



PATRICK DE OLIVEIRA LUCAS

**A EFICIÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS NA REMOÇÃO DO
LACTATO SANGUÍNEO APÓS EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE**

**Sinop/MT
2018**

PATRICK DE OLIVEIRA LUCAS

**A EFICIÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS NA REMOÇÃO DO
LACTATO SANGUÍNEO APÓS EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Educação Física, da Faculdade de Sinop – FASIP, como requisito final para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador (a): Prof. Esp. Rafael da Costa Ferreira

**Sinop/MT
2018**

PATRICK DE OLIVEIRA LUCAS**A EFICIÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS NA REMOÇÃO DO
LACTATO SANGUÍNEO APÓS EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do curso de Educação Física – Fasipe, Faculdade de Sinop, como requisito final para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Aprovado em: 05/07/2018

Prof. Esp. Rafael da Costa Ferreira
Professor(a) Orientador(a)
Departamento de Educação Física – FASIFE

Prof. Esp. Gabriel Vasconcelos
Professor(a) Avaliador(a)
Departamento de Educação Física – FASIFE

Prof. Me. Francieli Ferreira Bastida
Professor(a) Avaliador(a)
Departamento de Educação Física – FASIFE

Prof. Me. Claudemir Gomes da Cruz
Coordenador(a) do Curso de Educação Física
FASIFE – Faculdade de Sinop

DEDICATÓRIA

Á meus pais Antônio Teixeira Lucas e Edineia Garcino de Oliveira Lucas pela dedicação, carinho e amor que tiveram em minha criação, e pela educação e respeito à mim transmitido.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a Deus, pela paciência, sabedoria e sagacidade.

Agradeço a todos os meus professores de toda a vida, que contribuíram com minha formação educacional, profissional e pessoal.

Agradeço ao professor orientador pelas sábias orientações, pela dedicação e pelo companheirismo neste longo caminho.

Agradeço a todos os amigos e familiares que sempre me apoiaram, encorajaram e motivaram para que eu nunca desistisse.

Agradeço às pessoas que contribuíram com minha pesquisa, me fornecendo materiais e informações necessárias, em especial ao professor Mário Sugizaki, professor Paulo Cesar de Jesus Carvalho, professora Regiane Leitzke, e ao atleta referido no estudo.

EPIGRAFE

É muito melhor arriscar coisas grandiosas,
alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se
a derrota, do que alinhar-se com os pobres de
espírito, que nem gozam muito nem sofrem
muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta
que não conhece vitória nem derrota.

Theodore Roosevelt

LUCAS, Patrick de Oliveira. **A eficiência de diferentes métodos na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade**. 2018. 66 páginas. Monografia de Conclusão de Curso – FASIP – Faculdade de Sinop.

RESUMO

O presente estudo analisa a eficiência de diferentes métodos na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade, explicando o processo de produção e acúmulo do lactato no sangue. Nesse sentido, enfatiza-se a importância da remoção do acúmulo do lactato sanguíneo após os exercícios intensos. Para a coleta de dados aplicou-se três diferentes métodos para a remoção do lactato sanguíneo e a mensuração das taxas de lactato com o lactímetro. A metodologia empregada foi o estudo de caso, no qual, selecionou-se um atleta por conveniência para que representasse uma população específica a quem se aplica o trabalho realizado. Foi analisado a lactacidemia de um atleta velocista de 21 anos da cidade de Sinop-MT, antes, durante e após a realização dos treinamentos específicos do atleta, bem como, após a aplicação dos métodos de alongamento passivo, recuperação ativa e liberação miofascial. O objetivo principal foi descobrir qual seria o mais eficiente para a remoção do lactato sanguíneo. Os principais autores utilizados para a pesquisa teórica, análise de dados e conclusão dos resultados foram Kenney, Wilmore e Costill, Plowman e Smith, Andrade e Lira, Powers e Howley. A análise da lactacidemia mostrou que, em proporções, o método de alongamento passivo se fez mais eficiente na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade, seguido do método de recuperação ativa. O método de liberação miofascial foi eficiente na remoção do lactato intramuscular aumentando a lactacidemia sanguínea.

Palavras chave: Atleta. Fadiga. Lactato.

LUCAS, Patrick de Oliveira. **The efficiency of different methods in the removal of blood lactate after high intensity exercise.** 2018. 66 pages. Conclusion Course Monograph - FASIP - Faculty of Sinop.

ABSTRACT

This present study analyzes the efficiency of different ways of removal the blood lactate after a high intensity exercise, explaining the process of production and the lactate accumulation in the blood, emphasizing the importance of removal of the blood lactate accumulation after high intensity exercise and the informations based on three different ways to the blood lactate removal and the measurement of levels of lactate with a lactate meter. Is was selected an athlete by coexistence, to represent all the specific population who involve the study. It was analyzed the lactate threshold of a 21 years old sprinter from Sinop-MT, before, during and after the specific training perform, as well as after the application of stretching methods, rest and myofascial release to find out which one of them is the most efficiency to the blood lactate removal. The main authors used to the theory search, evaluation of data and results conclusions was Kenney, Wilmore and Costill, plowman and Smith, Andrade and Lira, Powers and Howley. The review of lactate threshold showed the stretching process was the most efficiency way of blood lactate removal after high intensity exercise subsequently the rest method. The myofascial release method was efficient to blood lactate removal inside the muscle, increasing the blood lactate threshold.

Keywords: Athlete, Fatigue, Lactate.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – (Curva de lactacidemia do método “alogramento passivo”)	44
Gráfico 2 – (Curva de lactacidemia do método “liberação miofascial”)	48
Gráfico 3 – (Curva de lactacidemia do método “recuperação ativa”)	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (Estrutura química do ácido láctico e do lactato)	20
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP – Adenosina trifosfato

bpm – Batimentos por minuto

Ca – Cálcio

CP – Creatina fosfato

DMT – Dor muscular tardia

FAD – Dinucleotídeo de flavina e adenina

F_{máx} – Frequência cardíaca máxima

F_{rep} – Frequência cardíaca de repouso

FCT - Frequência cardíaca de trabalho

LDH – Lactato desidrogenase

MCT – Transportador monocarboxílico

Mmol/L – milimols por litro

NAD⁺ - Dinucleotídeo de nicotinamida e adenina (oxidado)

NADH + H⁺ - Dinucleotídeo de nicotinamida e adenina (reduzido)

P – Fosfato

PDH – Piruvato desidrogenase

pH – Potencial hidrogeniônico

P_i – Fosfato inorgânico

SNC – Sistema nervoso central

Vo_{2máx} – Volume máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	14
1.2. Problematização.....	14
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Produção do lactato	15
2.2 Lactato e fadiga muscular	21
2.3 Remoção e reutilização do lactato	25
2.4 Benefícios da Recuperação ativa, Liberação/massagem miofascial e Alongamento passivo.....	29
2.4.1 Benefícios da recuperação ativa	30
2.4.2 Benefícios da liberação/massagem miofascial	32
2.4.3 Benefícios do alongamento passivo	33
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.1. Tipo de Pesquisa	35
3.2. Abordagem da pesquisa	36
3.3 Instrumentos/técnicas utilizadas na pesquisa	36
3.4 Trajetória da pesquisa	37
3.5 Coleta de dados	38
3.5.1 Treinamentos e momentos de coleta sanguínea	39
3.5.2 Protocolo do teste para a averiguação da lactacidemia	41
3.5.3 Protocolo de aplicação dos métodos para a remoção de lactato	42
4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	61
APÊNDICES	64

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo apresenta três diferentes métodos possíveis para a remoção do lactato sanguíneo, bem como, a eficiência e a viabilidade na aplicação desses métodos. A averiguação dos resultados, ocorreu por meio da aplicação dos mesmos e a utilização de testes com lactímetro. O objetivo foi verificar qual o método mais eficiente na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade.

O lactato é um substrato metabólico proveniente da glicólise ou da glicogenólise, ou seja, a quebra da glicose ou do glicogênio para a produção de ATP (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina). Tal processo ocorre em quantidades significativas apenas no sistema glicolítico láctico, conhecido também como anaeróbico láctico, sistema caracterizado por atuar como principal fornecedor de energia em atividades de alta intensidade e curta duração. A exemplo disso, tem-se as provas de 100m, 200m e 400m no atletismo, além de outros exercícios de força e explosão muscular. Porém, esse sistema é utilizado também em atividades de longa duração e intensidade moderada/baixa, como maratonas e provas de resistência.

Essa substância, foi por muito tempo considerada a maior culpada pela fadiga muscular e pela acidose metabólica sendo alvo de muitos estudos desde o século XVII, quando foi descoberta. Porém, estudos recentes comprovam que o lactato pouco influencia na fadiga muscular, causada por inúmeros fatores como a depleção dos estoques de glicogênio muscular, a diminuição do pH intracelular, a diminuição da oferta de Ca^{+} (cálcio), dentre outros.

Atualmente, utiliza-se o lactato como principal indicador da fadiga muscular, pois, casualmente, os níveis desse substrato se elevam quando a fadiga ocorre. Tal fato acontece devido a todo o processo de produção de energia através da glicólise ou glicogenólise. Assim, diversos estudos que tem a fadiga muscular, ou qualquer derivação dela como principal abordagem, o utiliza como principal indicador e/ou marcador.

O lactato é um substrato metabólico que pode ser reutilizado para alguns fins, principalmente, para ser ressintetizado em novas moléculas de glicose. Sendo assim, a remoção imediata do lactato sanguíneo implicaria a rápida reposição de glicogênio muscular, depletado durante o exercício intenso. Ainda que, a quantidade de glicose ressintetizada através do lactato seja pequena, se tratando de esportes de alto rendimento, acaba se tornando importante, pois, a rápida reposição desse glicogênio evitaria o possível catabolismo muscular e aceleraria a recuperação de possíveis fibras degradadas. Visto que, é necessário que haja glicogênio

disponível no tecido muscular para que se inicie a recuperação e reconstrução de novas fibras musculares.

Dentre os métodos demonstrados no estudo, que promovem a remoção do lactato sanguíneo, pode-se citar como mais viáveis a recuperação ativa, a liberação miofascial e o alongamento passivo. Estas são maneiras baratas e de fácil aplicação, e trazem muitos benefícios para a recuperação muscular, além da remoção do lactato.

A recuperação ativa é uma atividade que é realizada com intensidade moderada/baixa, e, preferencialmente, utilizando-se da mesma modalidade praticada pelo indivíduo. Nesse sentido, um ciclista teria melhores resultados em termos de recuperação muscular e remoção do lactato sanguíneo se realizasse uma atividade ciclística com intensidade moderada/baixa. O mesmo aconteceria com um velocista, um nadador ou um praticante de qualquer outra modalidade. No entanto, algumas modalidades não proporcionam uma boa recuperação com a mesma prática em intensidades mais baixas, como por exemplo, a musculação. Para isso, podem ser utilizadas outras atividades como uma simples caminhada/corrída ou exercícios em aparelhos ergométricos, respeitando sempre o nível de intensidade dessa atividade. Esse tipo de atividade promove uma melhor circulação sanguínea, assim, grande parte do lactato acumulado no sangue vai ser removido rapidamente para o fígado, ou será eliminado através da sudorese.

A liberação miofascial ou massagem miofascial é um procedimento que consiste em aplicar uma massagem na musculatura recrutada durante o exercício realizado. Utiliza-se e instrumentos como bastões, rolos de espuma ou apenas manipulação manual. Essa técnica promove um aumento na circulação sanguínea no local da massagem, resultando maior dissipação dos substratos metabólicos, produzidos durante o exercício físico intenso, dentre eles o lactato.

O alongamento passivo é uma técnica de auxílio na recuperação muscular utilizada há muito tempo por desportistas. A técnica consiste em alongar as fibras musculares ao máximo respeitando sempre os limites das articulações envolvidas. O alongamento passivo também permite uma maior irrigação sanguínea no local onde é aplicado, ocasionando, assim, a remoção de substratos metabólicos como o lactato. Portanto, segue uma linha parecida com os demais métodos citados neste estudo.

Foi escolhido um atleta velocista de 21 anos da equipe de atletismo A.S.A Sorriso para a realização dos testes. Foram realizados treinamentos de alta intensidade dentro da modalidade praticada e aplicados os testes antes, durante, imediatamente após a prática dos exercícios e 10 minutos após a aplicação dos métodos para a remoção do lactato sanguíneo.

1.1 Justificativa

O presente estudo se faz importante, pois, procura analisar as maneiras mais eficazes de se remover o acúmulo de lactato no sangue. Haja visto que, quanto mais rápido for a remoção desse resíduo, mais rápida será a recuperação do indivíduo após uma atividade física de alta intensidade. Ou seja, para atletas de alto rendimento a rápida recuperação pode ser um fator determinante para o bom desempenho no esporte praticado, além de promover uma melhor qualidade de vida e saúde para o atleta. Ademais, a pesquisa abre portas para que novos estudos sejam feitos abordando o tema que, se mostra ainda muito complexo e com várias investigações conflitantes sobre o mesmo assunto.

1.2 Problematização

Desta maneira, a problemática do referido estudo se concentra em descobrir qual o método mais eficiente na remoção do lactato sanguíneo, após exercício de alta intensidade. Essa pesquisa, visa sempre a eficiência na remoção desse substrato para uma melhor e mais rápida recuperação do atleta.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste estudo é analisar e compreender a eficiência de diferentes métodos na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade, apontando qual deles é o mais eficiente.

1.3.2 Objetivos Específicos

Explicar o processo de produção e acúmulo do lactato no sangue;

Enfatizar a importância da remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade;

Aplicar os métodos para a remoção do lactato sanguíneo após os exercícios de alta intensidade;

Mensurar as taxas de lactato sanguíneo, com o lactímetro, após a aplicação dos métodos para a remoção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentadas informações sobre o processo de produção e acúmulo do lactato, maneiras de depuração e remoção do mesmo, seu destino final, bem como sua relação com a fadiga muscular. Também é explanado sobre os benefícios dos três métodos de remoção de lactato utilizados no estudo.

2.1 Produção do Lactato

O lactato é um subproduto resultante da quebra da glicose para a produção de ATP (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina). Porém, essa produção não é tão simples e depende de uma série de processos químicos para se concretizar. Dessa forma, para verificar como ocorre a produção de lactato é necessário que se compreenda como se dão os processos químicos ocorridos na célula muscular, afim de que a contração finalmente seja realizada.

O corpo humano produz energia mecânica através da combustão da energia química proveniente dos alimentos que ingere. Desse modo, “a taxa de conversão da energia química para mecânica durante a contração muscular é considerada um dos principais eventos fisiológicos determinantes do desempenho esportivo” (BERTUZZI et al, 2011, p. 227). Entretanto, os meios para que ocorra essa combustão podem se dar por intermédio de três maneiras dependendo do tipo de necessidade e de acordo com o tipo de atividade muscular, a que o corpo seja submetido. Assim, os três meios para a produção de energia são o sistema anaeróbico alático, sistema anaeróbico láctico e sistema oxidativo. Salienta-se o fato de o lactato ser produzido em quantidades consideráveis através de um dos três meios de produção de energia ocorridos no corpo, o sistema anaeróbico láctico.

Para que qualquer atividade seja realizada no corpo humano, é necessário a disponibilidade de ATP. O ATP é o composto químico final a ser usado para a combustão e realização dessas atividades. Plowman e Smith (2009, p. 53) afirmam que “o ATP é a energia química armazenada que acopla as funções que produzem ou que necessitam de energia dentro

de todas as células”. Assim, “a fonte de energia imediatamente disponível para quase todo o metabolismo, incluindo a contração muscular, é o trifosfato de adenosina, ou ATP” (KENNEY; WILMORE e COSTILL, 2013, p. 54). As células musculares não são capazes de estocar ATP em grandes quantidades e, sabendo que essa substância é a matéria primordial para a obtenção de energia, é necessário que novos ATP's sejam produzidos a medida que os estoques são depletados.

