  $CK_{\text{Rep}}$  ( $\Delta CK_{\text{Max}}$ ) foi considerada 100% e dividida em quartis para análise das frequências de observações em cada quartil das medidas da diferença entre a  $CK_{\text{Jogo}}$  e  $CK_{\text{Rep}}$  ( $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$ ) através do teste de Chi-quadrado. A ANOVA one-way com medidas repetidas seguido pelo *post hoc Student-Newman-Keuls* foi utilizada para comparar a maior diferença percentual de cada período competitivo. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Foi encontrado maior frequência do  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  no 2° quartil (71 observações) e menores frequências no 1° (26 observações) e 4° quartis (40 observações) comparado com esperado de 45,8 ( $\chi^2 = 22,21$ ). A [CK] foi menor no período Intermediário (média 66.99%) e Final (média 60.21%) períodos comparados com o Inicial (média 89.33%). Os atletas não apresentaram um estado de microlesões elevado (3° e 4° quartis), o que pode estar relacionado com a diminuição da [CK] durante a competição.

**Palavras-chave:** Creatina quinase. Futebol. Campeonato brasileiro.

## ABSTRACT

The purpose of the present study was to perform individualized analyses of the blood creatine kinase (CK) concentrations of professional first division Soccer players during a Brazilian championship. Resting CK of 17 players was assayed before the competition (beginning of the season) and following the matches (36 and 46 hours post-games) ( $CK_{Game}$ ). The higher value of CK ( $CK_{Max}$ ) during the competition and the CK baseline values ( $CK_{Bas}$ ) were used for the analysis of the individual CK. The competitive calendar was divided into three periods: the initial, the intermediate and the final. The difference between  $CK_{Max}$  and  $CK_{Bas}$  ( $\Delta CK_{Max}$ ) was considered 100% and the calendar was divided into quartiles for frequency analyses of the observations of the measurements in each quartile on the difference between  $CK_{Game}$  e  $CK_{Bas}$  ( $\% \Delta CK_{Game}$ ) using the Chi-square test. The one-way ANOVA with repeated measurements followed by the *post hoc Student-Newman-Keuls* was used to compare the highest percentage of each competitive period. The adopted level of significance was  $p < 0.05$ . A higher frequency of  $\% \Delta CK_{Game}$  was found on the second quartile (71 observations) and lower frequencies on the 1<sup>st</sup> (26 observations) and 4<sup>th</sup> quartile (40 observations) than expected number of 45.8 ( $\chi^2 = 22.21$ ). CK was lower on the intermediate (mean 66.99%) and final (mean 60.21%) periods than initial (mean 89.33%). The soccer players did not show an elevated muscle stress (3<sup>o</sup> and 4<sup>o</sup> quartile), and that could be related with the decrease of CK during the competition.

Key-words: Creatina kinase. Soccer. Brazilian championship.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 Objetivo .....	18
1.2 Justificativa .....	18
1.3 Hipótese .....	19
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1 Treinamento esportivo e calendário competitivo no futebol.....	20
2.2 Caracterização do futebol.....	21
2.2.1 Estruturação dos treinamentos no futebol .....	22
2.3 Exercício e dano muscular .....	23
2.4 Adaptação muscular.....	26
2.5 Avaliação do dano muscular .....	29
2.5.1 Avaliação direta do dano muscular .....	30
2.5.2 Avaliações indiretas do dano muscular (DM) .....	30
2.6 Extravasamento de proteínas sanguíneas .....	31
2.6.1 Creatina quinase .....	32
2.6.1.1 Variabilidade e resposta da enzima CK ao exercício físico .....	33
2.6.1.2 Monitoramento do treinamento esportivo através da análise da resposta da enzima CK ao esforço físico .....	36
2.6.1.3 Monitoramento do futebol através da resposta da concentração da enzima CK ao esforço .....	37
2.6.1.4 Análise individualizada de CK .....	38
<b>3 MÉTODOS</b> .....	<b>41</b>
3.1 Cuidados Éticos .....	41
3.2 Sujeitos.....	41
3.3 Procedimentos .....	41
3.4 Monitoramento das variáveis de treinamento e condições ambientais .....	43
3.5 Análise da concentração sanguínea de CK.....	44
3.6 Análise estatística .....	45
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
4.1 Variáveis de treinamento e condições ambientais .....	46
4.2 Exclusão de dados de atletas que sofreram lesão .....	46

4.3 Percentual da variação individual da concentração de CK após jogos ( $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$ ).....	46
4.4 Análise da concentração sanguínea de CK ao longo da temporada competitiva .....	47
4.5 Comparação da resposta da [CK] entre os períodos da competição .....	48
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
Dados Individuais .....	64
Aprovação do comitê de ética .....	66

## 1 INTRODUÇÃO

Os 38 jogos do campeonato brasileiro de futebol da 1ª divisão são realizados no período entre maio e dezembro, com uma variação de um a dois jogos por semana. O intervalo de tempo entre os jogos pode não ser suficiente para uma adequada recuperação física, o que pode expor os atletas participantes a uma elevada sobrecarga muscular (ISPIRLIDS *et al.*, 2008; DUPONT *et al.*, 2010).

O futebol é um esporte de característica intermitente e de alta intensidade (BANGSBO, 1994), no qual ocorrem várias ações musculares excêntricas durante uma partida, como saltos e frenagens (STOLEN *et al.*, 2005). Esse tipo de ação muscular é uma das principais causas de microlesões ou dano no músculo esquelético (CLARKSON e HUBAL, 2002) que, dependendo da intensidade e duração da atividade, causam aumento da permeabilidade da membrana plasmática, culminando em extravasamento de enzimas citoplasmáticas para corrente sanguínea (BRANCACCIO *et al.*, 2008). Dentre estas proteínas a creatina quinase (CK) tem sido descrita, dentre outros marcadores, como um bom marcador de dano muscular (BRANCACCIO *et al.*, 2008).

Inúmeros estudos têm investigado a resposta da CK em diferentes protocolos de exercícios e esportes (TOTSUKA *et al.*, 2002, MOUGIOS, 2007; MCLELLAN *et al.*, 2010) inclusive durante os períodos competitivos no futebol (ZOPPI *et al.*, 2003; LAZARIM *et al.*, 2009). Estes estudos têm auxiliado as comissões técnicas a adequarem as cargas de treinamento, o que pode contribuir para evitar o desequilíbrio entre estresse e recuperação muscular e diminuir o risco de lesões (SMITH, 2000). A redução da concentração de CK como resposta ao mesmo esforço realizado em dias consecutivos pode indicar uma adaptação muscular (MCHUGH, 2003). Porém, os estudos que avaliaram o comportamento das concentrações de creatina quinase ([CK]) em resposta ao esforço muscular durante uma temporada competitiva de futebol são controversos, havendo alguns que não relataram alterações (ZOPPI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2008) enquanto outros mostraram diminuições da [CK] ao longo de uma competição (LAZARIM *et al.*, 2009).

Mougios (2007) e Lazarim *et al.* (2009) propuseram a utilização de diferentes valores de referência da [CK] como indicativo do estresse muscular. Para o primeiro, atletas com [CK] abaixo de 1492 U/L estariam em processo de adaptação muscular,



enquanto concentrações plasmáticas acima desses valores poderiam indicar que os atletas poderiam estar em situação de maior risco de lesão. Já para os últimos a [CK] indicativa de risco de lesão aumentado seria acima de 975 U/L.

No futebol e em outras modalidades esportivas, a utilização de valores de referência para a [CK] enquanto indicador de dano muscular e/ou risco aumentado de lesão é dificultada pela ampla variabilidade inter e intra-individual observada na análise desta variável (TOTSUKA *et al.*, 2002; CLARKSON e HUBALL, 2002; BRANCCACIO *et al.*, 2008). Um dos fatores que pode contribuir para esta elevada variabilidade pode ser o estado de treinamento dos atletas (BRINK *et al.*, 2010). Dessa forma, pode-se inferir que a utilização de um valor de referência para a [CK] plasmática enquanto marcador de dano e/ou estresse muscular poderia subestimar ou superestimar a presença de microlesões musculares nos atletas.

Nessa mesma linha de pensamento, Moreira *et al.* (2009a) estudando jogadores de futebol após uma partida, sugeriram que as concentrações das imunoglobulinas tal como, IgA que também apresentam uma alta variabilidade, deveriam ser avaliadas a partir dos dados individuais de cada atleta, de tal forma que o atleta seja considerado sua própria referência. Desta maneira, é possível que a análise de uma variável sanguínea que considere tanto os valores basais quanto as variações individuais seja mais adequada do que aquela que utiliza apenas valores absolutos para análise de uma resposta biológica, como por exemplo, a adaptação muscular de um atleta ao estresse do treinamento e/ou do jogo (HARTMANN e MESTER, 2000).

Neste contexto, até o presente momento não foi encontrado um estudo que descrevesse o comportamento da resposta da [CK] de jogadores de futebol de elite durante um período competitivo, baseado em valores individuais, ou seja, que levasse em consideração os valores basais e sua própria variação. Além disso, um estudo que descrevesse os valores individuais da [CK] desses atletas poderia contribuir com uma melhor forma de monitoramento do treinamento esportivo através dessa enzima. Portanto, este estudo teve como objetivo descrever a resposta do comportamento individual das concentrações sanguíneas de CK de atletas durante um campeonato brasileiro de futebol profissional da primeira divisão, bem como verificar o comportamento da [CK] em resposta a diferentes etapas da competição.

## **1.1 Objetivo**

Verificar o comportamento individual da resposta da enzima creatina quinase (CK) ao esforço muscular em jogadores profissionais de futebol ao longo do campeonato brasileiro de futebol. Também, comparar a resposta dessa enzima decorrente dos jogos realizados do campeonato brasileiro em diferentes etapas da competição.

## **1.2 Justificativa**

A resposta da enzima CK a um determinado esforço físico tem sido considerada um bom marcador do estresse muscular e tem sido, portanto, utilizada como forma de monitoramento das cargas de treinamento no futebol, no qual os atletas participam de um extenso calendário competitivo envolvendo sessões de treinamentos e jogos. Contudo, o conhecimento sobre o comportamento da resposta da [CK] ao esforço ao longo de uma temporada competitiva de futebol não é bem definido na literatura. Além disso, a ampla variabilidade inter e intra-individual observada na análise das concentrações sanguíneas dessa enzima tem dificultado a interpretação desta medida na definição da magnitude do estresse muscular apresentado pelos atletas. Dessa forma, tem sido sugerido na literatura que a análise desta enzima enquanto marcador de estresse muscular, não seja feita com base em valores fixos de referência, mas sim que seja feita de forma individualizada, assim como ocorre com outras variáveis sanguíneas que apresentam alta variabilidade em sua análise. Esta análise individualizada tomaria como base a variação individual da resposta da creatina quinase a um determinado esforço em relação a resposta basal .

Portanto se faz necessário um estudo que descreva através de um método individualizado o comportamento da [CK] em resposta ao esforço físico ao longo de uma temporada competitiva de futebol. Dessa forma, tais informações podem contribuir para uma melhor forma de monitoramento e adequação das cargas de treinamento no futebol.

### **1.3 Hipótese**

A concentração sanguínea da enzima creatina quinase ([CK]) em resposta ao esforço muscular decorrente dos jogos de futebol é elevada em relação à variação individual dos atletas, devido à alta intensidade de esforço, que são submetidos os jogadores. É também esperado que os jogadores apresentem uma adaptação muscular ao estresse físico ao qual são submetidos, o que será observado pela redução da [CK] ao longo do período competitivo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Treinamento esportivo e calendário competitivo no futebol

Durante o processo de treinamento existe o constante desequilíbrio da homeostase, através da carga de treinamento, que leva em consideração o volume, intensidade e tipo de exercício (SMITH, 2003). A carga de treinamento imposta ao atleta é chamada de carga externa, a qual pode ser expressa pela duração do treinamento. Por outro lado a carga interna tem sido considerada como o real estresse fisiológico imposto ao atleta (BRINK *et al.*, 2010), avaliado pela resposta isolada e/ou combinada de alguns parâmetros fisiológicos como frequência cardíaca (ANTONACCI *et al.*, 2007), alterações nas concentrações de hormônios (MOREIRA *et al.*, 2009b) e resposta de marcadores de dano muscular a este estresse físico (LAZARIM *et al.*, 2009). Com a progressão da carga de treinamento é esperado que o atleta melhore seu desempenho, isto é, que se adapte ao estresse ao qual está sendo submetido. Entretanto, existe uma linha tênue entre o alcance do pico do desempenho físico e sua deterioração (SMITH, 2003). Geralmente, a deterioração é associada com treinamento excessivo que pode culminar em uma queda crônica do desempenho e o possível aparecimento de lesão, o que caracteriza o quadro de *overtraining* também relatada na literatura como síndrome do excesso do treinamento (SET) (SMITH, 2000; URHAUSEN e KINDERMANN, 2002).

O futebol de elite é um dos esportes que apresenta um extenso calendário competitivo. Os praticantes desse esporte, geralmente, participam de campeonatos regionais, nacionais e internacionais, chegando a jogar até três vezes por semana. Esse quadro pode levar o atleta à uma elevada sobrecarga muscular, redução do desempenho e alteração das respostas inflamatórias (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010).

Tem sido reportado na literatura que os jogadores de futebol apresentam redução do desempenho e elevado estresse muscular, observado pelas concentrações de CK, em até 120 h após uma partida de futebol (ISPIRLIDIS *et al.* 2008; FATOUROS *et al.* 2010). Considerando que estes atletas participam por mais de um jogo por semana, pode ser que eles não estejam completamente recuperados

do ponto de vista fisiológico, para participar de todos os jogos. Dessa forma, tem sido observado que as incidências de lesões são maiores nos atletas que participam de dois jogos por semana em comparação com aqueles que participam apenas de um jogo na semana (DUPONT *et al.*, 2010).

O campeonato brasileiro de futebol é composto por 38 rodadas que se inicia no mês de maio e termina no mês de dezembro, com a maioria dos jogos sendo realizada duas vezes por semana. Considerando a elevada carga externa de treinamentos e jogos imposta por este calendário competitivo, torna-se necessário um adequado controle da carga de treinamento, tanto carga interna quanto carga externa, a fim de minimizar o risco de redução do desempenho, lesão e *overtraining*. Dessa forma, a literatura tem mostrado resultados acerca da resposta de diferentes variáveis fisiológicas, tais como frequência cardíaca (ANTONACCI *et al.*, 2007), alguns hormônios, (MOREIRA *et al.*, 2009) e marcadores de atividade músculo esquelética (CLARKSON e HUBAL, 2002) bem como também de variáveis psicológicas (PURGE *et al.*, 2006) a uma determinada sobrecarga de treinamento, que ao serem analisadas podem contribuir para o adequado controle da carga de treinamento no esporte.

## **2.2 Caracterização do futebol**

O futebol é um esporte que o desempenho depende de fatores físicos, técnicos, táticos e psicológicos (STOLEN *et al.*, 2005). Esse esporte é caracterizado por esforços intermitentes e de alta intensidade (BALSON e EKBLUM, 1991; BANGSBO, 1994), que mais de 90% da energia despendida durante uma partida é derivada do metabolismo aeróbio (BANGSBO, 1994). Os jogadores percorrem em média 10 km em uma intensidade próxima ao limiar anaeróbico, o que implica em média 75% do  $VO_2\text{max}$  e 85% da  $FC\text{max}$  (STOLEN *et al.*, 2005). Estudo de nosso grupo mostrou que a elevada intensidade e a duração de 90 min de uma partida de futebol culminam em um gasto energético de aproximadamente 1539 kcal (COELHO *et al.*, 2010).

Em um jogo a distribuição da distância total percorrida se dá em diferentes zonas de velocidades. De acordo com Barros *et al.* (2007), os jogadores brasileiros de futebol percorrem em média, 5526m em velocidades entre 0 a 10 km/h, 1600m

entre 11 a 13 km/h, 1721m entre 14 e 18 km/h, 691 m entre 19 e 22 km/h e 437m em velocidades acima de 23 km/h. Esses resultados mostram uma predominância da distância percorrida em baixas velocidades, que caracteriza a predominância da demanda aeróbia desse esporte. Apesar disso, parece que são as ações predominantemente anaeróbias que podem definir o resultado de uma partida (ALHAZAA *et al.*, 2001; ABRANTES *et al.*, 2004).

A conversão rápida de energia química em mecânica é um fator importante na velocidade dos deslocamentos e ações de curta duração e alta intensidade realizadas durante os jogos como, saltos, chutes, disputas contra os adversários e *sprints* com mudança de direção (STOLEN *et al.* 2005; CAMPEIZ e OLIVEIRA, 2006). Geralmente, em uma partida de futebol ocorrem por volta de 1000 a 1500 mudanças de direção, muitas dessas sendo caracterizadas por corridas de costas, corridas em diagonal, corridas laterais e corridas em linha reta (BLOOMFIELD *et al.* 2007).

### **2.2.1 Estruturação dos treinamentos no futebol**

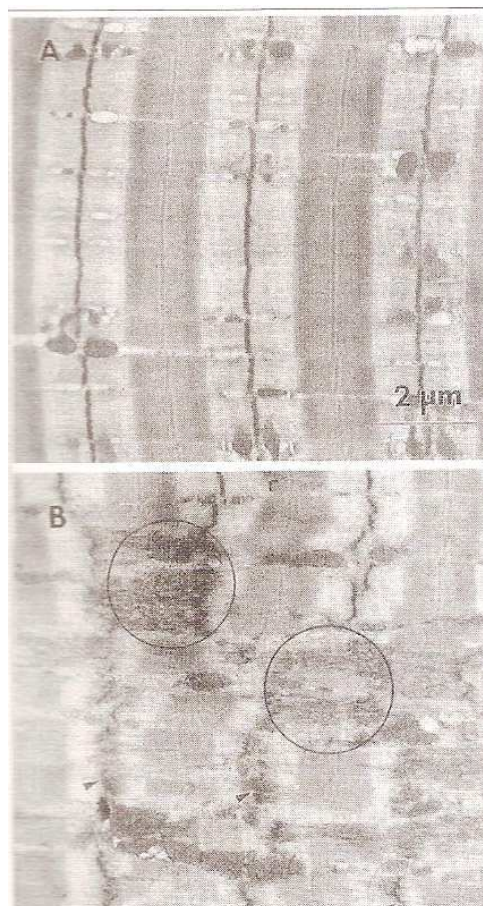
A estruturação dos principais tipos de treinamentos no futebol tem como objetivo desenvolver as capacidades físicas, técnicas e táticas dos jogadores (FLANAGAN e MERRICK, 2002). Alguns treinamentos para melhora das capacidades físicas tem sido realizados em forma de circuito (HOFF, 2005), campo reduzido (RAMPININI *et al.*, 2007) e corridas intervaladas (HOFF, 2005). Assim com o objetivo de identificar a intensidade de esforço de algumas sessões de treinamento de futebol, nosso laboratório avaliou treinamentos em campo reduzido e treinamentos coletivos, nos quais foram observadas, através de medidas da frequência cardíaca, intensidades relativas de esforço respectivamente de 79% e 75% da frequência cardíaca máxima (COELHO *et al.*, 2008).

Outras sessões de treinamentos são estruturadas na programação semanal do futebol com o objetivo de recuperação e recreação (SILVA *et al.*, 2008). O somatório é por volta de 6 a 8 sessões de treinamento e jogos em uma semana (GOMES e SOUZA, 2008). Várias das ações musculares, características dos treinamentos e jogos de futebol, possuem a presença da ação muscular excêntrica,

o que pode resultar em aumento na incidência de dano no músculo esquelético (CLARKSON e HUBAL, 2002).

### 2.3 Exercício e dano muscular

A sobrecarga mecânica imposta ao músculo esquelético pode causar pequenas rupturas, principalmente quando esta sobrecarga não é habitual e a predominância da ação muscular é excêntrica (CLARKSON e HUBAL, 2002; PROSKE e ALLEN, 2005). As rupturas causadas no tecido muscular pelo exercício físico são denominadas pela literatura como microlesões musculares ou dano muscular (DM) (Figura-1) (TIDUS, 2008).



**FIGURA 1.** Rompimento do sarcômero seguido de uma contração excêntrica. A – Sarcômeros de um músculo normal demonstrando um bom alinhamento e padrão regular das bandas. B – Sarcômeros de um músculo exposto a contração excêntrica demonstrando com rompimentos na região do disco Z.

(FONTE: TIDUS, 2008: p. 7).

O dano muscular (DM) é definido por Tidus (2008) como perda da função muscular causada pelo rompimento físico das estruturas envolvidas na produção ou transmissão de força. Essa definição é embasada na hipótese que a perda da função no músculo com microlesões deve-se ao rompimento das estruturas musculares. Algumas dessas estruturas que podem sofrer dano são as linhas Z, sarcolema, túbulos T e miofibrilas (FOSCHINI *et al.*, 2007). A redução da força observada no músculo com microlesões deve-se, portanto, a combinação do rompimento físico dos sarcômeros, ou de outras estruturas musculares, ao prejuízo no acoplamento excitação e contração, sendo este último caracterizado pelos eventos que iniciam desde a liberação de acetilcolina na junção neuromuscular até a liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático (MCHUG, 2003).

A magnitude do DM depende da tensão e do alongamento imposto ao músculo, sendo esses dois fatores considerados chave para determinar o nível de DM (TIDUS, 2008). Assim, tem sido reportado que o exercício com elevado componente de ação muscular excêntrica provoca maior DM quando comparado a ação concêntrica (MCHUGH *et al.*, 1999; LAVENDER e NOSAKA, 2006) e por isso a contração muscular excêntrica é um dos protocolos mais utilizados nos estudos que investigam as respostas fisiológicas decorrentes do DM (TOTSUKA *et al.*, 2002; CHEN e NOSAKA, 2006; YAMIN *et al.*, 2010).

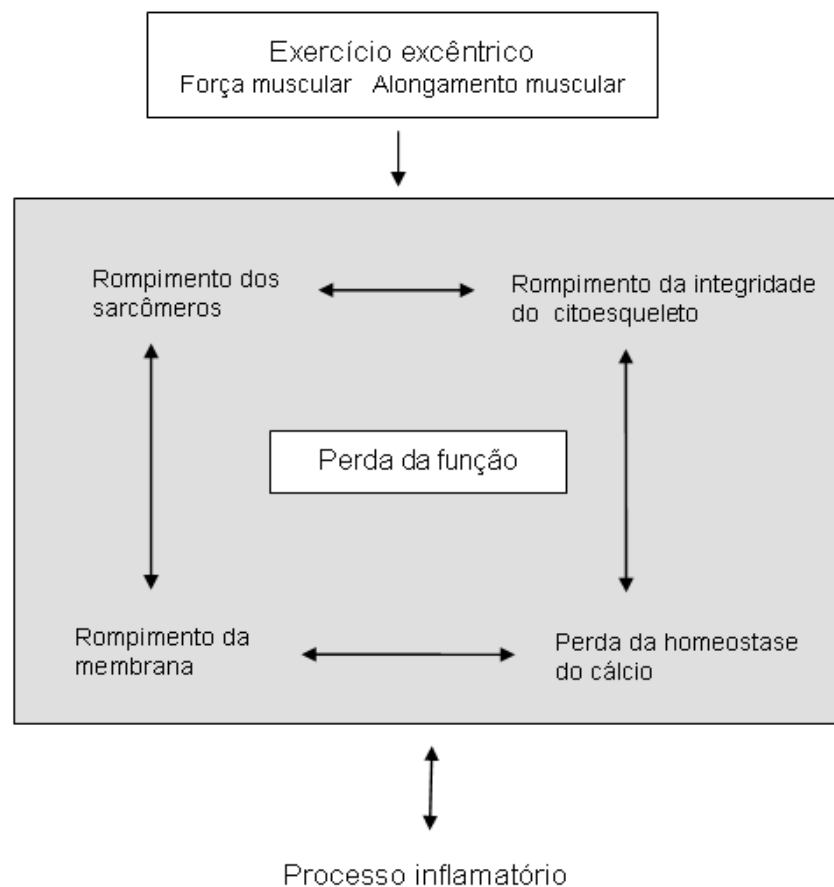
Durante a contração muscular excêntrica é observada para uma mesma produção de força uma menor ativação de unidades motoras comparada com a contração muscular concêntrica (MCHUGH *et al.*, 1999). Portanto, uma menor quantidade de unidades motoras ativas, resulta em uma maior tensão e dano das fibras musculares envolvidas na contração excêntrica (MORITANI *et al.*, 1987; BARROSO, TRICOLI e UGRINOWITSCH, 2005; BUTTERFIELD, 2010). As causas reportadas pela literatura que explicam esse fenômeno durante a contração muscular excêntrica são: a maior contribuição dos componentes elásticos musculares e aumento da sincronização das unidades motoras durante a ação excêntrica (CLARKSON e HUBAL, 2002; GABRIEL, KAMEN e FROST, 2006; BUTTERFIELD, 2010).

Proske e Allen (2005) descreveram um modelo teórico, no qual, durante as séries de contrações excêntricas os sarcômeros são superestirados, iniciando dos mais fracos e progressivamente até os mais fortes. Cada vez que o músculo relaxa entre as séries, alguns sarcômeros estirados podem não se reintegrar o que resulta



em seu rompimento. Assim, com o rompimento dos sarcômeros, o DM pode se estender longitudinalmente e transversalmente na fibra.

Em um segundo estágio decorrente do DM a homeostase do cálcio é alterada, permitindo o influxo desse mineral para célula (TRICOLI, 2001; PROSKE, ALLEN, 2005; TIDUS, 2008). O influxo de cálcio provoca a ativação de diferentes vias moleculares no músculo, incluindo a via fosfolipase-prostaglandina e a via proteolítica da calpaína. A ativação dessas vias pode iniciar a degradação das miofibrilas, o que resulta em difusão dos componentes celulares para o interstício e plasma. Essas substâncias iniciam o processo inflamatório na área de lesão, culminando em fagocitose do tecido necrosado (Figura-2) (TRICOLI, 2001; PROSKE, ALLEN, 2005; TIDUS, 2008). Portanto, o DM decorrente do exercício possui dois momentos, sendo um pela própria ação mecânica da contração muscular e o outro pela ativação de vias proteolíticas e processo inflamatório na célula.



**FIGURA 2.** Esquema do dano muscular seguido de contração excêntrica. (FONTE: Adaptado de TIDUS, 2008: p. 11).

Geralmente os grupos musculares afetados pelo DM após exercício demonstram-se rígidos e sensíveis ao toque devido ao inchaço, com decréscimo da capacidade de gerar força e a amplitude de movimento reduzida (PROSKE e MORGAN, 2001; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008). Dessa forma, têm sido observados após protocolos de exercício excêntrico alguns sintomas do DM, como: redução do desempenho na capacidade de gerar força (PASCHALIS *et al.*, 2005; TWIST e ESTON, 2005; MAGALHÃES *et al.*, 2010), dor muscular tardia e redução da amplitude de movimento (PASCHALIS *et al.*, 2005; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008).