Quando ocorre a depleção dos estoques de ATP, geralmente de 1 a 2 segundos após o início de uma atividade de maior intensidade, são acionados um dos três sistemas de produção de energia citados acima. O sistema anaeróbico alático atua primeiro fornecendo uma substância chamada de CP (creatina fosfato) ou PC (fosfocreatina), esse sistema também pode ser chamado de sistema ATP-CP, ou ainda sistema do fosfogênio. Segundo Andrade e Lira (2016, p. 248) esse sistema “é obviamente a mais rápida (de maior potência), porém a de menor capacidade (quantidade de ATP produzida), porque depende apenas de um único acoplamento energético e da quantidade inicial de CrP”. Isso acontece porque, quando o ATP fornece energia instantânea para qualquer atividade sua estrutura é dividida em ADP (adenosina difosfato) + Pi (fosfato inorgânico) + energia, podendo assim ser ressintetizado a um novo ATP, utilizando uma molécula de P (fosfato) e sua energia de ligação, presentes na CP. De acordo com Powers e Howley (2014, p. 51):

as células musculares armazenam apenas pequenas quantidades de PC e, dessa forma, a quantidade total de ATP que pode ser formada por essa reação é limitada [...]. Esse sistema fornece energia para a contração muscular no início do exercício e durante o exercício de alta intensidade e curta duração.

Dessa maneira, exercícios como levantamento de peso, sprints, corridas de 50m e 100m, provas de natação de 50m, musculação e lutas tem como importante fonte de produção de energia o sistema anaeróbico alático. Seguindo a ordem da produção de energia, pode-se citar o sistema anaeróbico láctico, também chamado de glicolítico láctico, que é o principal responsável pela produção do lactato. Sendo assim, tem um grau de importância maior nesse estudo.

O sistema anaeróbico láctico começa pela falta de ATP disponível de imediato e a deficiência na ressíntese do mesmo, feita através da CP. Quando se é praticado uma atividade que exija um trabalho muscular explosivo e repentino, os estoques de ATP são depletados. Como dito anteriormente, a musculatura necessita de um novo meio de produção de ATP, que seja rápido e supra as necessidades energéticas do trabalho realizado, assim, ocorre a glicólise

(quebra da glicose para a produção de ATP) ou a glicogenólise (quebra do glicogênio para a produção do ATP).

A glicólise ou a glicogenólise envolvem uma série de processos químicos que acabam gerando substratos provenientes dessas quebras, como o piruvato e o lactato, que são os produtos finais desses processos. A quebra da glicose começa com a conversão da mesma em um composto chamado glicose-6-fosfato e, para que haja essa conversão é necessária a ação de uma molécula de ATP no caso da glicólise. No caso da quebra do glicogênio (glicogenólise) não há a necessidade da presença do ATP no início da reação, pois, a conversão do glicogênio se dá inicialmente em moléculas de glicose-1-fosfato, e em seguida há a conversão para glicose-6-fosfato. O fracionamento da glicose soma um total de 10 a 12 reações químicas, ao longo desse processo, também são gastas moléculas de ATP, para que algumas dessas reações ocorram. Por fim, soma-se um total ganho de 2 moléculas de ATP para quando se inicia a quebra a partir da glicose, e um total ganho de 3 moléculas de ATP para quando se inicia a quebra a partir do glicogênio.

Ao final de todas essas reações, temos um subproduto chamado de piruvato. De acordo com Fundação Vale (2013, p. 24, apud LI et al, 2009)

nessas condições, o piruvato passa também a atuar como agente oxidante, regenerando o NADH+ para NAD+, e sendo, por sua vez, reduzido para lactato. Ambas as vias de regeneração do NAD+ coexistem dentro da célula, mas à medida que a intensidade do esforço aumenta, a glicólise anaeróbia tende a contribuir com uma proporção crescente. Portanto, essa via alternativa de regeneração do NAD+ acaba por resultar no acúmulo de lactato.

Por esse viés, como ainda não há a presença de oxigênio na célula muscular, o piruvato rapidamente é convertido em ácido láctico, nessa perspectiva, o ácido láctico sofre uma dissociação, e imediatamente ocorre a formação do lactato.

Ainda em relação a produção do lactato Plowman e Smith (2009, p. 85) explicam que:

em geral, os ritmos relativos de atividade glicolítica [...] e da atividade oxidativa [...] determinam a produção de ácido láctico/lactato. Mais especificamente cinco fatores desempenham papéis importantes: contração muscular, atividade enzimática, tipo de fibras musculares, ativação do sistema nervoso simpático e quantidade insuficiente de oxigênio.

Em relação a contração muscular, em qualquer exercício realizado têm-se o aumento da contratilidade do músculo, ou seja, para que isso ocorra é necessário a liberação de Ca pelo retículo sarcoplasmático. O cálcio irá atuar no acoplamento dos filamentos de actina e miosina

e no processo da quebra do glicogênio, ocorrendo assim a glicólise e/ou glicogenólise, acarretando a produção de lactato.

Em relação a atividade enzimática deve-se citar a enzima LDH (lactato desidrogenase), que tem a função de catalisar e realizar a conversão de piruvato e $\text{NADH} + \text{H}^+$ para lactato e NAD^+ . Outra enzima chamada PDH (piruvato desidrogenase) tem a função de converter o piruvato para acetil CoA, para ser introduzido no ciclo de Krebs (uma breve explicação sobre esse ciclo será apresentada á seguir).

A diferença entre essas duas enzimas é que a LDH tem uma atividade enzimática muito maior que a PDH e quanto maior for o aumento na produção de piruvato, maior será a atividade da enzima LDH, resultando em uma maior produção de ácido láctico e, conseqüentemente, de lactato. Todo o processo de aceitação dos átomos de hidrogênio de $\text{NADH} + \text{H}^+$ para o piruvato, resultará na formação de NAD^+ e lactato, que tem por objetivo a manutenção do potencial redox da célula, Andrade e Lira (2016, p. 250) afirmam que “a queda do potencial redox do citoplasma durante a glicólise é um dos principais fatores limitantes dessa via, podendo gerar fadiga muscular por bloqueio da via glicolítica pela falta de NAD^+ no citoplasma, inviabilizando a continuidade da via”. A quantidade de NAD^+ presente no citoplasma para aceitar os átomos de hidrogênio e permitir a continuação da glicólise é limitada, por isso, a glicólise anaeróbica acaba sendo um processo não tão duradouro para o fornecimento de energia.

Os tipos de fibras musculares também influenciam na produção do lactato, uma vez que, as fibras glicolíticas ou de contração rápida (chamadas também de fibras tipo II), são as mais recrutadas em exercícios de alta intensidade, esse tipo de fibra possui uma menor densidade mitocondrial e uma maior quantidade da enzima LDH.

A estimulação do sistema nervoso simpático, que acontece durante o exercício físico intenso estimula a liberação de dois hormônios que favorecem a quebra da glicose. São eles a epinefrina (adrenalina) e o glucagon, isso acaba aumentando os níveis de glicose-6-fosfato e, conseqüentemente, aumentando a produção de piruvato e $\text{NADH} + \text{H}^+$, que como mencionado, acaba por resultar na produção do lactato.

Por último, pode-se citar a deficiência de oxigênio (anaerobiose), que acontece durante os exercícios de alta intensidade, dessa forma, a falta do oxigênio estimula uma maior produção de $\text{NADH} + \text{H}^+$, isso ultrapassa a capacidade das mitocôndrias de aceitarem oxigênio, havendo a necessidade da transferência de hidrogênio para o piruvato para formar a NAD^+ , resultando novamente na produção de ácido láctico e posteriormente lactato.

Apesar de a produção de lactato ser associada sempre a exercícios de curta duração e alta intensidade (que na realidade é quando esse substrato é mais produzido), essa não é uma situação exclusiva que resulta na sua produção. Plowman e Smith (2009, p. 86) sustentam que:

apesar de a falta de oxigênio poder contribuir para a produção de ácido láctico, a presença desse ácido não constitui uma indicação absoluta de falta de oxigênio. A presença de ácido láctico reflete simplesmente o uso da via glicolítica anaeróbica para a produção de ATP, assim como o equilíbrio entre a atividade glicolítica e mitocondrial.

Assim, a produção de lactato é constante em nosso corpo durante os exercícios, e se faz importante, já que, é uma valiosa fonte de energia química que pode ser aproveitada de diversas maneiras pelo organismo.

O terceiro e último meio para a obtenção de energia se dá através do sistema oxidativo, considerado o mais complexo por envolver uma série de processos químicos ainda mais extensos que o sistema glicolítico láctico. Esse sistema é pouco abordado neste estudo, visto que, nele a produção de lactato é muito menor. O sistema oxidativo depende da interação de duas vias metabólicas, o ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons.

Nessa direção, “a função primária do ciclo de Krebs (também chamado ciclo do ácido cítrico) é completar a oxidação (remoção de hidrogênio) dos carboidratos, gorduras ou proteínas usando NAD^+ e FAD como transportadores de hidrogênio (energia)” (POWERS e HOWLEY, 2014, p. 55). Sendo assim, a molécula de piruvato, produzida nesse sistema através da glicólise, não é convertida em lactato, pois como há a presença de oxigênio o piruvato é convertido em um composto chamado de acetil coenzima A (acetil CoA). Esse é o fator determinante para que esse sistema não seja considerado o principal precursor da produção de lactato. A acetil CoA é a molécula inicial (formada por dois carbonos) que se combina com o oxaloacetato (uma molécula com quatro carbonos) para formar o citrato (molécula com seis carbonos). A partir daí ocorre uma série de reações para resultar na formação do ATP.

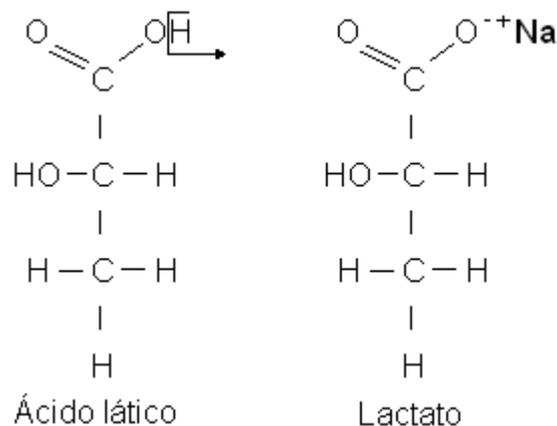
A maioria dos estudos se refere a ácido láctico e lactato como sendo a mesma substância, de maneira errônea. Sabe-se que o lactato difere do ácido láctico por ser uma forma ionizada do mesmo. Essas duas moléculas são relacionadas, mas existe uma diferença entre as duas, isto é, quando o ácido láctico se dissocia e libera íons de hidrogênio este se transforma em lactato que é simplesmente o sal do ácido láctico (Figura 1). Segundo Powers e Howley (2014, p. 52) “após a dissociação e liberação de íons hidrogênio pelos ácidos, a molécula remanescente é chamada base conjugada do ácido. A isso se segue que o lactato é a base conjugada do ácido láctico”.

Isso acontece também com o ácido pirúvico e o piruvato. Em concordância, Powers e Howley (2014, p. 250) ainda afirmam que:

um ácido é definido como uma molécula liberadora de íons de hidrogênio e, dessa forma, capaz de aumentar a concentração de íons de hidrogênio de uma solução acima daqueles encontrados em água pura. Em contraste, uma base é uma molécula capaz de se combinar aos íons de hidrogênio e, portanto, diminuir a concentração desses íons em uma solução.

Isso significa que quanto maior for a concentração de íons de hidrogênio circulantes no plasma celular, menor será o seu pH, tornando o meio ácido. Do contrário, quando os níveis de íons de hidrogênio circulantes no plasma celular diminuem, maior será o pH, tornando o meio alcalino.

Figura 1: estrutura química do ácido láctico e do lactato



Fonte: Robergs et al (apud BERTUZZI et al, 2009, p.227)

Para melhor regular o pH das células musculares, durante os exercícios em que há grandes alterações no pH, existe um sistema de tamponamento que funciona removendo os íons de hidrogênio quando a concentração destes aumenta. Os tampões são compostos por um ácido fraco e sua base conjugada. Nas células musculares, os tampões mais utilizados são algumas proteínas e grupos fosfato como a fosfocreatina, isso tende a retardar a acidose metabólica a medida em que vai acontecendo.

Alguns nutrientes podem auxiliar na redução da produção de lactato como a tiamina (vitamina B1), que atua na metabolização da glicose de maneira aeróbica, auxiliando a entrada da glicose na célula. A própria glicose e a frutose que mantém as reservas de glicogênio

muscular, evita a quebra do glicogênio e conseqüentemente a produção do lactato. O sódio atua na regulação hídrica e participa do funcionamento da bomba de sódio e potássio.

2.2 Lactato e Fadiga Muscular

Antes de se falar em fadiga muscular e relaciona-la com a produção do lactato, é necessário esclarecer e entender o que é e como funciona este complexo processo que ainda é muito estudado, sendo alvo de muitas indagações e controvérsias até os dias de hoje.

A fadiga muscular é caracterizada, conforme Simonson (1971, apud PLOWMAN e SMITH, 2009, p.505), como “a perda transitória da capacidade de trabalhar que resulta de um trabalho precedente, é um dos problemas mais fundamentais tanto para a pesquisa quanto para a aplicação prática”. Em concordância, Kenney, Wilmore e Costill (2013, p.128) afirmam que, “em geral, o termo fadiga é utilizado para descrever uma diminuição no desempenho muscular diante de um esforço contínuo, juntamente com sensações gerais de cansaço”. Com base no exposto, a fadiga é apenas a incapacidade de manter o mesmo nível ou qualidade de contração muscular durante determinado período de tempo de exercício físico, resultando em dor e desconforto ao indivíduo.

Compreende-se que a fadiga muscular pode ser causada por inúmeros fatores que, na maioria das vezes, estão associados ou relacionados, ainda que indiretamente, e proporcionam uma queda drástica no desempenho de atletas e praticantes de exercícios físicos, sejam eles de cunho aeróbico ou anaeróbico, de intensidade baixa, moderada ou alta, de curta ou longa duração. O fato é que todas as pessoas, atletas ou não, que praticam ou já praticaram exercícios físicos, experimentaram ao menos uma vez essa sensação.

As diversas causas da fadiga muscular podem se enquadrar entre a fadiga central, recorrente no SNC (Sistema Nervoso Central), e a fadiga periférica, recorrente a partir das junções neuromusculares, até as reações químicas realizadas no meio intramuscular.

Acredita-se que a fadiga pode ser proveniente de alterações fisiológicas oriundas da(o): (A) concentrações musculares de creatina fosfato e glicogênio e condições ácido/básicas (pH) e/ou (B) input neural que chega ao músculo, desencadeando algumas alterações, como diminuição progressiva da velocidade e da frequência dos estímulos voluntários aos motoneurônios durante a atividade física (MATOS e CASTRO, 2013, p. 54).

Em relação a fadiga central, pode-se citar a fadiga causada por alguma alteração ou falha na transmissão do impulso nervoso até o músculo, impedindo a transmissão do mesmo até a membrana celular. Kleiton e Chaves (2012, p. 01) reiteram que “o mecanismo de fadiga central

relaciona-se aos processos de formulação de padrões motores, transmitindo estes ao longo do córtex cerebral, cerebelo e junções sinápticas a específicos nervos eferentes dentro da corda espinhal”. Isso ocorre devido a vários fatores, como a liberação da acetilcolina (molécula que transmite impulsos nervosos até a membrana da célula muscular), a hiperatividade ou a hipoatividade da colinesterase (enzima que realiza a dissolução da acetilcolina após a realização da transmissão dos impulsos nervosos para a célula muscular) e algumas substâncias como o potássio que podem atrapalhar a recepção dos impulsos nervosos pela membrana plasmática.

Se tratando da fadiga central, tem-se uma grande contribuição do SNC acerca da diminuição de força e potência muscular durante determinado exercício físico, isso implica fatores como motivação, humor, qualidade do sono, cansaço, estresse e ansiedade.

É atribuída à fadiga periférica a maior causa da fadiga muscular. Esta é causada fisiologicamente por fatores energéticos ou mecânicos e se situa na periferia, dentro da célula muscular. Tais processos de produção de energia são os mais estudados para se entender melhor todo o processo da fadiga muscular. Uma concepção assegurada por Davis e Baley (1997, apud MONTES et al, 2011, p. 03) propõe que:

a nível periférico a fadiga pode ser desencadeada devido a ocorrência de alguma falha dos mecanismos responsáveis pela contração muscular: na junção neuromuscular; na propagação do potencial de ação pelo túbulo T; na libertação de Ca_2^+ do retículo sarcoplasmático; na ligação do Ca_2^+ a troponina C e na ressíntese do Ca_2^+ pelo retículo sarcoplasmático, sendo portanto, extremamente complexo identificar uma única causa ou local para a sua ocorrência.

Dentro dos processos para a produção de energia que podem resultar em fadiga muscular, primeiramente pode-se citar o sistema de depleção de CP. Como dito anteriormente, o sistema ATP-CP é o primeiro a ser utilizado quando realizado um exercício de alta intensidade e curta duração. Os estoques de CP se esgotam rapidamente, resultando em um déficit de produção de ATP. Neste contexto, “atualmente afigura-se que P_i [sic], que aumenta durante o exercício intenso de curta duração por causa da decomposição de PCr [sic], é a causa potencial de fadiga nesse tipo de exercício” (KENNEY, WILMORE e COSTILL, 213, p. 130).

A depleção de glicogênio muscular, hepático e da glicose sanguínea também resultam em fadiga muscular de cunho periférico. A utilização do glicogênio muscular, para a manutenção da produção de ATP em exercícios de alta intensidade, acaba acarretando na depleção dos estoques dessa substância, que é maior consumida durante os primeiros minutos do exercício realizado. Assim, como mencionado por Kleiton e Chaves (2012, p. 03) “apresentou-se a hipótese de a ligação entre a depleção de glicogênio muscular e a fadiga

muscular represente uma incapacidade manter uma taxa suficiente de ressintese de ATP, secundária a disponibilidade reduzida de piruvato e dos principais intermediários metabólicos”. De uma maneira geral, a sensação de fadiga durante os exercícios de alta intensidade aparece quando os estoques de glicogênio estão quase que completamente estafados.

Os tipos de fibras musculares sofrem uma depleção selecionada de acordo com o tipo de exercício praticado, por exemplo, em exercícios de intensidade moderada e longa duração as fibras musculares do tipo I são depletadas mais rapidamente, por serem mais recrutadas nesse tipo de exercício. O mesmo acontece com os exercícios de moderada a alta intensidade, onde são recrutadas mais fibras do tipo IIa e com os exercícios de alta intensidade e menor duração, onde são recrutadas mais fibras do tipo IIb, além disso,

observa-se que, por meio da baixa ingestão de carboidratos, ocorre aumento da utilização de ácidos graxos associado com diminuição do desempenho, depleções do glicogênio nas fibras tipo II e aumento da utilização da energia oriunda de vias metabólicas aeróbias para ressintetizar o ATP (MATOS e CASTRO, 2013, p. 56).

Nesse viés, também se torna óbvia a seleção dos grupos musculares em que ocorre a fadiga e a depleção dos estoques de glicogênio, de acordo com a atividade praticada. Nessa ótica, é impossível fadigar a musculatura do bíceps quando se realiza uma corrida de 200 metros, pois a musculatura recrutada está totalmente localizada nos membros inferiores, assim, certamente a musculatura a ser fadigada serão os quadríceps, glúteos, gastrocnêmios, sóleos e isquiotibiais.

As reações químicas desencadeadas para a obtenção de energia, como já mencionado, refletem na produção de uma série de substratos metabólicos, dos quais alguns também são responsáveis por causar a fadiga muscular. Kenney, Wilmore e Costill (2013, p. 132) apontam o calor, o lactato e os íons de hidrogênio como subprodutos metabólicos relacionados à fadiga muscular, bem como o P_i .

Todo exercício físico, evidentemente, causa um dispêndio energético acima dos níveis de repouso, o que promove também um aumento da temperatura corporal que, apesar de ser amenizada através dos sistemas de arrefecimento do corpo (sudorese), fica retida em grande parte, isso causa um aumento da taxa de utilização do glicogênio e da glicose, que pode ser ainda mais elevada se o ambiente externo também estiver em temperaturas altas. De acordo com Powers e Howley (2014, p. 272) “o exercício prolongado em condições ambientais de calor/umidade pode comprometer o desempenho no exercício de vários modos. Estes incluem

as alterações do metabolismo muscular, função cardiovascular/equilíbrio de líquidos e função do sistema nervoso central”.

Powers e Howley (2014, p. 272) ainda afirmam que “durante o exercício realizado em um ambiente quente, a taxa de degradação de glicogênio muscular aumenta paralelamente à elevação tanto do metabolismo de carboidratos como do acúmulo de lactato”. Essas temperaturas promovem um aumento da secreção de adrenalina (epinefrina), que favorece a depleção do glicogênio mais rapidamente, ou seja, exercícios praticados em temperaturas elevadas comprometem o desempenho muscular do praticante. Para Bertuzzi et al (2009, p. 228) “neste caso, a ação da epinefrina deve estimular a quebra do glicogênio por meio da ativação da enzima glicogênio fosforilase, transferindo um fosfato inorgânico à sua forma inativa. Como consequência da ação da epinefrina, haveria a ativação de toda a via glicolítica”. Sendo assim, atividades praticadas em ambientes com temperaturas amenas promovem uma maior conservação do glicogênio e da glicose, bem como a redução da produção do lactato.

Grande parte das pessoas atribui a fadiga muscular apenas à produção de ácido láctico, erroneamente. Sabe-se que esse substrato metabólico, proveniente de um único sistema de produção chamado de glicolítico láctico, é produzido em quantidades significativas apenas em exercícios de grande intensidade e menor duração. A diferença pode ser entendida em um exemplo claro se comparado dois atletas: um velocista e um maratonista. Um produz uma quantidade enorme de força e potência muscular durante um curto intervalo de tempo e o outro produz uma quantidade moderada de força e potência muscular, que se mantêm linear durante um longo período. Logo, o atleta velocista terá uma maior produção de ácido láctico, pois utiliza com maior predominância o sistema de produção de energia glicolítico láctico. Porém, os dois atletas poderão atingir a fadiga muscular, cada um de maneira diferente, determinados pelo principal sistema de produção de energia utilizado.

A produção de ácido láctico não deve ser encarada como o único responsável pela fadiga muscular, na verdade, o ácido láctico é produzido e logo se dissocia, resultando na conversão em lactato, como especificado anteriormente. A dissociação do ácido láctico provoca a liberação de íons de hidrogênio dentro da célula muscular, isso resulta na chamada acidose metabólica, porém, “essa dor desaparece poucas horas depois da prática do exercício físico, uma vez que a acidose metabólica provocada por esse processo, rapidamente é controlada por um sistema de tamponamento que é estimulado para manter o pH em níveis normais” (MCARDLE et al, 1998, apud GALDINO, 2013, p. 03). Os tampões existentes nas células e nos líquidos corporais diminuem a ação de redução do pH causada pelos íons de hidrogênio. Sem a presença dessas

substâncias tampões o pH seria reduzido de tal maneira que poderia matar as células musculares.

Apesar de a redução do pH dentro da célula muscular não ser tão grande, seus efeitos são suficientes para levar o indivíduo à acidose metabólica e à fadiga muscular. Isso ocorre através de várias interações com substâncias essenciais para o desencadeamento de processos químicos responsáveis pela contração muscular, tudo isso associado à dor e desconforto causado. Um pH reduzido também pode afetar a ação da fosfofrutoquinase (uma enzima que atua no processo glicolítico láctico), dificultando a quebra da glicose e consequentemente a produção de ATP. Em conformidade com essa reflexão, Silva, De-Oliveira e Gevaerd (2006, p. 108) afirmam que “a inibição dessa enzima impede a transformação de frutose-6-fosfato em frutose-1.6-difosfato, impossibilitando a degradação da glicose-6-fosfato até piruvato e consequente restauração de ATP”. Além disso, os íons de hidrogênio também interferem na transição do cálcio do retículo sarcoplasmático até o seu acoplamento nos filamentos de actina, impossibilitando a ação da miosina sobre a mesma e, portanto, impedindo a realização da contração muscular. Porém, “a diminuição do pH não está relacionada apenas a menor liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático observada em fibras musculares fatigadas, mas a diminuição da liberação de Ca^{+2} pode estar relacionada a menores potenciais de ação na fibra muscular” (MATOS e CASTRO, 2013, p. 57), isto é, vários fatores agem de maneira concomitante para impedir a ação do cálcio na contração muscular.

Assim, o lactato ou o ácido láctico tem uma atuação indireta na fadiga muscular, mas não podem ser apontados como seu principal causador, tendo em vista que, a interação com os fatores diretos causadores da fadiga muscular fazem dessa substância um importante aliado na análise da fadiga em atletas. Além do ácido láctico e do lactato, outros fatores não podem ser descartados e cabe ao profissional de educação física saber identificar qual o maior causador da fadiga muscular em seu atleta, de acordo com as características da modalidade praticada pelo mesmo.

A fadiga pode ser um fator indesejado para a maioria das pessoas, principalmente atletas, porém, sabendo-se de tudo o que foi descrito acima, pode-se tomar como verdade o fato de que a fadiga muscular é um sistema de defesa do corpo, que atua para que nossos estoques de energia não sejam totalmente esgotados e, para evitar que lesões graves aconteçam.

2.3 Remoção e reutilização do lactato

O lactato produzido pelos músculos tem grande importância se tratando de reutilização de energia e de recuperação muscular. Silva et al (2011, p. 01) afirmam que:

a remoção de lactato pós exercício pode ser considerada fator importante para atletas que necessitam atingir níveis de performance elevados em um curto período de tempo, pois necessitam de uma recuperação muscular rápida para que possam suportar a realização de diversas provas sequenciais. Este fato é observado com atletas do atletismo, que participam de diversas provas em um curto período de tempo.

Em concordância, Silva et al (2013, p. 427) relatam que “a quantificação/avaliação das capacidades de produção e remoção de lactato é um dos pontos determinantes para o desempenho em modalidades esportivas intermitentes”. Nesse sentido, o lactato é um importante aliado à melhora do desempenho de atletas se trabalhado da maneira correta.

É importante ressaltar que, o ácido láctico é produzido a partir do piruvato, quando este recebe átomos de hidrogênio transportados pela $\text{NADH} + \text{H}^+$ com o auxílio da enzima LDH. Para Lopes et al (2009, p. 02):

durante períodos de alta intensidade contrátil do músculo esquelético, os prótons de hidrogênio (H^+) e lactato são gerados na célula como produtos do metabolismo energético. O lactato e o H^+ produzidos são removidos a partir do líquido intracelular, sendo esse mecanismo de remoção e liberação um passo primordial no controle da acidose.

Com isso, entende-se que quando a velocidade de depuração do lactato é menor que a velocidade da sua produção, ocorre o acúmulo desse substrato.

O lactato não possui uma velocidade constante de remoção a partir da sua produção, no entanto, existem atividades que podem otimizar e acelerar essa remoção. É preciso ficar atento ao tipo de atividade escolhida para esse fim, por exemplo, existem atividades que são realizadas executando algum tipo de movimentação ou exercício, bem como, existem atividades que são executadas em repouso absoluto. Acresce-se que é preciso verificar a intensidade da atividade realizada (que pode ser medida através da zona alvo de frequência cardíaca ou zona alvo do Vo2máx), haja vista que, se um exercício de recuperação for realizado com uma intensidade elevada pode promover efeitos contrários aos da recuperação.

A velocidade de produção do lactato e da redução do pH intracelular pode ser variável dependendo de alguns fatores como mudanças nos sistemas de produção de energia utilizados durante o exercício, alterações em algumas atividades enzimáticas e até mesmo em relação as respostas neuro-hormonais.

É reconhecido que o aumento dos íons de hidrogênio, concomitante à diminuição do pH, pode interferir no processo de excitação e contração muscular, resultando em diminuição da capacidade de trabalho muscular e consequente fadiga. Portanto, estratégias de recuperação para aumentar a capacidade de remoção do lactato permitiriam melhor rendimento, principalmente em exercícios físicos de alta intensidade, os quais solicitam fibras musculares predominantemente glicolíticas (LOPES, 2009, p. 02).

O piruvato é o subproduto final da metabolização dos carboidratos (antes do lactato) de maneira anaeróbica. Quando se é realizado um trabalho submáximo, não se é consumido uma quantidade grande de carboidratos, portanto não há uma produção grande de piruvato e, consequentemente, de lactato. Desta maneira, o piruvato começa a ser melhor convertido para acetil CoA (para ser utilizado no ciclo de Krebs), e a enzima LDH passa a agir menos no músculo estriado esquelético e passa a ter maior ativação no músculo cardíaco. E, por fim, uma menor disponibilidade de epinefrina e norepinefrina (adrenalina e noradrenalina) reduz o processo de glicogenólise, limitando assim a produção de lactato.

A velocidade de depuração do lactato também pode ser variável de acordo com outros fatores como a aceleração do transporte de lactato e a aceleração da oxidação do lactato. Segundo Powers e Howley (2014, p. 74) “em virtude do aumento da capacidade oxidativa muscular observado com o treinamento de resistência, alguns autores especularam que os indivíduos treinados poderiam ter uma capacidade maior de remoção de lactato durante a recuperação do exercício intenso”. Essa afirmação faz total sentido pois, indivíduos treinados geralmente tem uma maior capacidade oxidativa, maior aporte sanguíneo e melhora no consumo de oxigênio.

O transporte do lactato se torna mais rápido quando há uma maior afinidade desse substrato com os transportadores MCT (transportadores monocarboxílicos), além da maior densidade dessas enzimas e, de quando a concentração dessas enzimas nas mitocôndrias é maior. Nesse cenário, os meios de transporte bidirecional do lactato, tanto dentro quanto fora das células é maior. “Supõe-se que durante o exercício físico, sobretudo de intensidade elevada, o lactato produzido se desloque do meio intracelular para o extracelular mediante os transportadores monocarboxilatos (MCT1 e MCT4)” (BERTUZZI et al, 2009, p. 228). As enzimas MCT1 estão presentes em maior quantidade nas fibras musculares de contração lenta, enquanto que as enzimas MCT4 estão presentes em maior quantidade nas fibras musculares de contração rápida. Paralelamente a essas atividades, o fluxo sanguíneo para o fígado aumenta, removendo o lactato e o transportando para que ocorra a gliconeogênese. Tudo isso, resulta em uma menor concentração de lactato no sangue e no músculo.

O lactato pode ser mensurado através de biópsia muscular ou através de amostras de sangue obtidas por venipuntura ou picada digital, que são mais utilizadas por serem de mais fácil aplicação e também por serem menos invasivas. Outra vantagem de se analisar a lactacidemia é a disponibilidade de analisadores eficazes, rápidos, baratos e de fácil manipulação.

Apesar de o lactato ser uma substância de fácil locomoção, uma parte dele não chega a adentrar na corrente sanguínea e pode levar algum tempo para que a quantidade de lactato existente no sangue seja relativamente igual a acumulada no músculo. Salienta-se que, durante algum tempo do exercício os valores do lactato existentes no músculo deverão ser mais altos que o existente na corrente sanguínea. De acordo com Kenney, Wilmore e Costill (2013, p. 129):

O ácido láctico fica em estado de movimento constante dentro das células, sendo produzido pela glicólise, e removido da célula primeiramente por meio da oxidação. Assim, apesar de sua reputação como causador da fadiga, o ácido láctico pode ser, e é, usado como fonte de combustível durante o exercício, o que ocorre por meio de diversos mecanismos.