As formas mais comuns de ocorrência de dano muscular (DM) são lesão por esmagamento, lesão por eletrocussão e exercício físico intenso (BRANCACCIO, LIPPI E MAFFULLI, 2010). Abordaremos aqui, apenas o DM causado pelo exercício físico. Contudo, é importante ressaltar que o DM causado pelo exercício físico pode alcançar diferentes magnitudes. Assim, foi proposto por Butterfield (2010) um modelo que o dano muscular é analisado na perspectiva tanto de um sistema estável quanto também clínico. De acordo com Butterfield (2010) o DM após exercício não é visto como causa de uma situação clínica e sim como um evento que gera rompimentos estruturais no músculo, o qual possui capacidade de se adaptar rapidamente. Assim, esse processo é visto como um sistema estável e que contribui para os mecanismos que atuam no reparo muscular. Já na visão clínica, apresentada por este mesmo autor, o dano muscular é caracterizado pelo severo rompimento estrutural do músculo e é associado com dor imediata e incapacidade. O dano muscular com esta magnitude, muitas vezes, é chamado de lesão muscular e resulta em inibição da regeneração causada pela formação de uma cicatriz fibrótica e com subsequente comprometimento da função do tecido (BUTTERFIELD, 2010).

## **2.4 Adaptação muscular**

O tecido muscular possui a capacidade de se reparar, bem como de se adaptar a um estressor, como por exemplo o exercício físico (CLARKSON e HUBAL, 2002; MCHUGH, 2003). Um dos mecanismos responsáveis pelo reparo muscular é a ativação das células satélites miogênicas, que desencadeiam também o processo de hipertrofia muscular (BARROSO, TRICOLI e UGRINOWITSCH, 2005; TIDUS, 2008).

As células satélites possuem esse nome devido a sua localização na periferia das fibras musculares. Essas células deixam seus estados inativos em resposta ao exercício intenso e dano muscular. Elas se proliferam e migram para o local da lesão, para iniciar o processo de reparo das fibras danificadas. As células satélites reparam o músculo por fusão entre elas (resultando em uma nova fibra), por fusão com as fibras musculares existentes ou ambas (BARROSO, TRICOLI e UGRINOWITSCH, 2005; TIDUS, 2008). Este processo é mediado por citocinas inflamatórias e fatores de crescimento que são produzidos e liberados localmente em resposta ao dano muscular. Dessa forma, quatro fases caracterizam o processo de reparo através das células satélites: estado inativo, ativação, proliferação e fusão/diferenciação (BARROSO, TRICOLI e UGRINOWITSCH, 2005; TIDUS, 2008).

A adaptação muscular também pode ocorrer através dos mecanismos relacionados ao fenômeno conhecido como efeito protetor da carga repetida. Neste caso, uma mesma sessão de exercícios, que anteriormente não era habitual, é realizada novamente em até algumas semanas após a primeira sessão de exercício (MCHUGH *et al.*, 1999; MCHUGH, 2003). Assim, as sessões posteriores à primeira, resultam em menor sensação de dor muscular, em atenuação do DM e do extravasamento de proteínas para o sangue (exemplo: lactato desidrogenase, CK e mioglobina), rápida recuperação da força e da amplitude de movimento e redução do inchaço (MCHUGH *et al.*, 1999; TRICOLI, 2001; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; TIDUS, 2008).

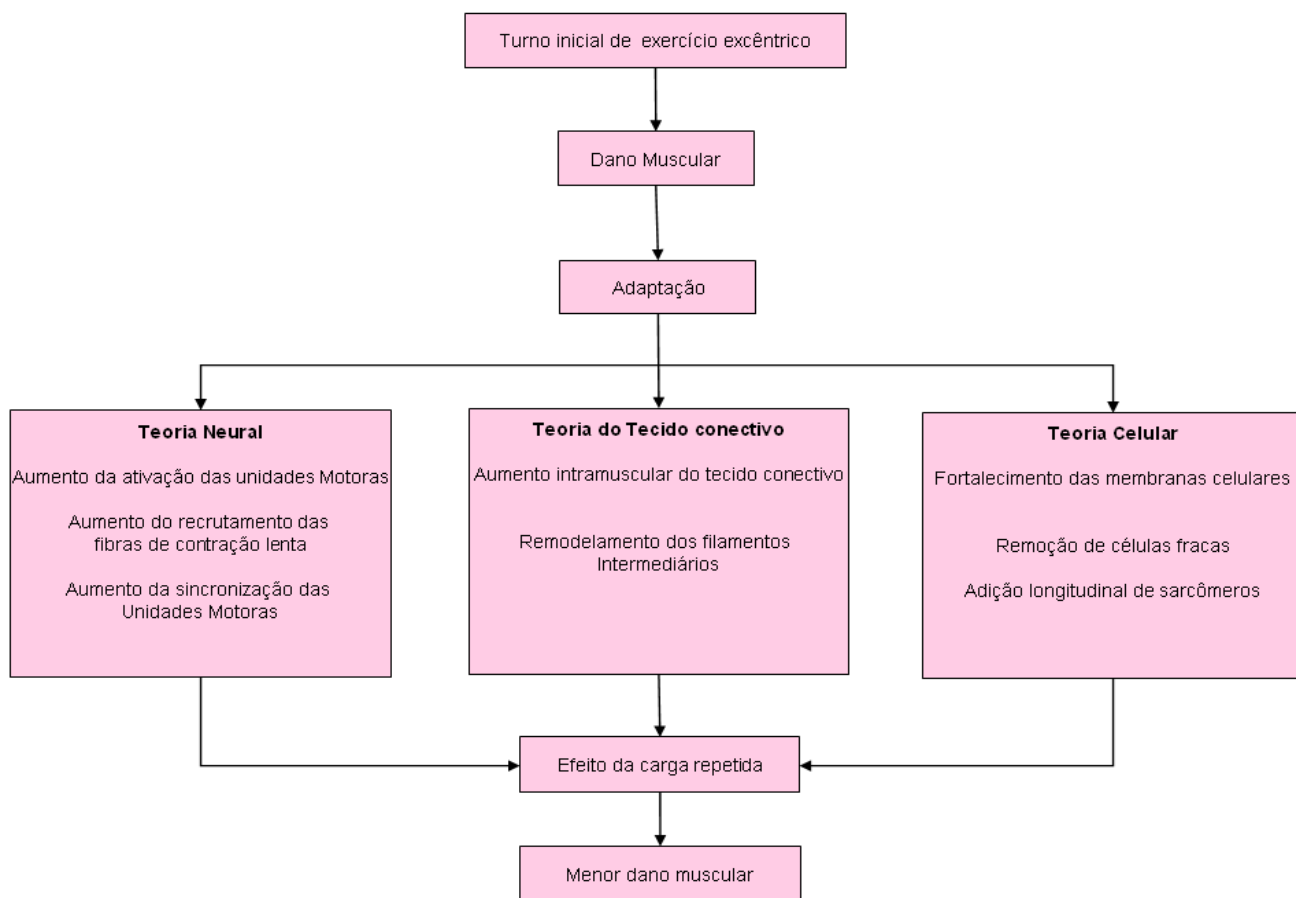
O efeito da carga repetida tem sido descrito como específico do grupamento muscular envolvido no exercício (TIDUS, 2008). Contudo, os mecanismos envolvidos nesse fenômeno ainda não estão bem esclarecidos. Portanto, alguns desses mecanismos relacionados ao efeito da carga repetida podem explicar a adaptação muscular ao estresse fisiológico ao qual é submetido. Mchugh *et al.* (1999) e Mchugh (2003) propuseram algumas teorias para explicar o fenômeno do efeito da carga repetida:

1- Teoria neural: a menor ativação das unidades motoras durante a ação muscular excêntrica promove uma oportunidade para que o músculo possa se adaptar a recrutar melhor suas unidades motoras. Desse modo, algumas das adaptações neurais como aumento do recrutamento das unidades motoras de contração lenta e aumento da ativação de um maior quantidade de grupamentos das

unidades motoras, resultariam em melhora da distribuição do trabalho entre as fibras.

2) Teoria do tecido conectivo: Considerando que o DM ocorre pelo estresse mecânico que resulta em rompimento das fibras musculares, o efeito protetor contra o dano pode alterar as propriedades do músculo esquelético. As estruturas passivas, como as compostas pela proteína desmina e titina, são responsáveis por manter a integridade dos sarcômeros. Assim, um aumento da capacidade dos elementos passivos em resistir à carga de exercícios poderia diminuir a magnitude do DM, através de uma maior dissipação do estresse miofibrilar.

3- Teoria celular: as adaptações celulares podem ocorrer ao nível da fibra muscular, miofibrila ou do sarcômero. De acordo com essa teoria, o fortalecimento da membrana celular, a remoção das células fracas e a adição longitudinal de sarcômeros explicariam a adaptação muscular que caracteriza o efeito da carga repetida. Desse modo, o fortalecimento do sarcolema e/ou retículo sarcoplasmático preveniria o rompimento celular, assim prevenindo a perda da homeostase do cálcio, o que preveniria a necrose celular. Além disso, uma adição longitudinal de sarcômeros resultaria em menor tensão dos mesmos durante a contração muscular e subsequente menor DM. Outra adaptação celular é a redução da resposta inflamatória após a segunda sessão dos mesmos exercícios o que reduziria o segundo momento do DM.



**FIGURA 3.** Potenciais mecanismos que podem explicar o efeito da carga repetida.  
 (FONTE: Adaptado de MCHUGH *et al.*, 1999: p.168).

## 2.5 Avaliação do dano muscular

Os eventos relacionados à ocorrência do DM possibilitam que o mesmo seja avaliado. A avaliação do DM tem sido realizada, dentre outros, com o objetivo de auxiliar no adequado controle da carga do treinamento no esporte (MCLELLAN *et al.*, 2010; MORALES, MACIEL, NETO, 2010; ). O controle clínico do infarto do miocárdio (ALPERT *et al.*, 2000) e a avaliação do estado de Rhabdomyolysis, caracterizado por ruptura e necrose da fibra do músculo estriado (CERVELLIN, COMELLI e LIPPI, 2010) são também exemplos de situações clínicas, que a avaliação de dano muscular é utilizada. Algumas formas de avaliação do dano muscular são apresentadas pela literatura e têm sido subdivididas em avaliações diretas e indiretas, sendo que ambas possuem vantagens e desvantagens (CLARKSON e HUBAL, 2002).

### 2.5.1 Avaliação direta do dano muscular

1) Análise da biópsia muscular é um método invasivo, no qual uma amostra do músculo é usada para estimar o DM total. Entretanto, esta técnica pode superestimar ou subestimar o dano de um músculo, pois este não é similar em todo o músculo (CLARKSON e HUBAL, 2002).

2) Análise da imagem de ressonância magnética é descrita como uma ferramenta poderosa, apesar de avaliar o DM de forma não invasiva possui um elevado custo (CLARKSON e HUBAL, 2002).

Em função dos problemas associados às avaliações diretas de DM, alguns marcadores indiretos de dano muscular têm sido utilizados, como a avaliação da dor muscular, quantificação do extravasamento das proteínas sanguíneas e contração voluntária máxima. Muitas dessas avaliações podem ser realizadas em até sete dias após o exercício, devido às alterações decorrentes do DM poderem perdurar durante esse período (CLARKSON e HUBAL, 2002).

### 2.5.2 Avaliações indiretas do dano muscular (DM)

1) Avaliações neuromusculares: o desempenho de algumas variáveis neuromusculares como a força máxima em uma repetição máxima (1RM) e salto vertical têm sido utilizada para avaliar o DM, sendo esperado que na presença do dano ocorra redução do desempenho nessas tarefas (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010). Entretanto, essas avaliações dependem da motivação do atleta para a execução da tarefa, o que pode influenciar nos resultados.

2) Avaliação da dor muscular: A escala de dor muscular é uma variável bastante utilizada na literatura para avaliação do DM, sendo descrita como *delayed onset muscle soreness* (DOMS), ou seja dor muscular de início tardio (THOMPSON, NICHOLAS e WILLIAMS, 1999; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010). Contudo, este tipo de avaliação pode sofrer interferência de fatores cognitivos como a representação subjetiva inadequada do real estado de dor muscular pelo avaliado.

3) Avaliações de proteínas sanguíneas: Essa avaliação permite demonstrar através do valor das concentrações de proteínas sanguíneas o DM, porém, a medida das proteínas sanguíneas, como a mioglobina, as enzimas CK e lactato

desidrogenase apresentam uma alta variabilidade inter e intra individual, o que pode dificultar a interpretação dos resultados (BRANCACCIO *et al.*, 2008).

## 2.6 Extravasamento de proteínas sanguíneas

Algumas proteínas são consideradas marcadores de DM por atravessarem a barreira da membrana sarcoplasmática em decorrência do exercício. Assim, a membrana celular com dano apresenta aumento da sua permeabilidade, que permite extravasamento dessas proteínas para o sistema linfático até chegar à corrente sanguínea (CLARKSON e HUBAL, 2002; FOSHINI, PRESTES e CHARRO, 2007; BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007; BRANCACCIO *et al.*, 2008; CLARKSON e HUBAL, 2002). Posteriormente, essas proteínas são depuradas, muitas vezes por endocitose nas células de Kupffer do fígado, que compõe o sistema retículo-endotelial (BIJSTERBOSCH *et al.*, 1985; TIDUS, 2008). As proteínas mais estudadas são: a mioglobina, a enzima lactato desidrogenase, troponina, fragmentos da cadeia pesada de miosina e a enzima creatina quinase (CK) (FOSHINI, PRESTES e CHARRO, 2007; BRANCACCIO *et al.* 2008; SAENGER, 2010). Devido às diferentes massas moleculares e concentrações no interior da célula, estas proteínas apresentam diferentes concentrações na corrente sanguínea após atravessarem a membrana celular em decorrência do exercício (BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007; BRANCCACIO *et al.*, 2008). Além disso, essas proteínas apresentam especificidades distintas de cada tecido (SCHNEIDER *et al.*, 1995; BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007; BRANCCACIO *et al.*, 2008). Dentro desta perspectiva, um marcador ideal de DM deveria ser específico do músculo esquelético, com uma alta concentração intracelular, além de possuir uma liberação rápida no caso de lesão e manter sua concentração elevada durante um tempo suficiente e estável no sangue. Além disso, no soro das pessoas saudáveis, este marcador, deveria ser indetectável ou estar presente em uma concentração baixa no sangue, o que iria, portanto, diferenciar sua presença na ocorrência de DM (MARTINEZ-AMAT *et al.*, 2005).