Um dos principais destinos do lactato após ser removido da musculatura é ser novamente convertido em glicose pelo fígado, por um processo chamado gliconeogênese. A gliconeogênese é a formação de uma nova molécula de glicose a partir de substâncias que não sejam os carboidratos. Essa ação ocorre geralmente com substâncias como o glicerol, lactato e/ou piruvato, e alanina.

Convém lembrar que, o piruvato é um subproduto proveniente da glicólise ou glicogenólise, e a grande maioria do piruvato produzido é convertido em acetil CoA, para ser utilizado no ciclo de Krebs. Porém, uma parte é convertida em lactato e adentra a corrente sanguínea.

A alanina é formada quando um grupo amino de um aminoácido é transferido para o piruvato antes de se transformar em glicose no fígado. Segundo Péronnet et al (1987, apud PLOWMAN e SMITH, 2009, p. 72) “para cada grama de glicose produzida, é utilizado 1,02g de glicerol, 1,43g de piruvato, 1,23g de lactato, ou, 1,45g de alanina” e, de qualquer maneira, a glicólise feita por quaisquer dessas substâncias é processada no fígado.

A conversão da alanina em glicose é chamada de ciclo de Feling e a conversão do glicerol em glicose não recebe uma denominação específica.

De acordo com Maughan (2000, apud SILVA et al, 2011, p. 01) “o lactato tem dois destinos principais, primeiro a oxidação para CO₂ e H₂O no músculo esquelético inativo e no miocárdio; e segundo a gliconeogênese hepática”. O ciclo do lactato e do piruvato para a conversão em glicose no fígado (gliconeogênese hepática) é chamado de ciclo de Cori, sendo de suma importância para o auxílio na manutenção dos níveis normais de glicose sanguínea tanto antes quanto após os exercícios.

O ciclo de Cori é realizado a partir das moléculas de lactato ou piruvato, e é simplesmente o ciclo da quebra da glicose em lactato/piruvato e, posteriormente a conversão do lactato/piruvato em glicose novamente. Para Powers e Howley (2014, p. 85):

durante o exercício, uma parte do lactato produzido pelos músculos esqueléticos é transportada para o fígado por meio do sangue. Entrando no fígado, o lactato pode ser convertido em glicose por gliconeogênese [...]. O ciclo de lactato-glicose entre o músculo e o fígado é chamado de ciclo de Cori.

Portanto, o lactato produzido não deve ser encarado como um vilão, haja vista que, apesar de ser um dos fatores indiretos que causam a fadiga muscular, pode ser muito bem reaproveitado pelo nosso organismo se tornando benéfico. Segundo Powers e Howley (2014 p. 74) “estima-se que cerca de 70% do lactato produzido durante o exercício seja oxidado, enquanto 20% são convertidos em glicose e os 10% restantes são convertidos em aminoácidos”, por esse ângulo, o lactato se torna fonte de combustível para diversos tecidos do corpo, como o coração e o próprio músculo estriado esquelético.

2.4 Benefícios da recuperação ativa, liberação/massagem miofascial e alongamento passivo

Alguns métodos são usados na recuperação de atletas a fim de otimizar seus resultados, proporcionando um melhor relaxamento da musculatura, circulação sanguínea, diminuição da fadiga muscular e até mesmo uma maneira de melhorar a remoção de substratos energéticos como o lactato.

Dessa maneira, muitos recursos têm sido utilizados no âmbito esportivo com a finalidade de otimizar a recuperação muscular como, por exemplo, recuperação ativa (exercícios de baixa a moderada intensidade), contraste térmico (alternância de exposição ao frio e calor), massagem e crioterapia (aplicação de frio); e, embora a relação do La e fadiga ainda não estar bem estabelecida, a maioria desses recursos tem

sido utilizada com o objetivo de acelerar a remoção do La sanguíneo (FERRARI et al, 2013, p. 424)

Outros métodos para acelerar a recuperação de atletas e a remoção do lactato sanguíneo são: alongamento passivo ou ativo, nutrição e drogas anti-inflamatórias. Tais variações de métodos se justifica porque cada um tem seus efeitos sobre a recuperação e suas características fisiológicas próprias, além disso, diversos autores tem opiniões controversas sobre esses diversos métodos de recuperação.

2.4.1 Benefícios da recuperação ativa

A recuperação ativa pode ser entendida como o ato de exercer algum exercício de cunho aeróbico, com intensidades menores e lineares. De acordo com Fachineto, Brandão e Erlo (2013, p. 02) a recuperação ativa se define como um “procedimento onde se realiza um exercício aeróbico submáximo pós-exercício intenso, geralmente um trote ou corrida moderada dentro de uma determinada intensidade de frequência cardíaca”. Em consonância, Pastre et al (2009, apud SILVA, OLIVEIRA e CAPUTO, 2013, p. 501) afirma que é simplesmente “a realização de exercícios contínuos aeróbios de baixa intensidade”. Assim sendo, o exercício contínuo que é realizado com a intenção de otimizar a recuperação e promover circulação sanguínea, sendo abaixo de lineares considerados intensos e exaustivos, pode ser visto como um exercício de recuperação ativa.

Esse método é amplamente utilizado em diversos esportes como o futebol, natação e atletismo, por ser de fácil aplicação, custo barato e por proporcionar excelentes resultados acerca da recuperação do atleta. Para Plowman e Smith (2009, p. 53) “o valor metabólico de um processo de volta à calma (esfriamento) reside no fato de que o lactato é dissipado com maior rapidez durante uma recuperação ativa [...], o ritmo de remoção do lactato é maximizado quando a atividade de volta à calma é de intensidade moderada”. Assim, deve-se saber que uma recuperação ativa, para ser efetiva, precisa ter um ritmo apropriado para o atleta baseado em sua frequência cardíaca basal e máxima, e, se possível, baseado no seu $Vo_{2máx}$ (volume máximo de oxigênio).

Uma recuperação ativa malsucedida pode interferir negativamente no processo de recuperação do atleta, pois, dependendo da intensidade do trabalho de recuperação ativa os estoques de glicogênio poderão continuar a serem utilizados, acarretando em mais lactato

acumulado, além de prejudicar a recuperação muscular, já que, o músculo fadigado estará ainda trabalhando em intensidades elevadas. Silva, Oliveira e Caputo (2013, p. 502) afirmam que “na recuperação ativa, não se sabe claramente qual o tipo e a intensidade do exercício, bem como o tempo de exposição mais adequado para a redução nos riscos das lesões induzidas pelo exercício sem haver prejuízo no processo de ressíntese do glicogênio muscular e hepático”. A intensidade da recuperação ativa, portanto, deve ser muito bem calculada, a fim de não depletar mais os estoques de glicogênio e produzir mais lactato. O procedimento de recuperação ativa, pode ser realizado por todos os atletas de acordo com as especificidades da modalidade que pratica.

O ritmo de conversão e reutilização do lactato no fígado é o mesmo, ou seja, independente da velocidade de remoção do lactato sanguíneo, o fígado irá o processar na mesma medida. Porém, durante uma atividade de recuperação ativa o fluxo sanguíneo é aumentado, aumentando também a oxidação do lactato pelo músculo cardíaco e esquelético. Ademais, a recuperação ativa promove a liberação de endorfina, causando um efeito analgésico e redução de dores.

O método de recuperação ativa se faz melhor que o método de recuperação passiva ou repouso, onde o atleta apenas permanece sentado ou deitado após o exercício intenso numa posição tranquila e confortável. Para Maglischo (1999, p. 90, apud CASAROTTO, 2011, p. 02) “O exercício leve é superior ao repouso durante os períodos de recuperação porque é mantida uma velocidade mais rápida para a circulação sanguínea”. Nessa perspectiva, o lactato pode ser transportado com maior facilidade e rapidez através da musculatura e da corrente sanguínea.

A taxa de remoção do lactato através da recuperação ativa pode ser variável de acordo com a modalidade praticada, por exemplo, nadadores costumam precisar de uma recuperação ativa com uma intensidade mais elevada do que corredores. Mazza (2003, apud CASAROTTO, 2011, p. 02) cita que, os corredores teriam uma taxa de remoção do lactato sanguíneo e oxidação mais alta em torno de 30% a 45% do $Vo_{2m\acute{a}x}$, enquanto nadadores precisariam atingir uma taxa de 65% a 70% do $Vo_{2m\acute{a}x}$. Isso ocorre devido as particularidades de cada modalidade, grupos musculares envolvidos nos movimentos e condições ambientais às quais os atletas são expostos durante as atividades de recuperação.

A preferência também deve ser dada a recuperações ativas que sejam específicas as modalidades praticadas. Para exemplificar, um corredor terá mais benefícios acerca da

recuperação muscular e remoção do lactato sanguíneo se realizar uma recuperação ativa com um trote ou caminhada leve, do que se realizar uma recuperação ativa num aparelho cíclico.

2.4.2 Benefícios da liberação/massagem miofascial

A liberação miofascial, massagem miofascial, ou ainda massagem desportiva é uma técnica de manipulação que tem o objetivo de otimizar a recuperação de atletas, visando a manipulação de musculaturas localizadas e específicas, bem como a fáscia muscular (membrana que envolve e protege toda a musculatura do corpo). Pastre et al (2009, apud SILVA, OLIVEIRA e CAPUTO, 2013, p. 493) definem massagem como “a manipulação mecânica dos tecidos do corpo com movimentos rítmicos e cadenciados”. A liberação/massagem miofascial possibilita uma maior circulação sanguínea no local onde é aplicada, otimizando a remoção do lactato intramuscular, além de favorecer a reorganização do tecido muscular, fazendo com que as fibras retornem ao seu comprimento inicial. Também auxilia na redução de edemas e lesões causadas pelo estresse muscular excessivo, característico de atletas que trabalham com altos níveis de intensidade e contração muscular.

Essa técnica pode ser realizada utilizando diversos instrumentos além das próprias mãos, como bastões rígidos, rolos, bolas rígidas e outros materiais que tenham certa rigidez e sejam de fácil deslize pelo corpo. Em geral, as técnicas de liberação/massagem miofascial apresentam melhores resultados em relação à redução de dores causadas por lesões ou até mesmo à DMT (dor muscular tardia), para Lopes et al (2009, p. 02):

recomenda-se que a massagem esportiva seja aplicada como coadjuvante e não como recurso único para recuperação. Um efeito comumente atribuído a aplicação da massagem é a diminuição da dor muscular tardia, que poderia auxiliar na recuperação de um atleta após um esforço intenso.

Atletas que fadigam sua musculatura nos treinos por longos períodos de tempo ou sofrem algum tipo de trauma na musculatura, tendem a ter um deslocamento da fáscia deixando-a aglomerada em alguns pontos específicos, criando nódulos e tensões na fáscia e, conseqüentemente, na musculatura. A liberação/massagem miofascial auxilia a fáscia muscular a retornar à sua forma de origem.

2.4.3 Benefícios do alongamento passivo

O alongamento existe como maneira de recuperação (pós exercício) ou preparação (pré exercício) há muito tempo, sendo muito estudado os seus benefícios e malefícios, tanto em relação a melhora da flexibilidade quanto em relação a otimização para a recuperação do atleta.

Dessa maneira, o alongamento pode ser definido como “exercícios físicos que aumentam o comprimento das estruturas constituídas de tecidos moles e, conseqüentemente, a flexibilidade” (JABUR, 2006, apud SILVA, 2013, p. 01). Portanto, pode ser entendido como uma atividade onde se visa o afastamento da origem e da inserção de um determinado músculo ou grupo muscular, em busca de um maior alongamento das fibras musculares e, assim, aumentar a amplitude de movimento das articulações.

Para Borges (2006, apud MORALES, FILHO e CARMONA, 2014, p. 03) “o alongamento muscular é um recurso utilizado tanto em programas de reabilitação como em atividades esportivas, sendo útil na prevenção de lesões e no aumento da flexibilidade”. Desse modo, os alongamentos são usados no meio desportivo com o principal objetivo de melhorar a amplitude de movimento, a fim de reduzir principalmente o risco de lesões e melhorar a performance dos atletas e, em segundo plano são usados como meios de recuperação pós treino e/ou competição.

Muito se é questionado acerca da realização dos alongamentos antes ou após a prática dos exercícios. Diversos estudos afirmam que, a prática de alongamentos após os exercícios provoca melhores benefícios e menores riscos de lesões, além de não reduzir a potência muscular pela ativação do fuso muscular (contração involuntária realizada quando uma articulação é alongada em excesso), visando, assim, preservar a integridade muscular e articular evitando estiramentos musculares e lesões articulares.

Existem vários métodos de treinamento para o aumento da flexibilidade, melhora na amplitude de movimento e melhora na recuperação muscular. Dentre eles estão o alongamento passivo ou estático, alongamento ativo ou dinâmico, alongamento balístico e a facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP).

O alongamento passivo ou estático caracteriza-se como a:

forma de alongamento na qual o músculo a ser alongado (o antagonista) é colocado lentamente numa posição de alongamento máximo ou quase máximo controlado. A

seguir a posição é mantida por 30 – 60 segundos. Já que o ritmo de mudança no comprimento do músculo é lento (PLOWMAN e SMITH, 2009, p. 552).

Em concordância, Andrade e Lira (2016, p. 402) expressam que “os músculos e os tecidos são estirados e mantidos em posição estacionária com a maior amplitude de movimento possível, sem qualquer esforço do indivíduo avaliado”. Embasado nesta reflexão, compreende-se que o método de alongamento passivo ou estático é o mais seguro dentre os métodos que trabalham a flexibilidade, pois consiste na realização de movimentos controlados e suaves, com intuito de atingir uma maior amplitude sem ocasionar riscos ao atleta.

Os benefícios do alongamento passivo realizado após o treinamento vão além da melhora da flexibilidade, “o alongamento realizado após a sessão de musculação ajuda na viscosidade e na elasticidade dos tecidos condutivos, pois ocorre a eliminação do lactato residual” (FERREIRA, 1999; MONTEIRO, 1992, apud COSTA et al, 2016, p. 02). No mesmo sentido, Sant’anna e Ávila (2006, apud SILVA e SILVA, 2013 p. 01) citam que “os alongamentos dentre os inúmeros efeitos positivos que possuem podem auxiliar na recuperação de dores musculares ocasionadas por micro lesões e acúmulo de ácido láctico”. Ainda, o alongamento passivo também é capaz de promover uma melhora na circulação sanguínea, relaxamento muscular, diminuição das dores, aumento no tamanho da musculatura e aumento na quantidade de fibras contráteis.

Outros benefícios descritos por Anderson (1983, apud MARCHAND, 2002, p. 02) são a redução das tensões musculares, benefícios para a coordenação, desenvolvimento da consciência corporal, liberação de movimentos bloqueados por tensões emocionais e melhora da capacidade mecânica dos músculos e articulações.

Essa modalidade de alongamento necessita ser trabalhada de maneira correta, lenta e gradual, respeitando os limites articulares e musculares do indivíduo, evitando a ativação do fuso muscular e estimulando a ativação do complexo de Golgi.