### 2.6.1 Creatina quinase

A concentração sanguínea da CK tem sido um dos marcadores de DM mais estudados, e tem sido considerada um bom marcador (CLARKSON e HUBAL, 2002; BRANCACCIO *et al.*, 2008; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008). Após ser liberada, a enzima CK chega à corrente sanguínea com uma elevada concentração comparada as outras proteínas, sua avaliação é de baixo custo e o seu pico de liberação pode ocorrer entre 24 e 48h após o exercício físico (CLARKSON e HUBAL, 2002; FOSCHINI *et al.*, 2007). Além disso, o pico da [CK] é correlacionado com o pico de outras proteínas séricas, com o pico de alteração da força isométrica máxima e acompanha a alteração na imagem de ressonância magnética provocada pelo dano muscular (NOSAKA e CLARKSON, 1996).

A função da CK na célula é regular as concentrações de adenosina difosfato (ADP) e adenosina trifosfato (ATP), pois ela é responsável por catalisar a reação reversível entre a fosfocreatina (CP) e o ADP. A CK é uma proteína dimérica globular composta de duas sub-unidades, com massa molecular de 43 kilodaltons (kDa) cada. Existem pelo menos cinco isoformas da CK: três isoenzimas no citoplasma conhecidas como CK-BB ou CK 1, CK-MB ou CK 2 e CK-MM ou CK3, e duas isoenzimas (sarcoméricas e não sarcoméricas) na mitocôndria (HORTOBÁGYI e DENAHAN, 1989; BRANCACCIO, MAFFULLI, LIMONGELLI, 2007). Essas duas isoenzimas mitocondriais são proteínas octoméricas, conhecidas como macro-CK, devido aos seus elevados pesos moleculares (BRANCACCIO, MAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).

As isoenzimas (CK-BB, CK-MB e CK-MM) compõem a chamada CK-total e cada uma fornece informações específicas do tecido lesionado (percentual da predominância das concentrações de CK de cada tecido, como mostra a tabela 1), assim:

1- A CK-MB é específica do músculo cardíaco e encontra-se elevada no sangue quando há infarto agudo do miocárdio (KATIRIJI e MOHAMED, 2001; BRANCACCIO, MAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).

2- A CK-BB é específica do tecido cerebral e se apresenta elevada no sangue em caso de lesão cerebral e durante a vida fetal (KATIRIJI e MOHAMED, 2001; BRANCACCIO, MAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).



3- A CK-MM é encontrada especificamente ligada as miofibrilas localizadas na estrutura da linha-M no músculo esquelético. Em adultos, a CK total é formada predominantemente pela CK-MM oriunda do músculo esquelético e se apresenta elevada no sangue no caso de danos no músculo esquelético (KATIRIJI e MOHAMED, 2001; BRANCACCIO, MAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).

**TABELA 1**

Percentual da predominância das concentrações de CK de cada tecido (FONTE: KATIRIJI e MOHAMED, 2001: p.159).

	Isoenzima BB	Isoenzima MB	Isoenzima MM
Sinônimo	CK1	CK2	CK3
Músculo esquelético	-	1-3%	97-99%
Músculo cardíaco		15-20%	75-80%
Cérebro	100%	-	-
CK sérica total	-	-	100%

### 2.6.1.1 Variabilidade e resposta da enzima CK ao exercício físico

A resposta da [CK] ao exercício bem como seus valores de repouso apresentam uma ampla variabilidade inter e intra individual (BRANCACCIO *et al.*, 2008). Alguns fatores biológicos e ambientais são determinantes para esta variabilidade na análise das concentrações da CK :

- 1- Gênero: as mulheres apresentam menores concentrações de CK em comparação aos homens. Após o exercício essas diferenças permanecem e são provavelmente derivadas da proteção que o estrogênio pode fornecer à estabilidade da membrana celular no miócito, limitando os DM (TIDUS, 2003; BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).
- 2- Etnia: sujeitos negros apresentam maiores concentrações de CK do que caucasianos em repouso, provavelmente pela maior massa muscular apresentada pelos primeiros (BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).
- 3- Massa muscular: indivíduos com maiores massas musculares apresentam maiores concentrações de CK em repouso (BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).

- 4- Adaptações ao treinamento: atletas apresentam maiores [CK] em repouso comparados a sedentários, mas o pico da [CK] em resposta ao esforço é menor nos treinados. As razões que diferenciam a [CK] de repouso de atletas e não atletas podem ser maior massa muscular, catabolismo de proteínas aumentado ou a combinação desses fatores (HORTOBÁGYI e DENAHAN, 1989; BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).
- 5- Temperatura: atividades realizadas em ambientes frios comparado ao termoneuro geram maiores respostas da CK ao esforço (MAKINEN *et al.*, 1998; BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007).
- 6- Genética: a resposta da [CK] ao exercício pode ser influenciada pela carga genética, por exemplo pela maior expressão da enzima conversora de angiotensina (HELED *et al.*, 2007) ou pela presença dos diferentes perfis genéticos da alpha-actinina-3 (ACTN3) (PIMENTA *et al.*, 2011).
- 7- Idade: Apesar da possibilidade da existência de uma tendência do aumento da [CK] com o envelhecimento, devido ao processo de atrofia muscular (HORTOBÁGYI e DENAHAN, 1989), os resultados têm se mostrado controversos (HORSKA *et al.*, 2000; MOUGIOS, 2007). Já a maturação sexual, que ocorre dos nove aos 17 anos, têm mostrado que após exercício a [CK] é maior quando os indivíduos estão mais próximos dos 17 do que dos nove anos (SILVA *et al.*, 2007). Assim, tem sido observado menor [CK] em resposta ao esforço em crianças do que em adultos (JOSE *et al.*, 1996).
- 8- Responsividade da [CK] ao exercício: os sujeitos podem ser classificados como pouco ou altamente responsivos de acordo com a resposta da elevação da [CK] após o exercício (TOTSUKA *et al.*, 2002).
- 9- Ciclo circadiano: parece ser a variável que menos interfere no aumento da [CK] (HORTOBÁGYI e DENAHAN, 1989), sendo relatada uma variação de 10% ao longo do dia (RIVERA-COLL, FUENTES-ARDERIU e DÍEZ-NOGUERA, 1993).

Outros fatores que interferem na variabilidade da resposta da [CK] ao esforço estão relacionados a carga de treinamento que o indivíduo é submetido, como o tipo, duração e intensidade do exercício (HORTOBÁGYI e DENAHAN, 1989; BRANCACCIO *et al.*, 2008). O tipo de exercício influencia a ocorrência de DM e conseqüente extravasamento de [CK] para a corrente sanguínea. As ações

musculares excêntrica, concêntrica e isométrica aumentam a [CK] (CLARKSON *et al.*, 1986), no entanto, a ação muscular excêntrica, por causar mais dano na fibra muscular do que a concêntrica, eleva mais as concentrações de CK no sangue em resposta ao esforço (MCHUGH *et al.*, 1999 BRANCCACIO *et al.*, 2007). Assim, Lavander e Nosaka, (2006) reportaram maiores [CK] 24h após protocolo de exercício excêntrico do que concêntrico (1143 e 151 U/L, respectivamente).

Ainda considerando o tipo de exercício, tem-se observado maiores [CK] em resposta a exercícios com membro superior (flexão de cotovelo) comparado ao exercício com membro inferior (extensão de joelho). Esse fato pode ser explicado pelo maior uso do membro inferior nas atividades diárias, que o tornaria mais treinado e o que produziria um efeito protetor e conseqüentemente resultaria em menor extravasamento de [CK] para o sangue (TIDUS, 2008; CHEN *et al.*, 2010).

A intensidade é mais determinante do que a duração do exercício para a resposta de aumento da [CK] induzida pelo esforço (HORTOBÁGYI e DENAHAN, 1989). De acordo com Brancaccio, Nicomaffulli, Limongelli (2007) quando a intensidade do exercício é de leve a moderada, o tecido muscular não apresenta mudanças na permeabilidade da membrana. Entretanto, quando a intensidade torna-se elevada, a permeabilidade da membrana é alterada e as enzimas citoplasmáticas são liberadas para o espaço extracelular. Dessa forma, Mendham *et al.* (2011) observaram em um protocolo de treinamento de força de alta intensidade uma resposta mais pronunciada na [CK] do que no protocolo de baixa intensidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Paschalis *et al.* (2005), que observaram em dois protocolos com mesmo volume, porém com intensidades diferentes que as [CK] foram maiores 24 h após o protocolo de alta intensidade. Portanto, a intensidade parece exercer considerável influência no aumento da [CK] em resposta ao esforço físico.

O exercício de longa duração também modula o aumento da [CK], pois, elevadas concentrações de CK são encontradas em resposta a provas de longa duração como maratona (NUVIALA *et al.*, 1992; PARKER *et al.*, 2010) ou Triatlon (DENVIR *et al.*, 1999). Contudo, essas provas também são consideradas intensas. Nesta linha de pensamento, Mendhan *et al.* (2011) observaram que exercício aeróbio de longa duração realizado no cicloergômetro com indivíduos sedentários promovem aumentos da [CK] mais pronunciados quanto maior for a intensidade deste exercício.

Em conjunto o tipo, a duração e a intensidade do esforço físico sendo realizado influenciam o aumento da [CK] após o exercício. Diante disso, as diferentes modalidades esportivas que envolvem distintos tipos, durações e intensidades de esforço produzem diferentes respostas da [CK]. Mougious (2007) avaliou de forma longitudinal a [CK] em várias modalidades esportivas durante um período de 10 anos. O autor ressalta que as maiores [CK] apareceram no futebol e as menores na natação. O autor justifica esta resposta pela predominância das ações excêntricas e maior contato físico entre os atletas observados no futebol quando comparado com a natação. Portanto, conclui que essas características, tais como as observadas no futebol, favorecem a maior ocorrência de DM.

#### **2.6.1.2 Monitoramento do treinamento esportivo através da análise da resposta da enzima CK ao esforço físico**

A análise da resposta da enzima CK ao esforço físico tem sido utilizada para monitorar o estresse muscular decorrido de jogos de *rugby* (MCLELLAN *et al.*, 2010), treinamentos de voleibol (MORALES, MACIEL e NETO, 2010), jogos de futebol (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008) e também de outros esportes (MOUGIOS, 2007). O objetivo desse monitoramento tem sido fornecer informações quanto o estresse muscular desses atletas para que haja o ajuste adequado da carga de treinamento, no intuito de evitar uma carga excessiva de treinamento que pode culminar no *overtraining* e incidências de lesão (SMITH, 2000).

Purge *et al.* (2006) observaram durante 24 semanas de treinamento com remadores que o aumento da [CK] em resposta ao esforço ocorreu concomitantemente aos aumentos da carga de treinamento. Estes resultados indicaram que a [CK] pode ser sensível às mudanças da carga de treinamento.

Algumas interpretações dos valores da resposta [CK] ao exercício têm sido apontadas na literatura. Branccacio *et al.* (2008) e Totsuka *et al.* (2002) sugeriram um valor limite de [CK] após o esforço, chamado de “*Break Point*”, isto é “*ponto de quebra*” que varia de 300 a 500 U/L e que indicaria que a carga de treinamento físico estaria excedendo o limite da capacidade muscular. Já Martínez-Amat *et al.* (2005)

usaram uma concentração de CK em resposta ao exercício acima de 500 U/L como critério para seleção de sujeitos com lesão severa, sugerindo ser este valor aquele limítrofe para a indicação de risco aumentado de lesão.

### **2.6.1.3 Monitoramento do futebol através da resposta da concentração da enzima CK ao esforço**

A literatura tem fornecido muitas informações quanto ao monitoramento da carga de treinamento no futebol (SPIRLIDIS *et al.*, 2008; WIACEK *et al.*, 2011). Dessa forma, alguns estudos têm reportado que a [CK] aumenta logo após uma partida de futebol e atinge o pico após 48 h (ASCENSÃO *et al.*, 2008; SPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS, 2010) ou 24h (MAGALHÃES *et al.*, 2010; COELHO *et al.*, 2011) e retorna aos seus valores basais após 96 h (SPIRLIDIS *et al.*, 2008). Além disso, a redução do desempenho em testes neuromusculares e a dor muscular após uma partida de futebol têm sido associadas com o aumento da [CK] (SPIRLIDIS *et al.*, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010).

Outros estudos utilizaram simulações das movimentações específicas de uma partida de futebol para avaliar o comportamento da [CK] (THOMPSON, NICHOLAS e WILLIAMS, 1999; TWIST e ESTON, 2005; MAGALHÃES *et al.*, 2010). Foram observados aumentos logo após e pico de [CK] 24 h após movimentações simuladas do jogo de futebol com 90 min de duração (THOMPSON, NICHOLAS e WILLIAMS, 1999; MAGALHÃES *et al.*, 2010) e também aumentos logo após exercício pliométrico com pico de [CK] após 48h (TWIST e ESTON, 2005).

Alguns estudos se preocuparam em descrever o comportamento longitudinal da resposta da [CK] no futebol (ZOPPI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2008; LAZARIM *et al.*, 2009; WIACEK *et al.*, 2011). Entre esses estudos alguns não demonstram alteração na [CK] (ZOPPI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2008; WIACEK *et al.*, 2011) e um observou redução na [CK] durante um campeonato brasileiro de futebol da primeira divisão (LAZARIM *et al.*, 2009), o que pode ser um indicativo de adaptação muscular (MCHUGH, 2003). Dessa forma, a resposta do comportamento da [CK] ao longo de uma temporada competitiva de futebol apresenta-se controversa. O entendimento desta resposta e sua relação com a adaptação muscular no futebol pode auxiliar na

prevenção de lesões e de um estado de treinamento indesejado (SMITH, 2000). Além disso, o excesso de carga de treinamento pode resultar em estiramento muscular que é uma das formas de lesão comum no futebol (FULLER *et al.*, 2006).

No intuito de verificar o comportamento da resposta da [CK] ao longo de cinco meses de uma competição de futebol, Zoppi *et al.* (2003) observaram que as [CK] dos jogadores permaneciam acima dos valores de referência de repouso para homens adultos (SCHRAMA *et al.*, 1998), e mesmo com esses valores, não foram impedidos de participar de algum jogo por lesão. Esses autores concluíram que os jogadores de futebol possuem valores de referência para risco aumentado de lesão maior que a população sedentária.

Mougios (2007) observou em jogadores gregos de futebol que as [CK] eram mais elevadas do que em outras modalidades esportivas que tinham menor incidência de contrações excêntricas e menos contato físico. Além disso, esse autor propôs um valor de referência para a concentração de CK após o esforço de 1492 U/L como indicativo para risco aumentado de lesão no futebol, no dia que ocorria as avaliações os indivíduos não praticavam treinamento físico. Nessa mesma linha de pensamento, Lazarim *et al.* (2009) observaram o comportamento da [CK] ao longo de um campeonato brasileiro de futebol e determinaram um valor de referência para risco aumentado de lesão de 975 U/L, as avaliações destes autores ocorriam dois dias após a redução das atividades esportivas. Assim pelo fato destes autores terem realizado um estudo que se aproximou mais do calendário esportivo brasileiro, esses dados poderiam facilitar o monitoramento da carga de treinamento de jogadores brasileiros de futebol em competição. Além disso, Lazarim *et al.* (2009) observaram assim como Zoppi *et al.* (2003), que os jogadores de futebol permanecem com os valores da [CK] ao longo da competição acima da população sedentária.

#### **2.6.1.4 Análise individualizada de CK**

Existem várias informações a respeito da utilização da resposta da [CK] ao esforço como forma de monitoramento do treinamento (TOTSUKA *et al.*, 2002), inclusive indicação do uso de valores de referência da concentração desta enzima para avaliar possível risco aumentado de lesão no futebol (MOUGIOS, 2007; LAZARIM *et al.* 2009). Porém, a interpretação das avaliações da resposta da [CK] ao esforço para ajuste da carga de treinamento é dificultada pela sua ampla

variabilidade inter e intra-individual (BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007; BRANCACCIO *et al.*, 2008). Além desses fatores, existem outros que são inerentes à própria característica dos esportes coletivos com bola, entre eles os diferentes estados de treinamento na mesma equipe, interrupções na programação dos treinos e incidências de lesões (BRINK *et al.*, 2010).

O conjunto desses fatores influencia o estresse fisiológico experimentado pelo indivíduo, o que pode resultar em diferentes respostas da [CK] ao exercício. Portanto, a utilização de um valor de referência para risco aumentado de lesão no futebol pode subestimar ou superestimar o real estresse muscular dos atletas, tendo em vista a elevada quantidade de fatores que influenciam a resposta da [CK] ao esforço (BRANCACCIO, NICOMAFFULLI, LIMONGELLI, 2007). Assim, tal como já indicado por Ascensão *et al.* (2011) sugerimos que a interpretação das respostas da [CK] ao exercício deve ser realizada com cautela.

Considerando que a individualização da carga de treinamento é um dos princípios do treinamento esportivo (SMITH, 2003), pode-se inferir que a análise das avaliações do estado físico do atleta, entre elas do estado muscular, também deve ser individualizada. Moreira *et al.* (2009a) avaliaram as concentrações das imunoglobulinas decorrentes de uma partida da elite do futebol brasileiro e observaram uma elevada variabilidade nos seus dados. Esses autores sugeriram que a análise desses resultados deveria ser realizada a partir dos dados individuais dos atletas e não partindo de valores de referência indicados na literatura. Hartmann e Mester (2000) também ressaltaram a importância da análise individualizada das avaliações de parâmetros sanguíneos nos atletas. Esses autores sugeriram que a análise de uma variável sanguínea que considere tanto os valores basais quanto as variações individuais seja mais adequada do que aquela que utiliza apenas valores absolutos.

Recentemente, Yamin *et al.* (2010) realizaram um método individualizado de análise das concentrações de CK em resposta ao esforço em sujeitos sedentários. Foram levadas em consideração as concentrações basais e a variação individual na concentração de CK dos sujeitos. Esse método, portanto, aproximou-se mais das sugestões da literatura (HARTMANN e MESTER, 2000; MOREIRA *et al.*, 2009a) para utilização da medida de variáveis sanguíneas como parâmetro para monitoramento do treinamento físico.

Assim, o monitoramento individual da resposta da [CK] no esporte parece contemplar a variabilidade da resposta da [CK] ao exercício e a individualidade biológica dos atletas. Por isso, tem se buscado cada vez mais a individualização da análise desta variável (YAMIN *et al.*, 2010).



### 3 MÉTODOS

#### 3.1 Cuidados Éticos

Este estudo teve aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (Protocolo 485/10) e todos voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido informado para participação no estudo.

#### 3.2 Sujeitos

Participaram do estudo 17 jogadores de um clube da primeira divisão do futebol brasileiro com idade média de  $26,6 \pm 3,7$  anos. No início da temporada os voluntários realizaram avaliações da composição corporal e consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) (Tabela 2). O percentual de gordura corporal foi determinado pelo protocolo de Jackson e Pollock, (1978) e o  $VO_{2max}$  através do Yoyo *endurance* test nível 2 (BANGSBO, 1996). Na tabela 2 estão expressos os dados de composição corporal e capacidade aeróbia máxima.

**TABELA 2**

Composição corporal e  $VO_{2max}$  dos voluntários.

	Massa Corporal (kg)	Massa Magra (kg)	%G	$VO_{2max}$ (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Média	77,8	70,3	9,5	55,5
Desvio Padrão	5,6	4,7	1,4	3,6

#### 3.3 Procedimentos

As concentrações sanguíneas de CK dos jogadores foram avaliadas em 25 jogos dos 38 jogos oficiais do Campeonato Brasileiro de 2010. A [CK] de repouso que passaremos a denominar [CK] de repouso ( $CK_{Rep}$ ) foi obtida, na apresentação dos atletas após 30 dias de inatividade física decorrente das férias oficiais. A coleta após jogos iniciou-se a partir da 8ª rodada do campeonato brasileiro, devido a uma

pausa de cinco semanas na competição. Antes do início da 8ª rodada da competição os atletas passaram por um período preparatório para o reinício da competição.

Durante a temporada competitiva, a [CK] foi avaliada entre 36h e 46h após os jogos que será neste trabalho denominada (CK<sub>Jogo</sub>). Neste período provavelmente ocorre o pico de [CK] (ISPIRLIDIS, *et al.*, 2008; FATOUROS, *et al.*, 2010). O maior valor de cada indivíduo encontrado da [CK] neste período de 36 a 46h após uma partida (CK<sub>Jogo</sub>) em nosso estudo foi denominado CK<sub>Max</sub>. No período compreendido entre o final do jogo e a avaliação da CK<sub>Jogo</sub> os atletas simplesmente descansavam ou realizavam atividades consideradas muito leves (descanso ativo).

A variação máxima da [CK] ( $\Delta CK_{Max}$ ) foi calculada pela seguinte equação:

$$\Delta CK_{Max} = CK_{Max} - CK_{Rep}$$

Assim, a  $\Delta CK_{Max}$  foi considerada 100%, para que posteriormente esse valor fosse utilizado para relativizar a variação entre a CK<sub>Jogo</sub> e a CK<sub>Rep</sub>,

$$\Delta CK_{Jogo} = CK_{Jogo} - CK_{Rep}$$

A relação percentual entre o  $\Delta CK_{Jogo}$  e o  $\Delta CK_{Max}$  foi denominado % $\Delta CK_{Jogo}$

$$\% \Delta CK_{Jogo} = \Delta CK_{Jogo} / \Delta CK_{Max} \times 100$$

A partir destes cálculos, o % $\Delta CK_{Jogo}$  foi agrupado em quartis (Tabela 3).

**TABELA 3**

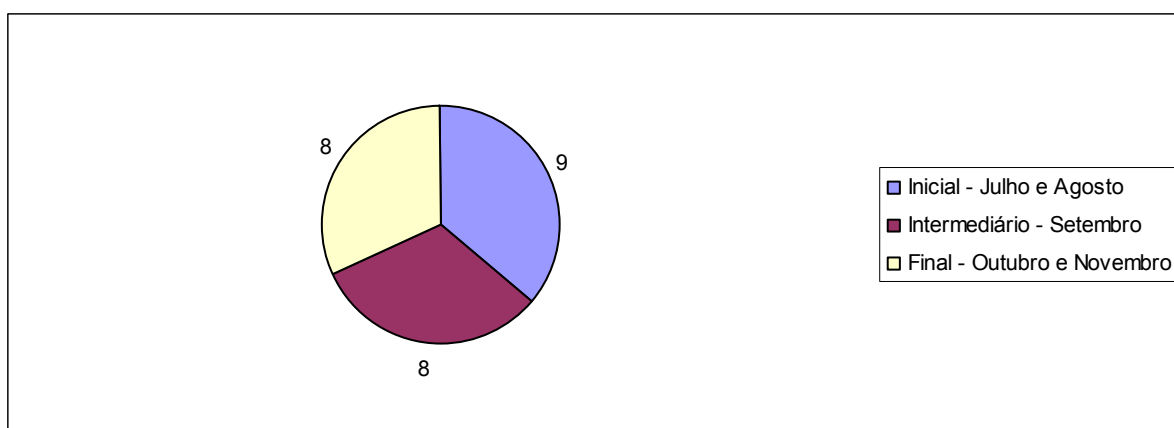
Quartis de agrupamento do % $\Delta CK_{Jogo}$ .

1° Quartil	≤25%
2° Quartil	>25 e ≤50%
3° Quartil	>50 e ≤75%
4° Quartil	>75%

Este procedimento de registro da [CK] foi similar ao utilizado por Yamin *et al.* (2010). Foram incluídas apenas as medidas de CK<sub>Jogo</sub> de atletas que jogaram mais de 75 minutos das partidas (DUPONT *et al.*, 2010), que não sofreram estiramento muscular e que não usaram nenhum tipo de medicamento. A ocorrência de estiramento muscular era confirmada pela imagem de ressonância magnética (IRM)

(Magnetom Vision Plus Siemens de 1,5 Tesla<sup>®</sup>). Além disso, para inclusão no estudo o atleta deveria ter no mínimo quatro avaliações da [CK] ao longo da temporada.

Uma outra resposta analisada neste estudo foi o comportamento da [CK] ao longo da competição a partir da divisão do calendário competitivo em três períodos (Inicial, Intermediário e Final). Esta divisão foi feita de acordo com o número de jogos avaliados, de maneira que cada período tivesse um número similar de avaliações. O período Inicial foi composto pelo conjunto das nove primeiras análises de jogos, que ocorreram nos meses de julho e agosto. O período Intermediário correspondeu ao mês de setembro, quando foram realizados os jogos de 10 a 17. No período Final, foram analisados oito jogos que foram realizados nos meses de outubro e novembro (FIGURA 4). Assim para essa análise o maior valor da  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  de cada período foi utilizado. Como critério de inclusão desta análise, o atleta deveria ter no mínimo uma avaliação da [CK] em cada período e não ter ficado mais do que 20 dias consecutivos sem treinar, tempo suficiente para causar destreinamento em jogadores de futebol (BANGSBO e MIZUNO, 1988).



**FIGURA 4.** Divisão em períodos da temporada competitiva com o número jogos de cada período em que foi avaliado as concentrações de CK.

### 3.4 Monitoramento das variáveis de treinamento e condições ambientais

A carga de treinamento foi registrada pela contagem dos minutos de treinamento efetivo de cada atleta e pela intensidade dos treinos definida enquanto valor percentual da frequência cardíaca máxima ( $\%FC_{\text{Max}}$ ). Para a medida da frequência cardíaca foi utilizado um cardiofrequencímetro (Polar modelo Team System<sup>®</sup>). A frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{Max}}$ ) foi determinada nos treinamentos e

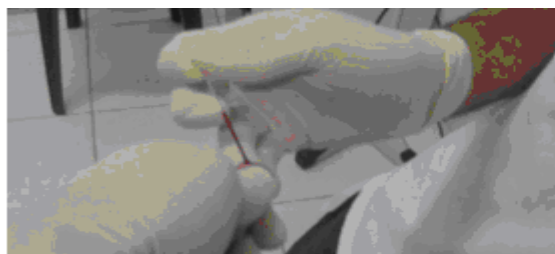
jogos amistosos ao longo da temporada, sendo considerada, de acordo com trabalho anterior de nosso grupo, máxima a maior frequência cardíaca encontrada nessas situações (ANTONACCI *et al.*, 2007).

O registro das condições ambientais durante a temporada foi fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia.

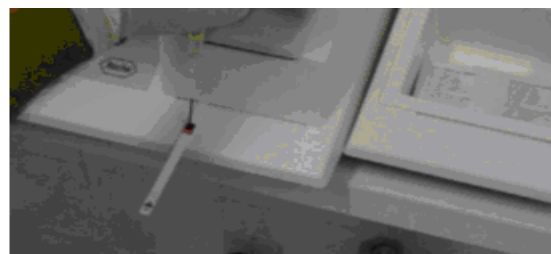
O registro das condições ambientais durante a temporada foi fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia.

### 3.5 Análise da concentração sanguínea de CK

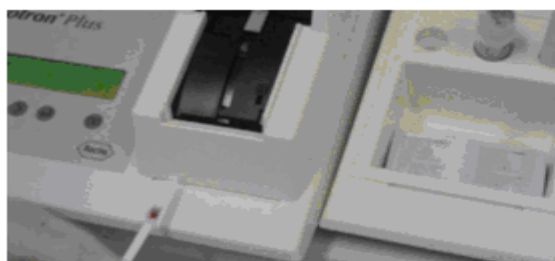
A [CK] sanguínea foi avaliada por fotometria de reflectância a 37°C através do Reflotron Plus® (TWIST e ESTON, 2005). Esse aparelho era calibrado de acordo com as recomendações do manual. Após a assepsia do dedo com álcool, uma amostra de sangue de 30 µl era coletada por punção digital e posteriormente colocada em tiras reagentes específicas que eram inseridas no aparelho (procedimento descrito na Figura 5). Assim o resultado da avaliação da [CK] era demonstrado após 3 minutos da inserção da tira com o sangue no aparelho.