Portanto, o alongamento passivo acaba se tornando um excelente método na recuperação muscular e remoção do lactato, visto que, oportuniza uma melhor circulação sanguínea na musculatura onde é realizado o procedimento, bem como, um relaxamento e facilitação no transporte de substratos e resíduos acumulados no músculo e no sangue.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Tipo de pesquisa

Para este estudo foi utilizado o tipo de pesquisa denominado como estudo de caso, uma vez que selecionou-se, por conveniência, um indivíduo atleta, velocista, de 21 anos, do clube de atletismo A.S.A Sorriso (Associação Sorrisense de Atletismo), da cidade de Sorriso-MT. Essa escolha visou uma melhor fidedignidade nos resultados dos testes aplicados, pois, geralmente, atletas tem um melhor entendimento e percepção sobre a fadiga muscular, como também uma melhor produção de lactato. O estudo de caso, para Severino (2007, p. 121) é uma “pesquisa que se concentra no estudo particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo”. Logo, o atleta escolhido representa os atletas praticantes da mesma modalidade que podem usufruir dos mesmos benefícios deste estudo. Em concordância, Mattos, Rossetto Júnior e Blecher (2008, p. 35) destacam que esse tipo de pesquisa:

estuda um determinado indivíduo, família ou grupo para investigar aspectos variados ou um evento específico da amostra. Um único caso é estudado com profundidade e holisticamente (de maneira integral) no contexto da sua realidade, para alcançar maior compreensão de casos similares

Nessa conjuntura, este estudo tem como base a realidade do atleta escolhido e, deve ser levado em consideração as especificidades e as várias particularidades referentes a região onde o mesmo reside e treina como o clima, ambiente, condições socioeconômicas, dentre outros, que podem influenciar na aplicação e utilização da pesquisa desenvolvida.

3.2 Abordagem da pesquisa

A pesquisa se apropria das abordagens qualitativa e quantitativa, tendo em vista que, através da análise quantitativa esclarece em dados numéricos e plausíveis os testes aplicados e os resultados em análises gráficas, relacionando os momentos de aplicação dos testes para averiguação do lactato e relacionando também os resultados dos diferentes métodos utilizados. Posto isto, Marconi e Lakatos (2011, p. 287) apontam que a pesquisa quantitativa “vale-se do levantamento de dados para provar hipóteses baseadas na medida numérica e da análise estatística para estabelecer padrões de comportamento. Ela procura principalmente a expansão dos dados, ou seja, a informação”. Alicerçado nos autores, foi feita uma correlação com a análise qualitativa que na proposta de Matias-Pereira (2010, p. 71),

parte do entendimento de que existe uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa.

Na análise qualitativa foi realizado a comparação dos dados obtidos por intermédio dos testes, relacionando-os com resultados e dados obtidos em outros estudos que tiveram como referência a análise da lactacidemia de indivíduos praticantes de diferentes modalidades desportivas. Também, foram utilizados estudos que abordam temas como o descanso ativo, liberação ou massagem miofascial e alongamento passivo, que são os métodos para a remoção de lactato sanguíneo usados neste estudo. Ainda sobre as pesquisas qualitativas e quantitativas, Minayo (2006, p. 57) ressalta que “ambos podem conduzir a resultados importantes sobre a realidade social, não havendo sentido atribuir prioridade a um sobre o outro”. Para tanto, os dois tipos de abordagens se complementam e contribuem para um estudo ainda mais veraz.

3.3 Instrumentos/técnicas utilizados na pesquisa

Para este estudo foram utilizadas as técnicas de observação, testes e fotografias (ver apêndices). A observação “é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste em apenas ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se deseja estudar” (MARCONI E LAKATOS, 2010, p. 173). Nesse contexto, o então instrumento proporcionou um campo visual sobre a pesquisa para que fosse possível discorrer sobre a aplicação do treinamento e dos

testes realizados no atleta. Sobre os testes, Mattos, Rossetto Júnior e Blecher (2008, p. 72) destacam que “esse instrumento é utilizado nas mais diversas áreas da ciência com a finalidade de obter, essencialmente, dados quantitativos, que permitam medir o rendimento, a frequência a capacidade ou a conduta dos grupos ou indivíduos”. Por isso, o teste aplicado no estudo foi de suma importância para a coleta de dados quantitativos, para que houvesse a análise da lactacidemia no atleta antes do treinamento de alta intensidade, imediatamente após o treinamento de alta intensidade e imediatamente após a aplicação dos métodos de recuperação ativa, liberação ou massagem miofascial e alongamento passivo, para a remoção do lactato sanguíneo.

As fotografias são métodos de captura de imagens, utilizados para dar mais veracidade a pesquisa, firmando a autenticidade do estudo e mostrando para o leitor um pouco do ambiente em que foi realizada a pesquisa e como foram efetuados os procedimentos para que houvesse a coleta de dados.

3.4 Trajetória da pesquisa

Primeiramente foi consultado a disponibilidade de um aparelho para aferir a lactacidemia sanguínea, chamado de lactímetro, para a realização dos testes antes e após o treinamento de alta intensidade, bem como após a aplicação dos métodos para a remoção do lactato sanguíneo. O aparelho foi fornecido pelo professor da UFMT, Dr. Mario Sugizaki, para que o estudo pudesse ser feito. Posterior a confirmação da disponibilidade do aparelho, foi realizado um pedido pela internet de tiras reagentes ao lactato para que pudessem ser usadas no lactímetro, já que, na cidade de Sinop não havia a disponibilidade desse material. As tiras chegaram em 10 dias úteis, possibilitando a continuidade do estudo, além das tiras reagentes foram utilizadas lancetas próprias para a perfuração e coleta do sangue do indivíduo, adquiridas em uma farmácia, na cidade de Sinop.

Em seguida, foi feito um comunicado verbal ao clube de atletismo A.S.A Sorriso, para que pudessem disponibilizar um atleta para a realização dos testes. O atleta escolhido foi um homem de 21 anos, que pratica o atletismo há 7 anos, e que treina na cidade de Sinop-MT. Na sequência, foi elaborado uma carta de apresentação (Anexo I), para informar ao atleta sobre as finalidades do estudo, e um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo II), para que o atleta pudesse assinar e ficar ciente de todos os procedimentos que seriam realizados.

Uma reunião foi feita para que fosse possível explicar em detalhes ao atleta como seriam realizados os procedimentos, desde a coleta do sangue para o teste até a aplicação dos métodos

para a remoção do lactato sanguíneo. Em concordância com todos os procedimentos a serem feitos, a carta de consentimento livre e esclarecido foi assinada pelo mesmo.

Logo após, foram determinados os procedimentos adotados para que fossem realizados os testes, incluindo os dias e horários de acordo com a disponibilidade de todos os envolvidos na pesquisa. Assim, foram realizados os testes durante três dias, sendo um dia para cada método aplicado. No mesmo dia foi disponibilizado ao atleta um frequencímetro para que o mesmo pudesse aferir a sua frequência cardíaca basal, já que para a aplicação do teste de “recuperação ativa” seria determinado a zona alvo de frequência cardíaca em que o atleta estaria durante todo o procedimento do teste.

A zona alvo foi calculada através do método descrito por Karvonen (1957, apud GUETHS, 2003, p. 03) que cita a equação $FcT = \%T (Fc \text{ máx} - Fc \text{ rep}) + Fc \text{ rep}$, onde:

FcT = frequência cardíaca de trabalho;

$\%T$ = percentual de treino desejado;

$Fc \text{ máx}$ = frequência cardíaca máxima;

$Fc \text{ rep}$ = frequência cardíaca de repouso ou basal.

Sendo que a frequência cardíaca máxima foi calculada, segundo Seals e Tanaka (2001, apud GUETHS, 2003, p. 03) seguindo a equação $208 - (0,7 \times \text{idade})$, considerada mais moderna e fidedigna.

3.5 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através de um aparelho portátil chamado lactímetro, da marca COBAS, modelo Accutrend Plus, fabricado pelo laboratório ROCHE. Utilizando as tiras reagentes BM-Lactate, próprias para a mensuração de lactato sanguíneo, da marca COBAS, fabricadas pelo laboratório ROCHE, bem como as lancetas tradicionais Accumed próprias para a perfuração e coleta sanguínea, da marca G-TECH.

Para a higienização dos dedos do atleta, e também para sua segurança antes da perfuração com a lanceta, foi utilizado um frasco de álcool etílico 70% e algodão hidrófilo em todas as aplicações. Ao que concerne a higienização e segurança do aplicador, foram utilizadas luvas descartáveis de látex da marca SUPER MAX, tamanho G, em todas as aplicações. No que diz respeito a realização do método de Liberação Miofascial, foi usado um bastão próprio para a liberação miofascial, da marca SKLZ.

A mensuração da frequência cardíaca basal do atleta, para o cálculo da zona alvo de frequência cardíaca do método de recuperação passiva, foi feita com um aparelho chamado

frequencímetro da marca POLAR, modelo FT1. Utilizou-se também a cinta para a transmissão dos batimentos cardíacos da marca POLAR, modelo T31 – CODED. Ambos são próprios para a aferição da frequência cardíaca.

3.5.1 Treinamentos e momentos de coleta sanguínea

Todos os treinamentos foram planejados pelo técnico da equipe de atletismo de acordo com a periodização imposta por ele, sem nenhuma interferência externa. Todos os treinos realizados nos dias de coleta estão descritos logo abaixo.

No primeiro dia de testes, foi mensurado a lactacidemia do atleta perfurando o dedo anelar do mesmo antes do início das atividades, com o atleta em repouso. Em seguida, o atleta começou a realizar o seu aquecimento com um trote leve pela pista. Logo após, dando continuidade ao aquecimento, o participante começou a realizar os exercícios coordenativos da corrida.

Subsequente ao término do aquecimento, que inclui também os exercícios coordenativos, foi mensurada novamente a lactacidemia do atleta para que pudesse começar o treino propriamente dito.

Neste dia, o treino foi constituído de 4 tiros de velocidade de, 300 metros, 250 metros, 200 metros e 150 metros, realizando um descanso passivo de 8 minutos entre cada tiro de velocidade. Foi feita uma coleta imediatamente ao término de cada tiro de velocidade, usando os dedos anelares, indicadores e médios.

Na coleta realizada após o tiro de 200 metros (5ª coleta), ocorreu uma falha na leitura da lactacidemia. Esse momento do treino não pode ser registrado devido ao imprevisto. As falhas nas leituras com o lactímetro podem ocorrer por diversas maneiras como, defeitos no aparelho, defeitos nas tiras reagentes utilizadas, pouco sangue coletado ou até mesmo por erro no manuseio do aparelho. Ainda não se sabe ao certo qual o motivo da ocorrência da falha na leitura.

Ao término do último tiro de velocidade, foi aplicado o método alongamento passivo para que pudesse promover a remoção do lactato sanguíneo acumulado. Após 5 minutos de alongamento passivo, foi mensurado novamente a lactacidemia do atleta para que se pudesse verificar a quantidade de lactato ainda presente no sangue. Para tanto, realizou-se a comparação com as medidas de lactacidemia anteriores. O mesmo foi feito após 10 minutos de alongamento passivo realizado no atleta. No total foram realizadas 8 coletas sanguíneas no primeiro dia.

No segundo dia de testes, foi mensurado a lactacidemia do atleta perfurando o dedo anelar do mesmo antes do início das atividades, com o atleta em repouso. Em seguida, o mesmo começou a realizar o seu aquecimento com um trote leve pela pista. Logo após, dando continuidade ao aquecimento o atleta, começou a realizar os exercícios coordenativos da corrida. Após o término do aquecimento, que inclui também os exercícios coordenativos, foi mensurada novamente a lactacidemia do atleta para que pudesse começar o treino propriamente dito.

Neste dia, o treino foi constituído de 4 tiros de velocidade, de 300 metros, 250 metros, 200 metros e 150 metros, realizando um descanso passivo de 10 minutos entre cada tiro de velocidade. Ao final dos 4 primeiros tiros o atleta realizou um descanso passivo de 20 minutos. A seguir, o atleta retornou para a pista e realizou novamente 4 tiros de velocidade, de 300 metros, 250 metros, 200 metros e 150 metros.

Foi feita uma coleta imediatamente ao término dos quatro primeiros tiros de velocidade, e, outra coleta imediatamente após o término dos 4 últimos tiros de velocidade, utilizando os dedos anelares, indicadores e médios.

Feito isso, foi aplicado o método liberação miofascial para que pudesse possibilitar a remoção do lactato sanguíneo acumulado. Após 5 minutos de liberação miofascial, foi mensurado novamente a lactacidemia do atleta para averiguar a quantidade de lactato sanguíneo ainda presente no sangue do mesmo. Realizou-se também, a comparação com as medidas de lactacidemia anteriores. Esse procedimento, foi feito após 10 minutos de liberação miofascial realizada no atleta. No total foram realizadas 6 coletas sanguíneas no segundo dia de testes.

No terceiro dia de testes, foi mensurado a lactacidemia do atleta perfurando o dedo anelar do mesmo antes do início das atividades, com o atleta em repouso. Em seguida, o mesmo começou a realizar o seu aquecimento com um trote leve pela pista. Na sequência, dando continuidade ao aquecimento, o atleta começou a realizar os exercícios coordenativos da corrida. Após o término do aquecimento, que inclui também os exercícios coordenativos, foi mensurada novamente a lactacidemia do atleta para que pudesse começar o treino propriamente dito.

Neste dia, o treino foi constituído de 4 tiros de velocidade, de 300 metros, 250 metros, 200 metros e 150 metros, realizando um descanso passivo de 8 minutos, 7 minutos e 6 minutos, respectivamente, entre cada tiro de velocidade. Ao final dos 4 tiros, o atleta teve um descanso ativo de 20 minutos. Posterior a esse descanso ativo, o atleta retornou a pista e realizou mais 4

tiros de velocidade de 300 metros, 250 metros, 200 metros e 150 metros, realizando um descanso passivo de 8 minutos, 7 minutos e 6 minutos entre cada tiro, respectivamente.

Foi feita uma coleta imediatamente ao término dos quatro primeiros tiros de velocidade, e, outra coleta imediatamente após o término dos 4 últimos tiros de velocidade, utilizando os dedos anelares, indicadores e médios.

Dessa forma, foi aplicado o método recuperação ativa, para que pudesse promover a remoção do lactato sanguíneo acumulado. Após 5 minutos de recuperação ativa, foi mensurado novamente a lactacidemia do atleta, para que pudesse ser verificada a quantidade de lactato sanguíneo ainda presente no sangue, realizando a comparação com as medidas de lactacidemia anteriores. Esse procedimento também foi feito após 10 minutos de recuperação ativa realizado no atleta. No total foram realizadas 6 coletas sanguíneas no terceiro dia de testes.

3.5.2 Protocolo do teste para averiguação da lactacidemia

Para os testes que tiveram como propósito a mensuração da lactacidemia, foram utilizados o aparelho lactímetro portátil, tiras reagentes ao lactato, lancetas descartáveis, luvas de látex, álcool etílico 70% e algodão hidrófilo.

O atleta teve os seus dedos anelares, indicadores e médios perfurados em cada um dos três dias de testes, sendo que, preferivelmente, não se repetia o dedo em um mesmo dia de coleta. Cada coleta forneceu cerca de 25 microlitros de sangue para a análise com o lactímetro portátil.

As coletas foram feitas da seguinte maneira: o lactímetro portátil era preparado, sendo ligado e inserindo uma tira reagente para que houvesse a leitura. Assim que o aparelho estivesse pronto para o uso, o aplicador já utilizando as luvas de látex, embebecia um pedaço de algodão hidrófilo com álcool etílico 70% e higienizava o dedo disposto para a coleta, segundos antes da mesma ser feita. Imediatamente após a higienização, o aplicador massageava a ponta do dedo desejado, para que houvesse melhor acúmulo de sangue na ponta do dedo do atleta. Em seguida, destacava a lanceta descartável e realizava a perfuração apertando a ponta do dedo, para que o sangue saísse com mais facilidade. A gotícula de sangue era colocada na área de leitura da tira reagente inserida no aparelho, que tinha sua tampa fechada e assim começaria a leitura da lactacidemia do atleta. O aparelho contava 60 segundos para fazer a leitura, mostrando o resultado em seguida, com a unidade de medida em mmol/L (milimols por litro de sangue).