Passo 1 – Furo no dedo com uma lanceta e coleta do sangue através de um capilar



Passo 2 – Inserção do sangue através de uma pipeta acoplada ao capilar



Passo - 3 Inserção da fita de análise da CK com o sangue no aparelho

**FIGURA 5.** Procedimentos de coleta sanguínea para análise no Reflotron<sup>(R)</sup>.

### 3.6 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que não apresentaram normalidade foram apresentados como mediana e amplitude entre o valor mínimo e o máximo e os dados que apresentaram normalidade foram expressos como média e desvio padrão. Para a análise da frequência da  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  em cada quartil ao longo da competição foi utilizado o teste de Chi-quadrado ( $\chi^2$ ). Este teste teve como hipótese nula que todos os quartis são iguais e caso uma diferença fosse encontrada, os valores observados seriam diferentes dos esperados. A comparação entre os três períodos do calendário competitivo foi realizada através da ANOVA one way com medidas repetidas seguida do *post hoc* de Student Newman Keuls, na qual foi utilizada a medida dos maiores valores do  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  de cada atleta em cada período. Para verificar se a  $CK_{\text{Jogo}}$  foi diferente da  $CK_{\text{Rep}}$  foi utilizado o Teste T pareado no qual foi utilizado o menor valor da  $CK_{\text{Jogo}}$  da temporada. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Os dados foram analisados no pacote estatístico Sigma Stat 3.5. A análise descritiva dos dados foi expressa em média, desvio padrão, mediana e distribuição de frequência.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Variáveis de treinamento e condições ambientais

No período da realização do estudo os atletas treinaram em média  $4697,9 \pm 744,6$  min em intensidade média de  $74,5 \pm 1,7\%$  da  $FC_{max}$ . No mesmo período os jogadores atuaram em média durante  $1505,9 \pm 571,4$  min nos jogos. Os valores médios da temperatura e da umidade relativa do ar durante os jogos foram de  $20,9 \pm 4,6^{\circ}C$  e  $69,0 \pm 0,2\%$ , respectivamente.

### 4.2 Exclusão de dados de atletas que sofreram lesão

Durante a competição houve quatro atletas que sofreram estiramento muscular (comprovado por ressonância magnética). Dentre eles, dois atletas tiveram a  $CK_{Jogo}$  avaliada após a lesão de 577 e acima de 2000 U/L (valor indetectável pelo aparelho) que demonstrou-se acima das respectivas  $CK_{Max}$  de 558 e 573 U/L. Esses atletas foram excluídos apenas da análise daquele jogo que ocorreu a lesão.

### 4.3 Percentual da variação individual da concentração de CK após jogos ( $\% \Delta CK_{Jogo}$ )

Foram observados maiores valores do  $\% \Delta CK_{Jogo}$  em relação ao esperado no 2° quartil e valores observados nos 1° e 4° quartis foram menores do que o esperado. Porém não foi encontrada diferença entre os valores observados e esperados no 3° quartil (Tabela 4).

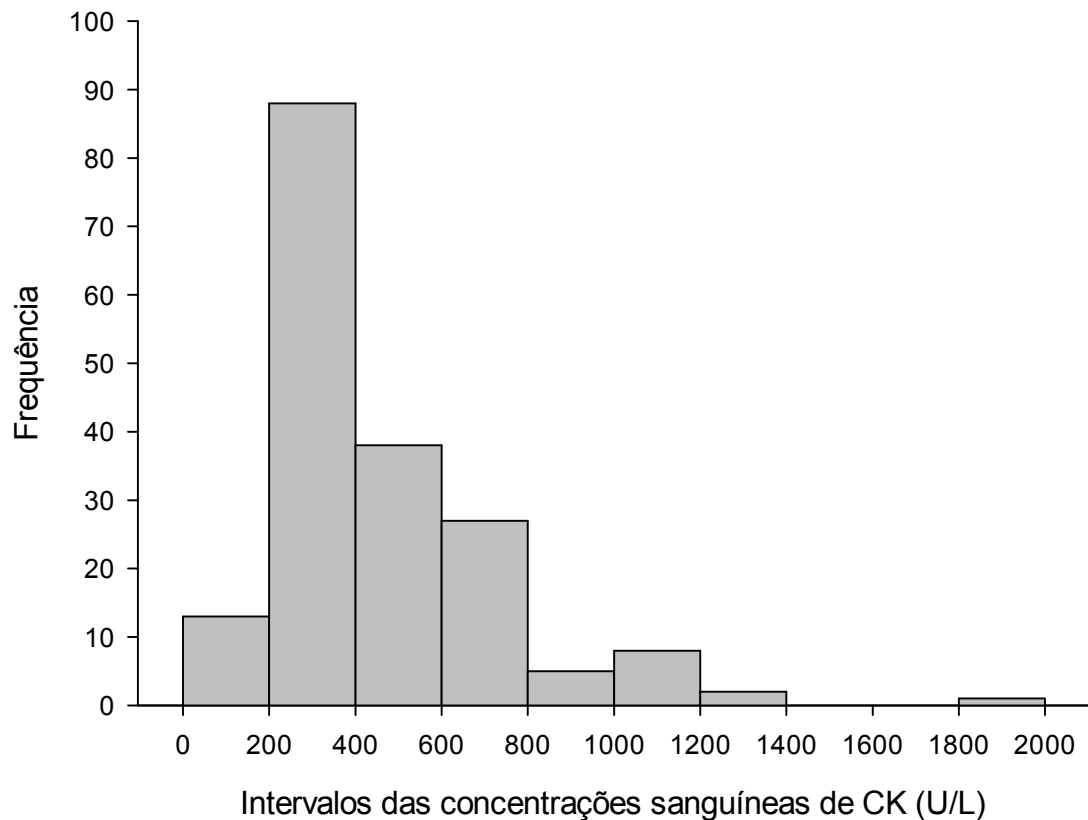
**TABELA 4**  
Frequências observadas e esperadas de cada quartil da  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  dos 17 atletas participantes do estudo.

Quartis	N Observado	N Esperado
1° Quartil	26 (14,2%) *	45,8
2° Quartil	71 (38,8%) *	45,8
3° Quartil	46 (25,1%)	45,8
4° Quartil	40 (21,9%) *	45,8
Numero total de análises	183	183

Valor de chi quadrado 22,21. \* Frequência observada diferente da esperada ( $p < 0,01$ ).

#### 4.4 Análise da concentração sanguínea de CK ao longo da temporada competitiva

Durante a competição a [CK] dos atletas foi avaliada 10,8 vezes em média. A  $CK_{\text{Jogo}}$  foi maior do que a  $CK_{\text{Rep}}$  ( $p < 0,001$ ), e a  $CK_{\text{Jogo}}$  apresentou uma distribuição não normal, com valores variando entre 141 a 1830 U/L (Figura 6). As medianas da  $CK_{\text{Jogo}}$ ,  $\Delta \% CK_{\text{Jogo}}$ ,  $CK_{\text{Max}}$ ,  $CK_{\text{Rep}}$  e  $\Delta CK_{\text{Max}}$  estão expressas na tabela 5.



**FIGURA 6.** Frequência de observações da  $CK_{Jogo}$  dos 17 atletas durante o campeonato brasileiro.

**TABELA 5**

Descrição dos dados da  $CK_{Rep}$ ,  $CK_{Max}$ ,  $\Delta CK_{Max}$  U/L,  $CK_{Jogo}$  U/L,  $\% \Delta CK_{Jogo}$  expressos em mediana e intervalo entre mínimo e máximo.

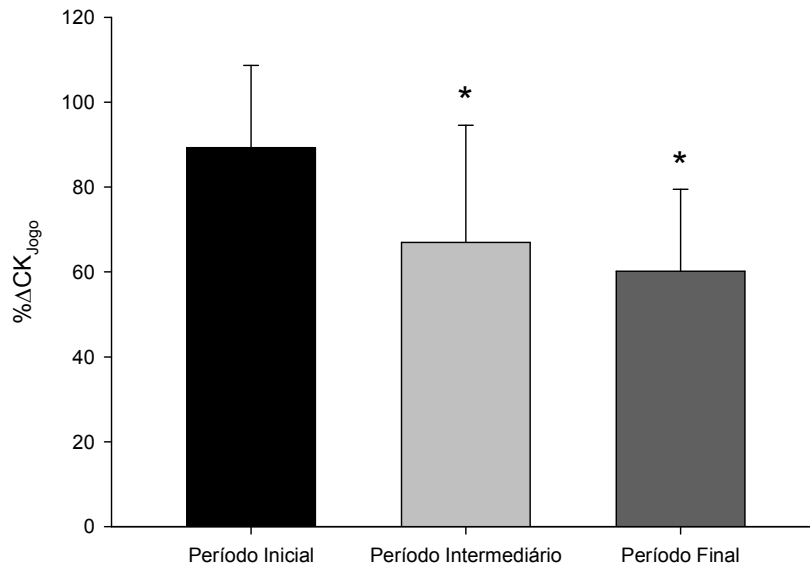
	$CK_{Rep}$ U/L	$CK_{Jogo}$ U/L	$CK_{Max}$ U/L	$\Delta CK_{Max}$ U/L	$\% \Delta CK_{Jogo}$
Mediana	120	376,5	626	478	47,30
Amplitude	26,3 – 475	141 – 1830	350 – 1830	251,8 – 1355	6,6 - 100,0

#### 4.5 Comparação da resposta da [CK] entre os períodos da competição

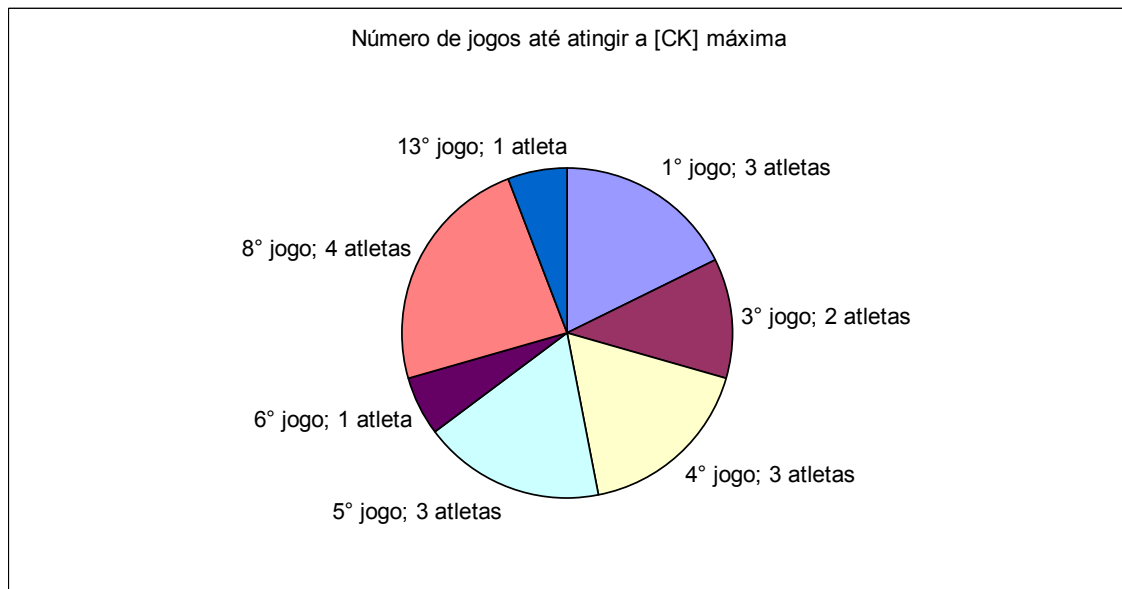
A comparação da resposta da [CK] entre os períodos foi realizada com os dados de 12 atletas. Dois atletas foram excluídos por se lesionarem e terem ficado mais do que 20 dias consecutivos sem treinar e outros três por não terem preenchido no mínimo uma análise da [CK] em cada período. Nos três períodos analisados durante a competição foi observado que as maiores  $\% \Delta CK_{Jogo}$  do período 2 e 3 foram menores do que as maiores do período 1 (Figura 7). Além disso,



foi observado que todos os atletas atingiram a  $CK_{Max}$  entre o 1° – 13° jogo, valor de mediana no 5° jogo. Houveram três atletas que atingiram a  $CK_{Max}$  no primeiro jogo, dois no terceiro, três no quarto, três no quinto, um no sexto, quatro no oitavo e um no 13° jogo (Figura 8).



**FIGURA 7.** Maior %  $\Delta CK_{Jogo}$  de cada período. N = 12. \* Diferença significativa em relação ao Período 1 ( $p < 0,05$ ).



**FIGURA 8.** Número de jogos até atingir a  $CK_{Max}$  de cada um dos 17 atletas.

## 5 DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo foi o comportamento individual da resposta da CK ao longo da temporada competitiva, pois esse resultado representou a magnitude de estresse muscular da competição através das [CK]. Assim esse resultado indicou que houve maiores incidências dos valores observados do  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  no 2° quartil em relação aos esperados. Por outro lado, os valores observados no 1° e 4° quartis foram menores que o esperado. Dessa forma, o calendário competitivo que os atletas foram submetidos não representou um elevado estresse muscular, considerando as menores frequências de observações no 4° quartil e maiores frequências no 2° quartil. Entretanto, não se pode dizer que foi observada uma baixa magnitude de estresse muscular uma vez que as frequências observadas no 1° quartil foram menores que o esperado. Além disso, foi observada uma diminuição dos maiores valores de  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  do período Intermediário e Final em comparação com o período Inicial. Isso sugere que os jogadores de futebol tiveram adaptações musculares decorrentes dos estímulos impostos durante a temporada (TIDUS, 2008; ALVES *et al.*, 2010). Este fato contribuiu para uma maior frequência observada do  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  no 2° quartil e menor no 4° quartil. O perfil do  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  encontrado correspondeu a uma amostra de atletas de uma equipe que ficou entre as primeiras colocadas no campeonato.