Todas as coletas, foram realizadas seguindo o mesmo protocolo para a segurança tanto do aplicador, quanto do indivíduo a ser examinado. Sendo assim, foram tomadas todas as

medidas de segurança possíveis para que não houvesse risco de qualquer tipo de contaminação por ambas as partes.

3.5.3 Protocolo da aplicação dos métodos para a remoção do lactato

No primeiro dia de testes, foi realizado o método alongamento passivo, que contou com a seguinte metodologia de aplicação: o alongamento foi realizado nas musculaturas do quadríceps, adutores, abdutores, glúteos, panturrilhas e posteriores da coxa, já que, são os agrupamentos musculares mais utilizados durante a corrida.

Foi utilizado um protocolo de 5 movimentos de alongamento, para que pudesse ser feito em todos os grupos musculares desejados.

O atleta permaneceu deitado durante todo o procedimento, ora em decúbito dorsal (para a aplicação dos alongamentos nas panturrilhas, posteriores da coxa, glúteos e abdutores), ora em decúbito lateral direito/esquerdo (para a aplicação dos alongamentos nos quadríceps).

Em cada movimento, foi realizado o alongamento da musculatura de maneira gradativa até o início de uma tensão muscular mais forte, visando não ativar o fuso muscular do atleta. Todos os movimentos, de ambas as pernas, eram mantidos estáticos durante 30 segundos.

Após 5 minutos de alongamento passivo (1 série de alongamento passivo), foi coletado o sangue para a averiguação da lactacidemia. O mesmo foi feito após 10 minutos de alongamento passivo.

No segundo dia de testes foi desenvolvido o método liberação miofascial, utilizando o bastão próprio para a realização deste procedimento. O método contou com a seguinte metodologia de aplicação: a liberação miofascial foi realizada nas musculaturas do quadríceps, adutores, abdutores, posteriores de coxa e panturrilhas, que, como mencionado acima, são os agrupamentos musculares mais utilizados nas corridas.

Foi usado um protocolo de 3 movimentos de liberação miofascial, um para a liberação dos quadríceps, adutores e abdutores, um para a liberação dos posteriores de coxa e outro para a liberação das panturrilhas. Cada movimento era realizado durante 50 segundos na musculatura desejada.

Os movimentos feitos com o bastão são movimentos contínuos, fortes e de média velocidade, visando massagear a musculatura desejada desde o ponto mais próximo de sua origem até o ponto mais próximo de sua inserção, exercendo forte pressão sobre a musculatura e a fáscia. Os movimentos seguem sempre a direção das fibras musculares onde são aplicados. O atleta permaneceu deitado durante toda a aplicação da liberação miofascial, ora em decúbito

ventral (para a aplicação nas musculaturas das panturrilhas e posteriores de coxa), ora em decúbito dorsal (para a aplicação nas musculaturas do quadríceps, adutores e abdutores).

Após 5 minutos de liberação miofascial (1 série de liberação miofascial), foi coletado o sangue para a averiguação da lactacidemia. O mesmo foi feito após 10 minutos de liberação miofascial.

No terceiro dia de testes, foi realizado o método recuperação ativa utilizando o frequencímetro próprio para aferir a frequência cardíaca do atleta durante todo o procedimento. O método contou com a seguinte metodologia de aplicação: a recuperação ativa ocorreu apenas após o final do último tiro de velocidade do dia, respeitando a frequência mínima (122bpm) e máxima (136bpm). As frequências cardíacas de trabalho representam 50% e 60%, respectivamente, da frequência total de trabalho do atleta, lembrando que esse é um cálculo individual, que sofre variações devido a várias características como, idade e nível de condicionamento físico.

O atleta foi orientado a realizar todo o seu treinamento com o frequencímetro neste dia, para melhor monitorar sua frequência cardíaca.

Ao final do último tiro de velocidade, o atleta estava com a frequência cardíaca em 184bpm, então, deveria esperar sua frequência cardíaca baixar para 136bpm. Só assim, poderia começar a realização dos procedimentos de recuperação ativa.

Ao baixar a frequência cardíaca do atleta, para 136bpm, iniciou-se o método de recuperação ativa, cronometrando, desse modo, o tempo para que pudesse realizar as coletas. A frequência cardíaca do participante oscilou entre a zona mínima e máxima de trabalho durante toda a recuperação ativa.

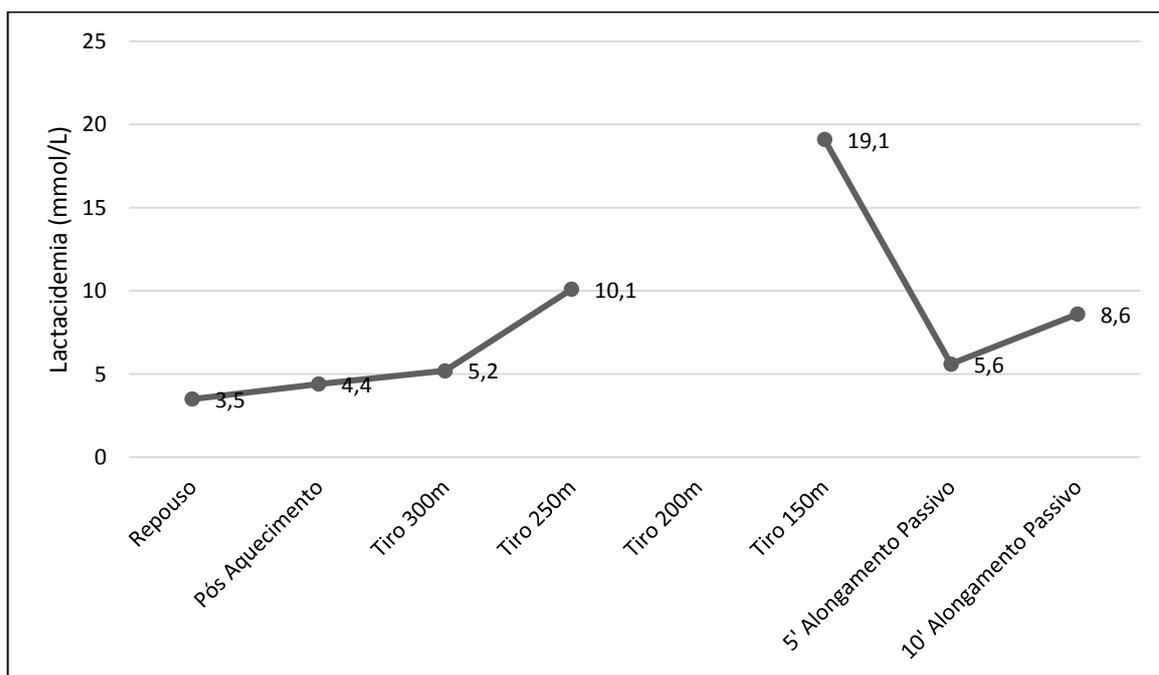
Esse método foi desenvolvido em um terreno gramado, da preferência do atleta. Importante ressaltar que, o tipo de terreno não descaracterizou a recuperação ativa, pois o atleta se manteve o tempo todo dentro da zona alvo de trabalho proposta e, além disso, a atividade realizada (trote ou caminhada) poderia ser efetuada em qualquer terreno.

Após 5 minutos de realização do método de recuperação ativa, foi coletado o sangue para a averiguação da lactacidemia. O mesmo foi feito após 10 minutos de recuperação ativa.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Será apresentado neste capítulo os resultados obtidos com a aplicação dos métodos para a remoção do lactato sanguíneo, bem como, a análise dos resultados acerca da eficácia da remoção do lactato através dos referidos métodos, relacionando-os com os métodos e estudos já realizados e propondo novas intervenções acerca do tema. Todas as medidas de lactacidemia são mostradas em mmol/L (milimols por litro de sangue).

Gráfico 1: Curva de lactacidemia do método “alongamento passivo”



Fonte: Própria.

Os resultados apresentados no Gráfico 1 mostram a curva de lactacidemia do atleta antes e após a aplicação do método de alongamento passivo, visando a remoção efetiva do lactato residual consequente do treinamento intenso. Observa-se que a lactacidemia sanguínea aumenta de forma gradual desde o aquecimento até o último tiro de 150 metros, onde se encontra o pico de lactacidemia sanguínea do atleta.

Em repouso, o atleta encontra-se com a lactacidemia ligeiramente acima do esperado, 3,5mmol/L. Para Astrand e Rodahl (1977, apud PLOWMAN e SMITH, 2009, p. 88) “os valores de lactato em repouso de 1-2 mmol/L [...] são típicos. Um valor de 8 mmol/L [...] é adotado habitualmente para indicar que um indivíduo realizou um trabalho máximo”. De acordo com Linnamo et al (2000, apud JUNIOR, 2010, p. 32) “aumentos significativos da concentração de lactato, acima de 10 mM [sic], indicam grande percentual de utilização de fibras rápidas durante o esforço e, portanto, pode ser um bom indicador da potência anaeróbia”. Sendo assim, apesar de o atleta iniciar com uma concentração de lactato acima dos níveis médios de repouso, ainda está longe de entrar em uma situação de exaustão e fadiga.

A lactacidemia em repouso do atleta se encontrou em níveis ligeiramente acima da média principalmente devido a temperatura do ambiente. Por esse viés, em temperaturas altas a glicólise é estimulada e, conseqüentemente, a produção de lactato, ainda que em quantidades pequenas e toleráveis.

Após o aquecimento e os exercícios coordenativos, o atleta encontra-se com a lactacidemia em 4,4mmol/L. Esse é um nível esperado para pós aquecimento, pois, há um estímulo no sistema de produção de energia glicolítico láctico, porém, sem grandes demandas energéticas rápidas. Na visão de Andrade et al (2010, p. 331) “fisiologicamente, o aquecimento melhora o fluxo sanguíneo para os músculos, aumenta a velocidade de propagação do impulso nervoso, incrementa os substratos energéticos transportados para os músculos ativados e remove seus derivados”. Sobre esse prisma, o principal sistema de produção de energia utilizado no aquecimento ainda é o sistema oxidativo e entende-se que a depuração do lactato consegue remover o pouco lactato que é produzido, evitando o acúmulo.

O primeiro tiro de velocidade realizado foi o de 300 metros, onde a lactacidemia continua subindo de maneira gradual e mais lenta que o esperado, chegando a 5,2mmol/L ao final do tiro. Certamente, o principal sistema de produção de energia utilizado nos primeiros segundos do exercício foi o ATP-CP, seguido do sistema glicolítico láctico ao final do tiro de velocidade, que teve a duração de aproximadamente 33 segundos. Para Plowman e Smith (2009,

p.84) “o sistema ATP-PC predomina nas atividades que duram 10 segundos ou menos e contribui ainda com pelo menos 8% do suprimento de energia para as atividades máximas com uma duração de até 2 minutos”. Não houve dúvidas de que a lactacidemia iria aumentar desde o primeiro pico de potência do atleta, porém, o exercício acabou não sendo extremamente fadigante, pois tratava-se do primeiro pico de potência do treino e, as reservas de glicogênio e ATP ainda estavam praticamente intactas antes desse tiro.

No segundo tiro de velocidade, realizado com 250 metros, observou-se grande aumento na lactacidemia sanguínea do atleta, conforme o esperado, chegando a atingir 10,1mmol/L ao final do tiro de velocidade. Neste momento, os estoques de ATP disponíveis na célula muscular estavam severamente comprometidos, ou seja, a utilização do sistema glicolítico láctico se torna cada vez mais evidente e necessária, como se pode observar com o aumento abrupto da lactacidemia sanguínea no atleta. Mesmo com um tempo de intervalo de 8 minutos, realizando o descanso passivo, não conseguiu evitar que sua lactacidemia subisse.

Com o final do terceiro tiro de velocidade, realizado com 200metros, foi executada nova coleta sanguínea, no entanto, como se observa no Gráfico 1, os dados são inexistentes, devido a uma falha na leitura da lactacidemia, que pode ter sido ocasionada por defeitos na tira reagente utilizada, erro de leitura do lactímetro, erro no manuseio do lactímetro ou quantidade insuficiente de sangue para que a leitura pudesse ser concretizada. Estima-se que, a lactacidemia do atleta pudesse estar entre 14 e 15mmol/L, levando em consideração o acúmulo de lactato ainda presente no sangue do atleta, a grande depleção dos estoques rápidos de ATP e, a grande utilização do sistema glicolítico láctico durante o tiro.

O último tiro de velocidade, realizado com 150 metros, apontou uma grande percepção subjetiva de fadiga no atleta que, visivelmente, estava nessas condições. A lactacidemia sanguínea após o último tiro de velocidade comprova a situação de fadiga instalada no atleta, pois, o valor do lactato acumulado atingiu seu pico com 19,1mmol/L, resultando em exaustão por parte do indivíduo e, níveis de lactacidemia acima do esperado.

O metabolismo anaeróbico (ATP-PC e LA) predomina no fornecimento de energia para os exercícios que duram menos de 2 minutos. Contudo até mesmo os exercícios com duração de até 10 minutos utilizam pelo menos 15% de fontes anaeróbicas. Dentro do componente anaeróbico, quanto maior a duração, maior será também a importância relativa do sistema do ácido láctico (PLOWMAN e SMITH, 2009, p. 85).

Apesar do descanso passivo de 8 minutos realizado antes do último tiro de velocidade, o organismo do atleta não foi capaz de depurar todo o lactato acumulado durante o treino, resultando em um acúmulo ainda maior ao final do tiro. O sistema de produção de energia predominante certamente foi o glicolítico láctico.

Ao final do último tiro de velocidade, foi realizado o procedimento de alongamento passivo para a remoção do lactato sanguíneo do atleta. Após os 5 primeiros minutos de aplicação do método, a lactacidemia sanguínea reduziu abruptamente para apenas 5,6mmol/L.

Como dito anteriormente, o alongamento passivo é uma técnica que promove uma melhor circulação sanguínea no local onde é aplicado. Dessa maneira, promove uma remoção significativa do lactato acumulado na musculatura e na corrente sanguínea. Como pode ser comprovado com os resultados obtidos após 5 minutos da aplicação do método.

Após 10 minutos de aplicação do método de alongamento passivo, observou-se um pequeno aumento na concentração do lactato sanguíneo, que subiu para 8,6mmol/L. Durante qualquer técnica de remoção de lactato, de cunho passivo, o atleta deve permanecer relaxado e imóvel o tempo todo, pois, entende-se que qualquer movimento gera contração muscular e, qualquer contração muscular gera a ativação de um dos sistemas de produção de energia do corpo. O atleta possivelmente gerou algum trabalho muscular durante o alongamento passivo, seja por reação a dor ou desconforto, e, como já estava com suas reservas de ATP esgotadas, acabou ativando de maneira involuntária o sistema glicolítico láctico. Fato é que esse trabalho muscular gerado, ainda que seja apenas uma simples contração abdominal involuntária, pode resultar em mais produção de lactato, aumentando sensivelmente os níveis de lactato no sangue, mesmo com a aplicação de um método para a sua remoção.

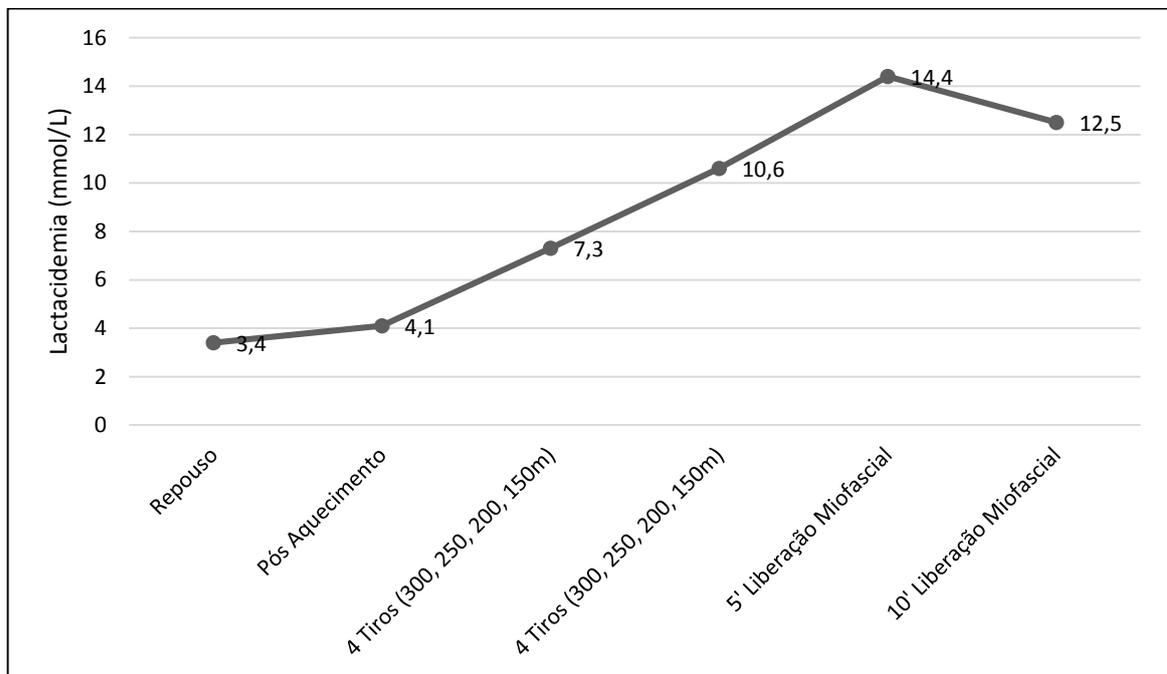
Não foram encontrados estudos que, comprovam diretamente os benefícios do alongamento passivo acerca da eficiência na remoção do lactato, mas, Cheung, Hume e Maxwell (2003, apud SILVA, OLIVEIRA e CAPUTO, 2013, p. 498) mencionam que, o alongamento tem sido amplamente utilizado após os exercícios como forma de prevenção de lesões, redução de edemas, prevenção de espasmos musculares e melhor recuperação pós treino.

Outro estudo realizado por Andrade et al (2010) concluiu que, a utilização do alongamento estático previamente ao treinamento de força, promove uma conservação nos níveis séricos da enzima LDH, enzima que catalisa a conversão do piruvato em ácido láctico.

Entretanto, é equivocado dizer que isso comprova que o alongamento estático influencia diretamente nos níveis de lactato sanguíneo, se aplicado após o treinamento intenso.

Ao final do teste, tem-se um resultado satisfatório e inesperado acerca da remoção de lactato causada pelo método de alongamento passivo, sendo que, em proporções, esse método foi capaz de remover 70,6% e 54,9% nos primeiros 5 e 10 minutos, respectivamente, de todo o lactato residual presente na corrente sanguínea.

Gráfico 2: Curva de lactacidemia do método “liberação miofascial”



Fonte: Própria.

Os resultados apresentados no Gráfico 2 mostram a curva de lactacidemia do atleta antes e após a aplicação do método de liberação miofascial, visando a remoção efetiva do lactato residual consequente do treinamento intenso.

A lactacidemia do atleta também aumenta de maneira gradual neste gráfico, contudo, diferente do primeiro dia de testes, os resultados obtidos acerca da lactacidemia sanguínea do atleta não foram tão altos. Isso ocorreu devido ao planejamento de treino executado no dia, de acordo com a periodização desenvolvida pelo técnico de atletismo do clube.

Os tiros de velocidade foram realizados nas mesmas distâncias que nos outros dias de teste, todavia, o intervalo de recuperação entre os tiros era maior, 10 minutos de descanso passivo entre cada tiro, e 20 minutos de descanso passivo entre a primeira bateria de tiros e a segunda bateria.

Observa-se que, no segundo dia de teste o atleta também estava com a lactacidemia em níveis um pouco mais altos que os normais para a lactacidemia em repouso (3,4mmol/L). Podendo ser atribuído também a fatores como o clima e as altas temperaturas típicas da região e do horário onde o atleta costuma treinar.

Depois dos exercícios de aquecimento e coordenativos, a lactacidemia do atleta continuou subindo como já esperado, chegando a 4,1mmol/L. Esse nível de lactacidemia é muito próximo ao do primeiro dia de teste, fato que, demonstra a preferência pelo sistema de produção de energia oxidativo neste tipo de atividade, onde não ocorre grande produção e concentração de lactato.

Após o aquecimento, o atleta começou a executar os tiros de velocidade nas mesmas distâncias que no primeiro dia, porém, com um tempo de intervalo maior como mencionado acima. O tempo de descanso interferiu visivelmente na lactacidemia e fadiga do atleta, pois, ao ser acrescentado 2 minutos a mais de descanso passivo entre os tiros, o atleta teve a oportunidade de otimizar sua recuperação e remoção de lactato. Desse jeito, tanto sua lactacidemia quanto sua percepção subjetiva de fadiga foram menores que no primeiro dia de teste.

Donovan & Pagliassotti (1989, apud DENADAI, DENADAI e GUGLIELMO, 1996, p. 114) “analisaram a velocidade de remoção do lactato durante o repouso, em ratos treinados e sedentários, após a administração exógena de lactato marcado. Neste estudo verificou-se que o treinamento aumentou em duas vezes a velocidade de remoção do lactato”, na mesma direção, Oyono-Enguelle (1990, apud DENADAI, DENADAI e GUGLIELMO, 1996, p. 114) “verificaram que os indivíduos treinados apresentaram uma maior velocidade de remoção de lactato durante a recuperação passiva, quando comparados aos indivíduos destreinados, após uma série de exercícios realizados na bicicleta com a mesma carga absoluta”. Isso significa que quanto melhor condicionado fisicamente, melhor remoção de lactato o atleta terá em comparação com indivíduos destreinados, mesmo que em condições de repouso absoluto.

Na coleta realizada após os quatro primeiros tiros de velocidade, de 300 metros, 250 metros, 200 metros e 150 metros, foi mensurada uma lactacidemia sanguínea de 7,3mmol/L.

Com isso, entende-se que apesar de não estar realizando esforço tão intenso quanto no primeiro dia, o lactato ainda indicou níveis de pré-exaustão após a primeira bateria de tiros de velocidade. Assim, principal fonte de energia continua sendo o glicogênio muscular.

Posteriormente aos quatro últimos tiros de velocidade, a coleta realizada indica níveis relativamente altos de lactacidemia sanguínea, comprovando que, mesmo com intervalos de descanso longos (10 minutos entre cada tiro de velocidade e 20 minutos entre as baterias de tiros) a capacidade oxidativa do atleta não foi capaz de remover o lactato acumulado na corrente sanguínea, promovendo ainda maior acúmulo. O pico de lactacidemia do dia, realizado após o último tiro de velocidade, foi de 10,6mmol/L.

Os procedimentos de liberação miofascial realizados, induziram a um aumento excessivo na lactacidemia sanguínea do atleta, sendo que, no primeiro momento de coleta, após 5 minutos de liberação miofascial, a lactacidemia havia disparado para 14,4mmol/L, um nível muito mais alto do que o averiguado no último tiro de velocidade

Depois de 10 minutos da aplicação do método de liberação miofascial, a lactacidemia sanguínea do atleta baixou para 12,5mmol/L, uma queda ainda pequena, ficando acima dos níveis de lactacidemia durante os tiros de velocidade.

Também, existem poucos estudos acerca da remoção de lactato após a aplicação de liberação ou massagem miofascial. Lopes et al (2009, apud SILVA e SILVA, 2013, p. 02) realizaram um estudo para verificar a remoção do lactato em 10 indivíduos divididos em: grupo intervenção e grupo controle, com a aplicação de massagem terapêutica após uma sessão de treinamento anaeróbico. Verificou-se que não houve diferença significativa na remoção do lactato. O estudo acaba se tornando vago, pois não informa a metodologia usada para a massagem terapêutica, bem como, os protocolos utilizados. Outro estudo realizado por Hemmings et al (2000, apud LOPES et al, 2009, p. 02) “examinaram o desempenho da massagem na remoção de lactato em lutadores de boxe e não encontrou diferenças entre o grupo intervenção e o grupo controle”, assim como, Martin et al (1998, apud LOPES et al, 2009, p. 02):

não encontraram diferença significativa entre o grupo que recebeu a massagem quando comparado com o grupo que realizou recuperação passiva. Ao mesmo tempo, a recuperação ativa foi capaz de promover remoção de lactato significativamente maior do que outros métodos de intervenção.

A explicação para a liberação miofascial ter promovido, neste estudo, um aumento da lactacidemia sanguínea, está no fato de o lactato ser uma molécula que tem livre circulação através dos músculos e da corrente sanguínea, desde que seja transportado pelas enzimas MCT. Mas, ao terminar um exercício de alta intensidade que induza a alta produção e concentração de lactato, necessita-se de cada vez mais enzimas para transportar o lactato para fora da célula e adentrar na corrente sanguínea. Isso leva um certo tempo para acontecer, dessa maneira, as concentrações de lactato no sangue podem ser diferentes e até menores que as concentrações de lactato dentro do músculo.

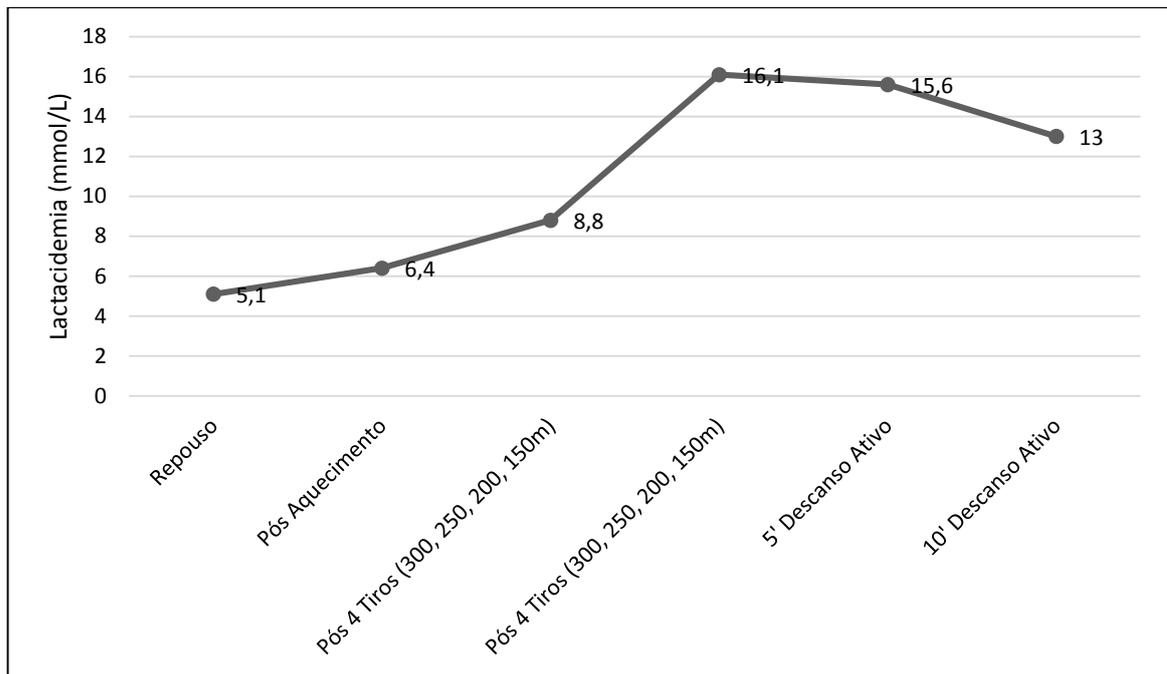
De acordo com Lopes et al (2009, p. 04), “essa linha de tendência pode ser atribuída à questão de a massagem drenar os subprodutos da musculatura de maneira mais rápida para corrente sanguínea, o que poderia influenciar na velocidade de metabolização do lactato por diferentes vias fisiológicas”. A liberação miofascial estimula a circulação sanguínea dentro da célula muscular, facilitando a movimentação e transporte de diversas substâncias, dentre elas o lactato. Dessa forma, a liberação miofascial promove uma remoção de lactato considerável de dentro do músculo para a corrente sanguínea. Porém, como o lactímetro é capaz de mensurar apenas as concentrações de lactato no sangue, aparentemente seria um método não eficaz se tratando de eficiência na remoção do lactato sanguíneo.

Explanando um outro ponto de vista, a liberação miofascial se mostra eficiente em remover o acúmulo de lactato de dentro do músculo para a corrente sanguínea. Esta, fará com que o lactato tenha seus devidos destinos, seja a oxidação para a obtenção de energia utilizada, principalmente no coração, ou a ressíntese de glicogênio através do ciclo de Cori, realizado no fígado. Sendo assim, pode-se dizer que a liberação miofascial acaba se tornando eficiente para a remoção do lactato existente na musculatura. Silva, Oliveira e Caputo (2013, p. 494) relatam que “em síntese, até o presente momento, as provas não suportam a massagem como um método eficiente na recuperação pós exercício”, haja vista que, nenhum dos estudos apresenta resultados concretos acerca desse tema.

Embora a maioria dos estudos não tenha encontrado efeito benéfico da aplicação da massagem para a remoção do lactato, a comparação entre os estudos e correlação de seus resultados é difícil, devido a alta variabilidade na metodologia utilizada para protocolo de fadiga, técnica de massagem, e características da amostra (LOPES et al, 2009, p. 02).

A lactacidemia restante na corrente sanguínea, após a utilização de 5 minutos de liberação miofascial, foi de 35,8% acima do nível de lactacidemia sanguínea depois do último tiro de velocidade. Esse valor foi reduzido para 17,9% acima do nível de lactacidemia sanguínea, depois da aplicação de 10 minutos de liberação miofascial.

Gráfico 3: Curva de lactacidemia do método “recuperação ativa”



Fonte: Própria.

Os resultados apresentados no Gráfico 3 demonstram a curva de lactacidemia do atleta antes e após a aplicação do método de recuperação ativa, visando a remoção efetiva do lactato residual consequente do treinamento intenso. Segundo McLellan e Skinner (1982, apud JUNIOR, 2010, p. 33), “a remoção do lactato é mais rápida quando se utiliza o limiar aeróbio, que é possivelmente a intensidade onde ocorre a velocidade ótima de remoção de lactato”. Nessa perspectiva, a remoção de lactato utilizando a recuperação ativa se dá principalmente por meio da oxidação desse resíduo.

A lactacidemia do atleta também aumenta gradativamente no terceiro e último dia de testes como o esperado, alcançando níveis altos de lactacidemia no decorrer do treinamento

intenso. O planejamento de treino realizado no dia, promoveu ao atleta condições mais difíceis de treinamento, já que, o treino contava com intervalos de descanso menores do que os de costume.

Os tiros de velocidade realizados no terceiro dia de testes, foram os mesmos realizados no segundo dia, ou seja, foram duas baterias de tiros, sendo que cada bateria foi composta por tiros de 300 metros, 250 metros, 200 metros e 150 metros. Os intervalos entre os tiros de velocidade foram de 8 minutos, 7 minutos e 6 minutos respectivamente, bem como, o intervalo entre as baterias de testes foi de 20 minutos.

O atleta apresentou uma lactacidemia relativamente alta nos níveis de repouso (5,1mmol/L), o que indica possíveis alterações no clima, ou qualquer fator que estimule a produção de energia através da glicólise.

Posteriormente ao aquecimento e exercícios coordenativos, foi mensurada a lactacidemia de 6,4mmol/L, normalizando novamente os níveis de lactato sanguíneo, se comparado aos outros dois dias de teste. As alterações acerca dos níveis de lactato em repouso são pequenas, no entanto, devem ser levadas em consideração.