O futebol é considerado um esporte de alta intensidade (BANGSBO, 1994), no qual o jogo é realizado em média a 85% da  $FC_{\text{Max}}$  (HELGERUD *et al.*, 2001) e com uma elevada contribuição do metabolismo anaeróbio (BANGSBO, 1994). Devido a essas características do futebol, muitas ações com presença da contração muscular excêntrica são realizadas em alta intensidade como os saltos, frenagens e mudanças de direção. Dessa forma, poderia ser esperada maior magnitude de estresse muscular no presente estudo, mas isso não ocorreu, como pode ser observado pelos maiores valores observados do  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  no 2° quartil na competição. Considerando que os atletas participantes desse estudo eram de elite, pode ser que uma maior capacidade de suportar a carga de treinamento, devido a um maior lastro fisiológico esperado nesse grupo de atletas, tenha contribuído para uma maior frequência de observações no 2° quartil.

A redução da [CK] ao longo da temporada competitiva, observada no presente estudo, pode ser atribuída a uma adaptação do músculo esquelético ao

estresse fisiológico submetido (MCHUGH, 2003). Isto tem sido observado em protocolos de exercício excêntrico (CHEN e NOSAKA, 2006), e em jogadores de futebol durante um campeonato brasileiro da primeira divisão (LAZARIM *et al.*, 2009). De fato, o  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  dos períodos Intermediário e Final foram menores do que o encontrado no período Inicial, mesmo tendo ocorrido maior densidade de jogos no período Intermediário em relação aos demais períodos, o que poderia ter representado um maior estresse fisiológico para os atletas e que poderia resultar em aumento da [CK] (PURGE *et al.*, 2006). O fato de isso não ter acontecido pode-se dever à utilização de alguns parâmetros de controle do treinamento, entre eles a própria [CK], para adequar a carga de treinamento físico destes atletas e consequente alcance de um período de descanso apropriado entre esses jogos.

Outra observação é que embora previamente ao início da competição, os atletas tenham passado por um período preparatório, mesmo assim continuaram se adaptando durante a competição. Este fato demonstra a especificidade da carga imposta pelos jogos em relação aos treinamentos. Sabe-se que o aumento da [CK] sofre influência do tipo de exercício, principalmente quando esse exercício não é habitual (MCHUGH, 2003). Talvez os primeiros jogos dos atletas possam ter representado um estímulo estressor diferente em relação aos treinamentos previamente realizados, o que resultou em maior [CK] após estes jogos. Devido ao fato das maiores [CK] terem sido observadas nos primeiros jogos, uma aplicação prática desse resultado é que a  $CK_{\text{Max}}$  pode ser obtida próximo ao 5<sup>a</sup> jogo.

Ao contrário dos resultados do presente estudo, Zoppi *et al.* (2003) não observaram diminuições da [CK] em resposta ao esforço durante cinco meses de um campeonato de futebol. Porém, esses autores realizaram seu estudo em uma competição regional com outro tipo de calendário competitivo. Silva *et al.* (2008) avaliaram o comportamento da resposta da [CK] ao esforço durante um período de três meses de treinamento de futebol e também não observaram nenhuma diferença ao longo desse período. Esses autores realizaram somente três avaliações da [CK] nos atletas, sendo a primeira no início, a segunda após 6 semanas e a terceira na 12<sup>a</sup> semana e cada avaliação foi feita 12 horas após a última atividade física realizada. Os estudos, que avaliaram a resposta da [CK] ao esforço durante uma temporada de competição de futebol, realizaram avaliações uma vez por mês (ZOPPI *et al.*, 2003; LAZARIM *et al.*, 2009) ou a cada seis semanas (SILVA *et al.*, 2008) e não consideraram se a última atividade física antes das avaliações foi um

jogo ou um treino (ZOPPI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2008; LAZARIM *et al.*, 2009). Dessa forma o presente estudo foi o primeiro, de acordo com o nosso conhecimento, que avaliou a resposta da [CK] ao esforço, 36 a 46 h após jogos oficiais e que teve um elevado número de medidas do mesmo indivíduo. Assim, acreditamos que o método utilizado em nosso experimento pode ser considerado mais sensível para detectar alterações nas concentrações de CK dos atletas de futebol em decorrência do esforço realizado por eles no período competitivo do que os métodos utilizados em outros estudos (ZOPPI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2008; LAZARIM *et al.*, 2009).

Ao longo da competição, a  $CK_{\text{Jogo}}$  dos jogadores de futebol de nosso estudo permaneceu acima dos valores de repouso e de referência para população sedentária, ou seja, entre 55 a 170 U/L para homens adultos (SCHRAMA *et al.*, 1998). Isto corrobora os resultados de outros estudos com jogadores de futebol durante competições (ZOPPI *et al.*, 2003; LAZARIM *et al.*, 2009) e estudos que verificaram aumento da [CK] 48h após uma partida de futebol (ASCENSÃO *et al.*, 2008; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008 e FATOUROS *et al.*, 2010). Além disso, as concentrações sanguíneas da  $CK_{\text{Jogo}}$  (376,5 U/L) do presente estudo foram próximas aos valores médios das concentrações plasmáticas desta enzima em estudos com jogadores de futebol em competição (ZOPPI, 2003; LAZARIM *et al.*, 2009) e ligeiramente inferiores a estudos que fizeram a medida da [CK] dos jogadores após uma única partida de futebol (ISPIRLIDIS, 2008; FATOUROS *et al.*, 2010; ASCENSÃO *et al.*, 2011). Em contrapartida  $CK_{\text{Jogo}}$  dos jogadores, encontrada no presente estudo, ficaram abaixo daquelas observadas após protocolos de exercício excêntrico de membro superior, o que era esperado devido à especificidade do tipo de exercício realizado nos diferentes experimentos (TIDUS, 2008; CHEN *et al.*, 2010).

Ao final da competição os atletas do presente estudo apresentaram uma mediana da  $CK_{\text{Max}}$  de 626 U/L. Deste modo, a [CK] em resposta ao esforço de 14 atletas ficou abaixo dos valores de referência indicativos de risco aumentado de lesão, sugeridos por Mougios (2007) e Lazarim, *et al.* (2009) de 1492 U/L e 975 U/L respectivamente. Embora a [CK] de três atletas tenham excedido o valor de 975 U/L e um deles o de 1492 U/L, nenhuma adversidade clínica foi detectada, diferentemente de Lazarim, *et al.* (2009), que observaram lesão em um atleta cuja [CK] sanguínea excedeu o valor de referência proposto. Durante a realização do presente estudo, quatro atletas sofreram estiramento muscular em uma partida, que

foi diagnosticado através do exame de imagem de ressonância magnética, e dentre eles dois tiveram a  $CK_{\text{Jogo}}$  avaliada com valores acima da  $CK_{\text{Max}}$ . Isso pode sugerir a ocorrência de maior ruptura dos tecidos musculares, resultando em maior extravasamento da enzima creatina quinase para o sangue nos atletas que sofreram estiramento muscular (MARTINEZ-AMAT *et al.*, 2005).

O presente estudo tem como característica uma elevada validade ecológica, devido a isso algumas limitações devem ser observadas como: a avaliação das concentrações da  $CK_{\text{Jogo}}$  em diferentes horários e a mensuração das concentrações da  $CK_{\text{Rep}}$  apenas uma vez. Contudo, é importante ressaltar que [CK] podem variar em até 10% ao longo do dia (RIVERA-COLL, FUENTES-ARDERIU e DÍEZ-NOGUERA, 1993) e, portanto a interferência do ciclo circadiano parece ser a variável que menos interfere na [CK] (HORTOBÁGYI e DENAHAN, 1989). Talvez em futuras pesquisas fosse interessante, se possível, a avaliação da [CK] em repouso do mesmo indivíduo em dias diferentes.

Devido à alta variabilidade encontrada na resposta da [CK] ao exercício, nesse e em outros estudos (TOTSUKA *et al.*, 2002; HELED *et al.*, 2007; YAMIN *et al.*, 2010), a  $CK_{\text{Max}}$  dos jogadores de futebol em competição apresentaram diferentes padrões de resposta da [CK] ao esforço, portanto, muitas vezes a  $CK_{\text{Max}}$  pode não se aproximar dos valores de referência propostos, mesmo podendo representar uma elevada magnitude de microlesões musculares. Além disso, considerando a heterogeneidade dos atletas de esportes coletivos (BRINK *et al.*, 2010), a análise individualizada dos resultados da medida da concentração sanguínea de CK em resposta ao estresse muscular decorrente do esforço físico parece ser mais adequada do que a utilização de um valor absoluto desta medida como índice para detecção de risco aumentado de lesão nestes atletas.

## 6 CONCLUSÃO

O comportamento da [CK] em resposta ao estresse muscular decorrente dos esforço físico em jogadores de futebol de elite ao longo de um campeonato brasileiro sugere que eles não permanecem com uma elevada magnitude de microlesões musculares, nos 3° e 4° quartis do  $\% \Delta CK_{\text{Jogo}}$  como ocorreu no 2° quartil. Isto pode ser devido à adaptação muscular ao estresse imposto pelos jogos e treinamentos, evidenciada pela redução na resposta da [CK] observada ao longo dos períodos analisados na competição. Além disso, recomendamos que a interpretação do nível de estresse muscular através da [CK] seja realizada individualmente, ou seja, que leve em consideração as concentrações de repouso e a variação individual na concentração de CK dos sujeitos avaliados e não apenas um padrão de referência fixo para a variável.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, C.; MAÇÃS, V.; SAMPAIO, J. Variation in football players sprint test performance across different ages and levels of competition. *Journal of Sports Science and Medicine*, v.3, p.44-49, 2004.

AL-HAZAA, H.M.; *et al.* Aerobic and anaerobic power characteristics of saudi elite soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v.41, n.1, p. 54-61, 2001.

ALPERT, J.S.; *et al.* Myocardial infarction redefined - a consensus document of the joint european society of cardiology/american college of cardiology committee for the redefinition of myocardial infarction. *Journal Of The American College Cardiology*, v.36, n.3, p.959-969, 2000.

ALVES, M.V.M.; *et al.* Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, v.24, n.4, p.936-941, 2010.

ANTONACCI, L.; *et al.* Competition, estimated, and test maximum heart rate. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, v.47, n.4, p.418-421, 2007.

ASCENSÃO, A.; *et al.* Biochemical impact of a soccer match – analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*, v.41, p.841-851, 2008.

ASCENSÃO, A.; *et al.* Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal Of Sports Sciences*, v.29, n.3, p.217-225, 2011.

BALSON, P.D.; SEGER, J.Y.; EKBLUM, B. Physiological evaluation of high intensity intermittent exercise. *Communications to the second world congress on science and football*,. Eindhoven, Netherlands, 2nd (Science & Football). p.161, 1991.

BANGSBO, J.; MIZUNO, M. Morphological and metabolic alterations in soccer players with detraining and retraining and their relation to performance. *in Science and Football* (eds T.Reilly, A.Lees, K.Davids and W.J.Murphy), E. & F.N.Spon, London, p. 114-124, 1988.

BANGSBO, J. The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.151 (suppl.619), p. 1-155, 1994.

BANGSBO, J. *Manual yoyo test*. 1996.

BARROS, R.M.L.; *et al.* Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine*, v.6, n.2, p.233-242, 2007.

BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. 2005. *Ciência e movimento*. v.13, n.2, p.111-122, 2005.

BIJSTERBOSCH, M.K.; *et al.* Several dehydrogenase and kinases compete for endocytosis from plasma by rat tissues. *The Biochemical Journal*, v.229, n.2, p. 409-417, 1985.

BLOOMFIELD J.; POLMAN, R.; O'DONOGHEU, P. Physical demands of different positions in FA premier league soccer. *Journal Of Sports Science and Medicine*. v.6, p.63-70.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F.M. Creatine Kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin Advance*, v.81-82, p.209-230. 2007.

BRANCACCIO, P.; *et al.* Serum Enzyme monitoring in sports medicine. *Clinics In Sports Medicine*, v.27, n.1, p.1-18, 2008.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; NICOLA, M. Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry And Laboratory Medicine*. v.48, n.6, p.757-767, 2010.

BRINK, M.S.; *et al.* Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *Journal of Strength Condition Research*, v.24, n.3, p.597-603, 2010.

BUTTERFIELD, T.A. Eccentric exercise in vivo: strain-induced muscle damage and adaptation in a stable system. *Exercise Sport Science Review*, 38, n.2, p.51-60, 2010.

CAMPEIZ, J.M.; OLIVEIRA, P.R. Análise comparativa de variáveis antropométricas e anaeróbicas de futebolistas profissionais, juniores e juvenis. *Revista Movimento & Percepção*, v.6, n.8, p. 58-84, 2006.

CERVELLIN, G.; COMELLI, L.; LIPPI, G. Rhabdomyolysis: historical background, clinical, diagnostic and therapeutic features. *Clinical Chemistry And Laboratory Medicine*, v.48, n.6, p.749-756, 2010.

CLARKSON, P.M.; *et al.* Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *International Journal Of Sports Medicine*, v.7, n.3, p.152-155, 1986.

CLARKSON, P.M.; HUBAL, M.J. Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, v.81, n.11 (Suppl), p. S52-269, 2002.

CHEN, T.C.; NOSAKA, K. Effects of number of eccentric muscle actions on first and second bouts of eccentric exercise of the elbow flexors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v.9, n.1-2. p. 57-66, 2006.