Na sequência da realização dos quatro primeiros tiros de velocidade do treinamento, foi constatada uma lactacidemia sanguínea de 8,8mmol/L, expondo que o tempo de recuperação reduzido entre os tiros interfere diretamente na fadiga do atleta e na produção e acúmulo de lactato. Isso pode ser reafirmado se comparados aos níveis de lactacidemia, após os primeiros 4 tiros de velocidade do segundo e do terceiro dia de testes. Isso ocorre porque quanto maior o tempo de recuperação entre duas situações de fadiga, maior a depuração do lactato através da oxidação do mesmo.

Após a realização dos 4 últimos tiros de velocidade, foi averiguada uma lactacidemia de 16,1mmol/L, ou seja, o atleta realizou um treino quase tão exaustivo e fadigante quanto ao primeiro dia de testes, sendo confirmada pela percepção subjetiva de fadiga, onde o atleta se encontrava completamente exausto.

Durante os 5 primeiros minutos de recuperação ativa, o atleta se mostrou bastante ofegante, apesar de estar com a frequência cardíaca de trabalho dentro do calculado. Esse fato aponta grande trabalho pulmonar na tentativa de oxigenar o sangue e promover maior oxidação de resíduos provenientes do exercício intenso, dentre eles o lactato.

Após os primeiros dois ou três minutos de recuperação, o consumo de oxigênio declina mais lentamente até vir a alcançar um ritmo constante de repouso. Esta fase é denominada de componente lento da recuperação e também tem várias finalidades sendo que a importância desta fase reside no fato dela estar associada à restauração das reservas de glicogênio assim como também à oxidação do lactato (FOSS e KETEYIAN, 2000, apud FACHINETO, BRANDÃO e ERLO, 2013, p. 03).

Após 5 minutos de recuperação ativa, a lactacidemia do atleta baixou para 15,6mmol/L, uma diferença ainda não significativa se tratando de recuperação. Segundo Silva et al (2007, apud FACHINETO, BRANDÃO e ERLO, 2013, p. 03) “coletivamente, a recuperação ativa acarreta um aumento da vasodilatação promovendo o aumento do fluxo sanguíneo para os músculos que estiverem se contraindo a fim de suprir a demanda metabólica”.

Após 10 minutos de recuperação ativa, o atleta havia diminuído a sensação de cansaço e, com nova mensuração de lactacidemia, foi constatado restantes 13,0mmol/L de lactato no seu sangue, uma diferença que começa a ter significância.

Neste estudo, em proporções, a recuperação ativa se tornou eficiente na remoção do lactato apenas 10 minutos após a sua utilização. Passados 5 minutos de recuperação passiva, haviam sido eliminados apenas 3,1% do lactato residual sanguíneo. Na sequência de 10 minutos de recuperação ativa, esse valor saltou para 19,2%.

Um estudo realizado por Júnior et al (2009) teve como objetivo analisar a taxa de remoção do lactato sanguíneo utilizando 15 minutos de recuperação ativa e passiva, após a realização de exercícios intervalados, com dois grupos de 8 militares do exército da cidade de Joinville. O estudo concluiu que, a recuperação ativa teve um melhor resultado acerca da remoção do lactato em relação a recuperação passiva. Mazza (2003, apud CASAROTTO, 2011, p. 02) afirma que:

em corridas, se alcança um mais alto nível de oxidação e remoção de lactato a uma intensidade entre 30% e 45% do VO₂ máx. Já na natação, de acordo com o mesmo autor, a taxa mais alta de remoção se dá em intensidades entre 55% e 70% do VO₂ máx, ou entre 60% e 75% do esforço máximo competitivo.

A remoção do lactato promovida pela recuperação ativa, se dá, principalmente, através de vias oxidativas. Sabendo que a continuidade do exercício aeróbico, bem como a intensidade do mesmo em que é realizada a recuperação, interfere diretamente na redução da lactacidemia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos no presente estudo, comprova-se que o método alongamento passivo se fez mais eficaz acerca da remoção do lactato sanguíneo, seguido do método recuperação ativa e, por fim, a liberação miofascial, haja vista que, efetivou-se na remoção de até 70,6% de todo o lactato acumulado na corrente sanguínea.

Sabe-se que existem vários métodos acerca da remoção do lactato sanguíneo e, diversos estudos contraditórios sobre cada um dos métodos. Isso deve-se ao fato de que o estudo do lactato ainda é muito complexo e envolve diversas variáveis difíceis de serem controladas e que influenciam muito na aplicação das pesquisas.

O lactato é um substrato que vem sendo estudado há muito tempo e, a cada ano novas descobertas a respeito dessa substância são publicadas. Ou seja, ainda que o estudo realizado tenha enorme relevância sempre deixará as portas abertas para que novas pesquisas sejam realizadas, envolvendo a lactacidemia.

O alongamento passivo demonstrou-se eficaz devido a metodologia empregada na sua aplicação e as condições fisiológicas impostas por esse método, haja vista, que diversas variáveis poderiam interferir nos resultados, assim, o cuidado com a realização dos procedimentos foram de suma importância.

A recuperação ativa, que também se mostrou eficaz na remoção do lactato sanguíneo, removendo até 19,2%, foi realizada respeitando cuidadosamente um protocolo e, resultou numa remoção considerável do lactato durante seus 10 minutos de aplicação. Como dito

anteriormente, indubitavelmente, a recuperação ativa se tornará ainda mais eficiente se for realizada por um período de tempo maior.

A liberação miofascial acabou realizando um efeito inverso a proposta da pesquisa, pois, promoveu um aumento na lactacidemia sanguínea. Isso não deve ser encarado como um fator ruim, visto que, entende-se que houve grande remoção do lactato intramuscular, que pôde ser reutilizado para seus devidos fins com maior rapidez por ser removido para a corrente sanguínea.

A combinação de métodos para uma melhor remoção do lactato e, conseqüentemente, uma melhor recuperação muscular é um assunto a ser pensado pelos treinadores de diversas modalidades. O estudo mostrou que existem maneiras de se remover o lactato intramuscular e sanguíneo e que as concentrações não são as mesmas para dentro e fora do músculo.

Recomenda-se o uso de diferentes métodos em outros estudos para a verificação de outras possibilidades de remoção do lactato sanguíneo. Pois, quanto maior a gama de informações a disposição, melhor será a qualidade do treinamento e melhor será a evolução dos atletas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria dos Santos; LIRA, Claudio Andre Barbosa de. **Fisiologia do Exercício**. Barueri: Manole, 2016.

ANDRADE, Sandro de Santana, et al. Efeito agudo do alongamento estático sobre os marcadores bioquímicos de estresse muscular em treinamento de força. **Revista Fisiologia Brasil**. v. 11, n. 5, p. 330 – 333, set/out, 2010.

BERTUZZI, Rômulo Cássio de Moraes; et al. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. V.11, n.2, p. 226 – 234, jan. 2011.

CASAROTTO, Daniel. A recuperação ativa após a realização de exercícios intensos, como forma de prevenção e retardamento da fadiga muscular. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 163, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 23 fevereiro 2018.

COSTA, Weber Alexandre de Medeiros, et al. Nível de flexibilidade em praticantes de musculação. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 214, mar. 2016. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 03 março 2018.

DENADAI, Benedito Sérgio; DENADAI, Mara Lucy Dompietro Ruiz; GUGLIELMO, Luis Guilherme Antonoacci. Taxa de remoção do lactato sanguíneo durante a recuperação passiva: efeitos do tipo de exercício e da capacidade aeróbia. **Revista Paulista de Educação Física**. São Paulo, n. 10, p. 113 – 121, jul/dez, 1996.

FACHINETO, Sandra; BRANDÃO, Débora Cristina; ERLO, Tcherlyn Luana. Efeitos da recuperação ativa e da crioterapia sobre o lactato sanguíneo e a creatina quinase (CK). **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 182, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 23 fevereiro 2018.

FERRARI, Homero Gustavo, et al. Efeito de diferentes métodos de recuperação sobre a remoção de lactato e desempenho anaeróbio de futebolistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Limeira, v. 19, n. 6, p. 423 – 426, nov/dez. 2013.

Fisiologia do exercício. Brasília: Fundação Vale, UNESCO, 2013.

GALDINO, Francisco Flávio Sales. Lactato e dor muscular de início tardio (DMIT): um estudo sobre conceitos e diferenças. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 177, fev. 2013. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 17 abril 2018.

GUETHS, Marcos. As características e prescrições de um exercício aeróbico. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 67, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 04 junho 2018.

JUNIOR, João Paulo Azambuja, et al. O efeito agudo da recuperação ativa, através da medição do índice de lactato sanguíneo no exercício intervalado, em soldados recém incorporados no exército brasileiro da cidade de Joinville. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. São Paulo, v. 3, n. 14, p. 176 – 185, mar/abr, 2009.

JUNIOR, Urbano Dario Cracco. **Comportamento da curva de lactato sanguíneo após a realização do rast-test**. Lins, 2010.

KENNEY, W. Larry; WILMORE, Jack H.; COSTILL, David L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 5. ed. Barueri: Manole, 2013.

KLEITON, Francisco; CHAVES, Thyago. Fisiologia da fadiga muscular de origem central e periférica. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 164, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 23 fevereiro 2018.

LOPES, André Luiz, et al. Remoção de lactato em jogadores de futebol após aplicação de massagem. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 136, set. 2009. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 03 março 2018.

MARCHAND, Edison Alfredo de Araújo. Condicionamento de flexibilidade. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 53, out. 2002. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 10 junho 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MATIAS-PEREIRA, José. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MATOS, Cristiano Cardoso de; CASTRO, Flávio Antonio de Souza. Fadiga: Alterações fisiológicas e modelos conceituais. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**. n. 37, p. 53 – 61, jul./set. 2013.

MATTOS, Mauro Gomes de; ROSSETO JÚNIOR, Adriano José; BLECHER, Shelly **Metodologia da pesquisa em educação física: construindo sua monografia, artigos e projetos**. 3. ed. São Paulo: Phorte, 2008.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 9. ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

MONTES, Flávio Afonso, et al. Concepções de fadiga. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 161, out. 2011. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 23 fevereiro 2018.

MORALES, Priscila Damé; FILHO, Francisco Goldschmit; CARMONA, Eduardo Klein. Aspectos fisiológicos acerca do treinamento do basquete. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 189, fev. 2014. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 10 junho 2018.

PLOWMAN, Sharon A.; SMITH, Denise L. **Fisiologia do exercício para saúde, aptidão e desempenho**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

POWERS, Scott K.; HOWLEY, Edward T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8. ed. Barueri: Manole, 2014.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, Adriano Eduardo Lima; DE-OLIVEIRA, Fernando Roberto; GEVAERD, Monique da Silva. Mecanismos de fadiga durante o exercício físico. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. Florianópolis, p. 105 - 113, 2006.

SILVA, Anderson Teles da, et al. Concentração de lactato e avaliação da performance na recuperação passiva e ativa após exercício de alta intensidade e curta duração. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 158, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 23 fevereiro 2018.

SILVA, Carla Cristiane da, et al. Análise da cinética de remoção de lactato em atletas de canoagem slalom. **Revista Brasileira de Ciências e Esporte**. Florianópolis, v. 35, n. 2, p. 425 – 439, abr/jun. 2013.

SILVA, Luan Pinho Ortiz da; OLIVEIRA, Mariana Fernandes Mendes de; CAPUTO, Fabrizio. Métodos de recuperação pós-exercício. **Revista de Educação Física UEM**. Florianópolis, v. 24, n. 3, p. 489 – 508, 2013.

SILVA, Paulo Sérgio Cardoso da; SILVA, Marcella de Araújo Pudêncio da. Metodologias de recuperação pós-jogo para futebolistas. **EfDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n. 182, jun. 2013. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/html>>. Acesso em: 03 março 2018.

ANEXOS

ANEXO I**FACULDADE DE SINOP**

Sinop/MT, 23 de Maio de 2018

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Eu, Patrick de Oliveira Lucas, acadêmico (a) do Curso de Bacharelado em Educação Física da Faculdade FASIPE, estou desenvolvendo minha pesquisa monográfica, abordando a temática: A eficiência de diferentes métodos na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade. Sob a orientação do Prof. Esp. Rafael da Costa Ferreira. O objetivo da pesquisa é: analisar e compreender a eficiência de diferentes métodos na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade, apontando qual deles é o mais eficiente.

Nesse documento segue “termo de consentimento e livre esclarecimento” explicando os procedimentos adotados neste estudo, dando garantia que essa pesquisa será desenvolvida de maneira ética. Esse documento deve ser avaliado e caso sua resposta seja favorável a participar, o mesmo deve ser assinado e devolvido.

Certos de contarmos com vossa colaboração reitero votos de estima e apreço.

Atenciosamente,

Patrick de Oliveira Lucas

ANEXO II



FACULDADE DE SINOP

Sinop/MT, 23 de Maio de 2018

TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO

Serão utilizados os testes, observações e fotografias para a coleta de dados para a pesquisa monográfica para a conclusão do curso de Bacharelado em Educação Física, com a temática a ser abordada: A eficiência de diferentes métodos na remoção do lactato sanguíneo após exercício de alta intensidade.

Para a realização da mesma informo:

- * As informações coletadas serão utilizadas na pesquisa e será garantido o sigilo referente à identidade do participante.
- * Para obter dados concretos será realizado um teste, utilizando um lactímetro para a coleta dos dados relacionados a lactacidemia sanguínea do participante.
- * Será aplicado o teste com o lactímetro antes do treinamento, após o treinamento e após a aplicação dos métodos para a remoção do lactato circulante na corrente sanguínea.
- * Solicito a permissão para o registro fotográfico da realização dos exercícios programados para o dia bem como da aplicação dos métodos para a remoção do lactato e da aplicação do teste com o lactímetro para a análise da lactacidemia do participante.
- * A participação será voluntária.
- * Não haverá ônus financeiro para qualquer uma das partes.

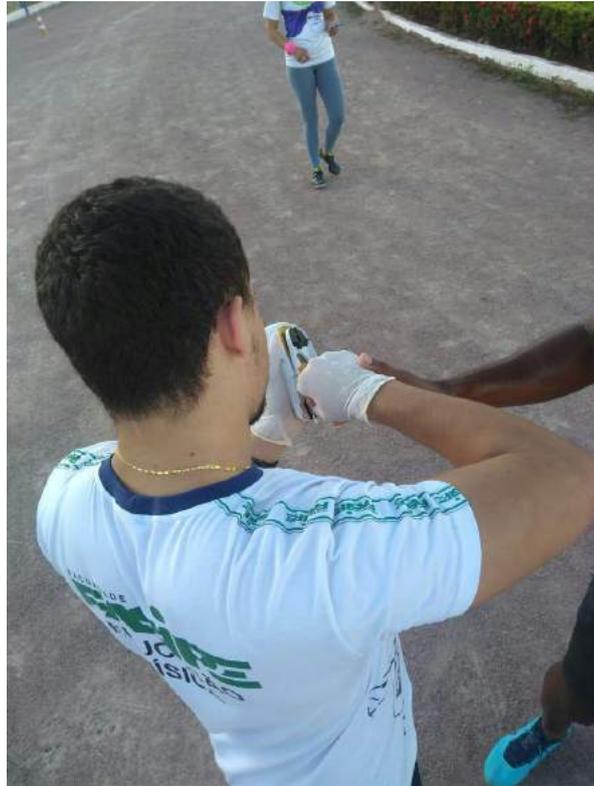
Desta forma eu, [REDACTED], declaro que fui informado sobre a pesquisa, tendo garantia de que apenas dados consolidados serão divulgados. Entendo que tenho direito a receber informações adicionais sobre o estudo a qualquer momento. Fui informado que a participação é voluntária, sem ônus financeiro para nenhuma das partes.

Assinatura

Data: ____/____/____

APÊNDICES

Coleta sanguínea com o lactímetro



Aquecimento antes do início dos tiros



Método de remoção de lactato "liberação miofascial"



Método de remoção de lactato "recuperação ativa"