CHEN, T.C.; *et al.* Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *European Journal of Applied Physiology*, v.111, n.2, p. 211-223, 2011.

COELHO, D.B.; *et al.* Intensidade de sessões de treinamento e jogos oficiais de futebol. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v.22, n.3, p. 211-218, 2008.

COELHO, D.B.; *et al.* Energy expenditure estimation during official soccer matches. *Brazilian Journal of Biomechanics*, v.4, n.4, p. 246-255, 2010.

COELHO, D.B.; *et al.* Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. *Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano*, v.13, n.3, p.189-194, 2011.

DENVIR, M.A.; *et al.* Changes in skeletal and cardiac muscle enzymes during the Scottish Coast to Coast Triathlon. *Scottish Medical Journal*, v.44, n.2, p.49-51, 1999.

DUPONT, G.; *et al.* Effect of 2 Soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American Journal Of Sports Medicine*, v.38, n.9, p.1752-1758, 2010.

FATOUROS, I.G.; *et al.* Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, v.24, n.12, p.3278-3286, 2010.

FLANAGAN, T.; MERRICK, E. Quantifying the work-load of soccer players. In: World congress of science and football, 4, 1999. Sydney proceeding London: e FN Spon, p. 341-349, 2002.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M.A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v.9, n.1, p.101-106, 2007.

FULLER, C.W.; *et al.* Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *British Sports Medicine*, v.40, n.3, p.193-201, 2006.

GABRIEL, D.A.; KARMEN, G.; FROST, G. Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Medicine*, v.36, n.2, p. 133-149, 2006.

GOMES, A.C.; SOUZA, J. *Futebol: treinamento desportivo de alto rendimento*. Porto Alegre, Artmed, 2008, p.1-256.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, v.40, n.3, p.497-504, 1978.

JOSE, M.C; *et al.* Children are less susceptible to exercise-induced muscle damage than adults: a preliminary investigation. *Pediatric Exercise Science*, v.8, n.4, p.361-367, 1996.

HARTMANN, U.; MESTER, J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.32, n.1, p.209-215, 2000.

HELGERUD, J.; *et al.* Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.33, n.11, p.1925-1931, 2001.

HELED, Y.; *et al.* CK-MM and ACE genotypes and physiological prediction of the creatine kinase response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.103, n.2, p.504-510, 2007.

HOFF, J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, v.23, n.6, p.573 -582, 2005.

HORSKA, A.; *et al.* The relationship between creatine kinase kinetics and exercise intensity in human forearm is unchanged by age. *American Journal Physiology- Endocrinology and Metabolism*, v.279, n.2, p.E333-9, 2000.

HORTOBÁGYI, T.; DENAHAN, T. Variability in creatine kinase: methodological, exercise and clinically related factors. *International Journal Of Sports Medicine*, v.10, n.22, p.69-80, 1989.

ISPIRLIDIS, I.; *et al.* Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal Sport Medicine*, v.18, n.5, p. 423-431, 2008.

KATIRIJI, B.; MOHAMED, M, A. Creatine kinase revisited. *Journal Clinical Neuromuscular*, v.2, n.3, p.158-163, 2001.

LAZARIM, F.; *et al.* The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v.12, n.1, p.85-90, 2009.

LAVENDER, A.P.; NOSAKA, K. Comparison between old and young men for changes in makers of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. *Applied physiology Nutrition and metabolism*, v.31, n.3, p. 218-225, 2006.

MAGALHÃES, J.; *et al.* Impact of loughborough intermittent shuttle test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *European Journal of Applied Physiology*, v.108, n.1, p. 29-48, 2010.

MAKINEN, T.M.; *et al.* Submaximal. Exercise in the cold: does cooling potentiate development of muscle injuries in the rat? *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular and Integrative Physiology*, v.121, n.3, p.273-278, 1998.

MARTINEZ-AMAT, A.; *et al.* Release of alpha-actin into serum after skeletal muscle damage. *British Journal Of Sports Medicine*, v.39, n.11, p.830-834, 2005.

MCHUGH, M.P.; *et al.* Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports medicine*, v.27, n.3, p.157-170, 1999.

MCHUGH, M.P. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science In Sports*, v.13, n.2, p. 88-97, 2003.

MCLELLAN, C.P.; LOVELL, D.I.; GASS, G.C. Creatine kinase and endocrine responses of elite players pre, during and post rugby league match play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.24, n.11, p.2908-2919, 2010.

MENDHAM, A.E.; *et al.* Effects of mode and intensity on the acute exercise-induced IL-6 and CRP responses in a sedentary, overweight population. *European Journal of Applied Physiology*, v.111, n.6, p.1035-1045, 2011.

MORALES, A.P.; MACIEL, R.N.; NETO, N.T.A. Modificações séricas de CK em jogadores de voleibol. *Revista digital Buenos Aires*, ano 15, n.147, 2010.

MOREIRA, A.; *et al.* Salivary Immunoglobulina A Response To A Match In Top-Level Brazilian Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.23, n.7, p. 1968-1973, 2009a.

MOREIRA, A.; *et al.* Salivary cortisol in top-level Professional soccer players. *European journal of applied physiology*, v.106, n.1, p. 25-30, 2009b.

MORITANI, T.; MURAMATSU, S.; MURO, M. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *American Journal of Physical Medicine*, v.66, n.6, p. 338-50, 1987.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine Kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, v. 41, n.10, p.674-678, 2007.

NOSAKA, K.; CLARKSON, P.M. Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *International Journal of Sports Medicine*, v.17, n.2, p.120-127, 1996.

NUVIALA, R.J.; *et al.* Serum enzymes activities at rest and after a marathon race. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, v.32, n.2, p.180-186, 1992.

PASCHALIS, V.; *et al.* Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *Journal of Strength Condition and Research*, v.19, n.1, p. 184-188, 2005.

PARKER, B.A.; *et al.* Effect of statins on creatine kinase levels before and after a marathon run. *The American Journal of Cardiology*, v.109, n.2, p.282-289, 2011.

PIMENTA, E.M.; *et al.* The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. *European journal of Applied Physiology*, v.112, n.4, p.1495-1503, 2011.

PROSKE, U. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology.*, v.537, p.333-345, 2001.

PROSKE, U; ALLEN, T.J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Excercise Sport Science Review*. v.33, n.2, p.98-104, 2005.

PURGE, P.; JURIMAE, J.; JURIMAE, T.; Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training. *Journal of Sports Science*, v 24, n.10, p 1075-1082, 2006.

RAMPININI, E.; *et al.* Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences*, v.25, n.6, p. 659-666, 2007.

RIVERA-COLL, A.; FUENTES-ARDERIU, X.; DÍEZ-NOGUERA, A. Circadian rhythms of serum concentrations of 12 enzymes of clinical interest. *Cronobiology International*, v.10, n.3, p.190-200, 1993.

SCHNEIDER, C.M.; *et al.* Effects of physical activity on creatine phosphokinase and the isoenzyme creatine kinase-mb. *Annals of Emergency Medicine*, v.25, n.4, p.520-4, 1995.

SCHRAMA Y.C.; *et al.* Efficacy and muscle safety of fluvastatin in cyclosporine-treated cardiac and renal transplant recipients: an exercise provocation test. *Transplantation*, v.66, n.9, p.1175-81, 1998.

SILVA, C.C.; *et al.* Respostas agudas pós-exercício dosníveis de lactato sanguíneo e creatinofosfoquinase de atletas adolescentes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v.13, n.6, p.381-386, 2007.

SILVA, A.S.R.; *et al.* Psychological, biochemical and physiological responses of Brazilian soccer players during a training program. *Science and Sports*, v.23, n.2, p.66-72, 2008.

SMITH, L.L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Medicine And Science In Sport And Exercise*, v.32, n.2, p. 317-331. 2000.

SMITH, D.J. A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports medicine*, v.33, n.15, p.1103-1126, 2003.

STOLEN, T.; *et al.* Physiology of Soccer. *Sports Medicine*, v.35, n.6, p.501-536, 2005.

THOMPSON, D.; NICHOLAS, C.W.; WILLIAMS, C. Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of Sports Sciences*, v.17, n.5, p. 287-295, 1999.

TIDUS, P.M. Influence of estrogen on skeletal muscle damage, inflammation, and repair. *Exercise and Sport Science Review*, v.31, n.1, p.40-44, 2003.

TIDUS, P.M. *Skeletal muscle damage and repair*. Europe, Human Kinetics: 2008, p. 1-337.

TOTSUKA, M.; *et al.* Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.93, n.4, p.1280-1286, 2002.

TRICOLI V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. *Revista brasileira Ciências do movimento*, v.9, n.2, p.39-44, 2001.

TWIST, T.; ESTON, R. The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, v.94, n.5-6, p.652-658, 2005.

URHAUSEN, A.; KINDERMANN, W. Diagnosis of overtraining: What tools do we have? *Sports Medicine*, v.32, n.2, p. 95-102, 2002.

YAMIN, C.; *et al.* CK-MM gene polymorphism does not influence the blood ck activity levels alter exhaustive eccentric exercise. *International Journal and Sports Medicine*, v.31, n.3, p. 213-217, 2010.

ZOPPI, C.; *et al.* Alterações em biomarcadores de estresse oxidativo, defesa antioxidante e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva. *Revista Paulista Educação Física*, v.17, n.2, p.119-130, 2003.

WIACEK, M.; *et al.* The changes of the specific physiological parameters in response to 12-week Individualized training of young soccer players. *Journal of strength condition and research*, v.25, n.6, p.1514-1521, 2011.

## ANEXOS

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Análise das concentrações de creatina quinase e incidência de estiramento muscular ao longo de uma temporada competitiva de futebol”.

Serão realizadas coletas sanguíneas através de punção digital, na quantidade de 30  $\mu$ /L, regidas por todos procedimentos de segurança, após jogos de futebol e registro de lesões que possam ocorrer durante um período de 6 meses. As coletas serão realizadas na sala do departamento de fisiologia do clube de forma que não atrapalhe a rotina de treinamentos. Pois as mesmas serão realizadas 30 minutos antes do início do treinamento, sendo que de forma rotineira, os voluntários se encontram alojados na sede do clube.

Após a avaliação da creatina quinase, a comissão técnica poderá utilizar esta informação como diagnóstico do estado muscular deste atleta. Dessa forma poderá ser realizado algum tipo de procedimento individualizado que auxilie o voluntário a obter um melhor desempenho profissional e/ou melhore seu estado atual. E nenhum tipo de risco é proporcionado pela coleta sanguínea ou pelo registro de incidência de lesão, pelo contrário, o voluntário só tende a se beneficiar com o mesmo.

As discussões dos riscos e benefícios da participação neste estudo foram apresentadas pelos pesquisadores envolvidos. Para qualquer tipo de dúvida o pesquisador responsável (Adriano Lima Alves orientado pela professora Danusa Dias Soares) estará presente para que o voluntário obtenha as respostas. O voluntário pode se recusar a participar deste estudo e pode abandoná-lo a qualquer momento sem qualquer tipo de constrangimento.

As informações são sigilosas e utilizadas apenas para fins acadêmicos. Os resultados obtidos serão apresentados tanto aos participantes quanto para a comunidade científica, preservando o sigilo da identidade dos voluntários.

O voluntário terá total direito de concordar ou não em participar da pesquisa. Portanto, aqui forneço o meu consentimento para participar desta pesquisa.

Belo Horizonte, de 2010.

---

Assinatura do voluntário

---

Assinatura do responsável

---

Assinatura do pesquisador responsável (Adriano Lima Alves)

Período Intermediário 10-17 jogos						Período Inicial 1 - 9 jogos										Atleta
Setembro						Agosto						Julho				
Jogo 16	Jogo 15	Jogo 14	Jogo 13	Jogo 12	Jogo 11	Jogo 10	Jogo 9	Jogo 8	Jogo 7	Jogo 6	Jogo 5	Jogo 4	Jogo 3	Jogo 2	Jogo 1	
						405				320		352	456	401	362	Atleta 1
373			538		668	702		720		676	622	652	655	615	886	Atleta 2
1050	690	805			1080	1830		1190	1030	828	1310					Atleta 3
322		441	562													Atleta 4
	188		253							472	316	414	269			Atleta 5
					429	472				241					221	Atleta 6
			388			596		654	449		609		464		471	Atleta 7
361			375		382	644		288	484	351		515	550	607	486	Atleta 8
192			537							400	1070	324		709	355	Atleta 9
287	313	240	278													Atleta 10
			308		249						1110					Atleta 11
167	141				186	203		380	230							Atleta 12
										491		504				Atleta 13
345			258												333	Atleta 14
	384					326		263	253	192			378			Atleta 15
274	273	281	277		416	362			317		185	330			413	Atleta 16
								318	235	366	292		498	283	322	Atleta 17

Dados Individuais



## Período Final 18-25 jogos

Novembro-Dezembro					Outubro									
Jogo 30	Jogo 29	Jogo 28	Jogo 27	Jogo 26	Jogo 25	Jogo 24	Jogo 23	Jogo 22	Jogo 21	Jogo 20	Jogo 19	Jogo 18	Jogo 17	
						353				411	734	714		
446	693		383									694	750	
	789		1280		632	1060	1050			808	851	734	732	
						467					669	456	669	
											299	218		
				288			343					240	250	
449														
412	300		343		350	401	210			280	312		323	
302	406						724					247		
295	316				287		350							
240	222		722		204	229	507							
175	141		178		190	505	224			258	327	626	196	
					310					239	391			
523	558													
					199								277	
253	368		233			329	565			337			384	
243	573													

## Aprovação do comitê de ética



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 0485.0.203.000-10

Interessado(a): **Profa. Danusa Dias Soares**  
Departamento de Educação Física  
EEFFTO - UFMG

### DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 24 de novembro de 2010, o projeto de pesquisa intitulado "**Análise das concentrações de creatinina quinase e incidência de estiramento muscular ao longo de uma temporada competitiva de futebol**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral**  
Coordenadora do COEP-UFMG