

U. PORTO



**FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO**

**Os efeitos da ingestão de bicarbonato sódio no
treino intervalado extensivo**

Porto, 30 de Junho de 2009



**Os efeitos da ingestão de bicarbonato sódio no
treino intervalado extensivo**

Estudo científico, descritivo e interpretativo, no âmbito da
disciplina de seminário – Área de Atletismo, da opção curricular de
desporto “rendimento” da FADE-UP

Orientador: Professor Doutor José Augusto dos Santos

Autor: Rui Jorge Moreira Vaz Branco

Porto, 30 de Junho de 2009

AGRADECIMENTOS

Por acreditar que quem sou é o produto de todos os que foram e de todos os que ainda são para mim, não poderia desperdiçar qualquer oportunidade de homenageá-los, mesmo que o faça de uma forma tão singela quanto esta.

Assim, pela sua intervenção mais ou menos directa na produção deste trabalho, gostaria de prestar os meus agradecimentos:

Ao meu orientador do estudo, professor Doutor José Augusto pela confiança, interminável paciência, e pelo constante respeito que demonstrou ter pela minha iniciativa ao longo da realização deste trabalho.

Ao professor, Mestre Paulo Colasso, pela disponibilidade que demonstrou ao emprestar máquina de medição do lactato, pelo apoio dado na logística associada à recolha dos dados e pelos conselhos que nunca hesitou em dar.

Ao professor Doutor Filipe Conceição, pela emissão constante de palavras de apreço e motivação, nos momentos em que se tornou difícil a continuação da realização deste estudo.

À Cláudia e à minha filha Sofia, que me souberam compreender e apoiar, principalmente, frente às exigências temporais do presente trabalho.

Aos meus pais, irmão e restantes familiares, a quem devo, entre tudo o mais, a minha forma de estar, pensar e agir. São, verdadeiramente, o meu ponto de apoio.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	III
Índice geral.....	IV
Índice de figuras	V
Índice de quadros.....	VI
Resumo.....	VII
1. Introdução	1
2. Revisão da literatura	7
3. Metodologia.....	23
4. Apresentação e discussão dos resultados	25
5. Conclusões	36
6. Bibliografia	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 1.....	28
Figura 2 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 2.....	29
Figura 3 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 3.....	30
Figura 4 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 4.....	31
Figura 5 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 5.....	32

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 Registo dos tempos das séries e valores da concentração de lactato do teste de controlo.....	26
Quadro 2 Registo dos tempos das séries e valores da concentração de lactato do teste experimental	26

RESUMO

Este trabalho visa conhecer e descrever o processo pelo qual a ingestão de bicarbonato de sódio influencia a acumulação de lactato no sangue e, em específico, pretende relacionar a ingestão de bicarbonato de sódio (10 mg/kg) com a acumulação de lactato no sangue durante um treino intervalado extensivo (10 x 400 metros com 1'30" de intervalo entre séries), numa população (n=5) de indivíduos activos, com $18,4 \pm 0,48$ anos de idade, $1,75 \pm 0,024$ metros de altura e $68,4 \pm 3,28$ quilogramas de peso.

Para a recolha dos dados referentes às características da morfologia de cada sujeito, foram utilizadas, uma fita métrica (medição da altura) e uma balança digital (medição do peso). Para a recolha dos dados referentes às performances dos atletas nos dois testes foi utilizada um cronómetro digital, e para a medição das acumulações de lactato foi utilizada uma máquina (Lactate-pro) de medição dos níveis de lactato no sangue.

Para a realização dos testes foi pedido aos atletas que mantivessem uma intensidade média de esforço, que fosse possível manter até ao fim do teste para, desta forma, uniformizar os tempos das séries o mais possível. Durante os testes, emitiram-se feedbacks de acordo com os tempos recolhidos para manter a performance (tempo) ao longo de todas as séries. Os dados foram recolhidos em dois momentos, com uma semana de intervalo e à mesma hora do dia. Para a recolha dos dados referentes à acumulação de lactato, fizemos um pequeno furo na orelha de cada atleta com uma lanceta, no início de cada teste, para ser possível obter uma gota de sangue para a medição dos níveis de lactato na terceira, sexta e décimas séries.

Foram calculados a média (medida de tendência central) e o desvio de padrão (medida de dispersão) para os valores de acumulação de lactato e tempos das séries, individualmente e referente à amostra. E calcularam-se também, a média (medida de tendência central) e o desvio de padrão (medida de dispersão) para os valores referentes à idade, à altura e ao peso.

Em suma, no final deste estudo, só podemos concluir objectivamente que existe uma relação positiva entre a ingestão de bicarbonato de sódio e a menor acumulação de lactato no sangue dos atletas, ao longo do treino intervalado extensivo, ou seja, a hipótese formulada foi confirmada.

1. INTRODUÇÃO

Desde que se conhece, o Homem sempre teve em si um intrínseca sede de conhecimento, quer fosse das coisas, da natureza ou de si próprio (cit Garcia, 2002:8). De facto, existem diversos níveis de conhecimento e formas de o adquirir, no entanto, o conhecimento científico, cuja aquisição se faz pelo método da investigação científica, ocupa um lugar de destaque na nossa sociedade, em virtude de uma lógica, ainda patente, de revolução industrial (Garcia, 2002).

O tema da suplementação foi sempre alvo da atenção do corpo científico ligado ao desporto. É cada vez mais comum o uso de suplementos com os mais variados objectivos nas diferentes modalidades desportivas.

Hoje em dia, a comunidade científica preconiza que nem todos os tipos de suplementação são benéficos para o atleta e que alguns podem provocar baixa de rendimento e até um estado patológico. Os suplementos, quando são mal administrados tendem a perder o seu efeito positivo e, constituem-se muitas vezes como factores dificultadores do desenvolvimento desportivo do atleta. No entanto, diversos estudos na área da nutrição e do desporto afirmam haver uma relação directa entre o regime dietético de um atleta e a sua performance.

É de recordar que no contexto desportivo o uso de suplementos é muitas vezes indevido e não necessário. Nas modalidades que têm como objectivo somente o culto das formas corporais e não a transcendência das capacidades físicas e intelectuais, o uso de suplementos é comum e, na minha opinião, completamente injustificado.

Uma alimentação equilibrada parece ser o segredo para as necessidades fisiológicas do atleta. Porém, ao aparecerem no processo de treino problemas relacionados com a deficiente recuperação, é necessário recorrer à suplementação.

Os atletas de alta competição, que estão sujeitos a esforços bastante intensos ao longo de vários anos, normalmente recorrem ao uso de suplementos para diminuir o tempo de recuperação entre sessões de treino ou

para aumentar a reserva energética disponível para o treino e para a performance competitiva.

De entre todos os tipos de suplementos disponíveis, há que saber seleccionar os que mais se adequam ao tipo de treino que está a ser realizado e aos objectivos do atleta.

É sabido que os hidratos de carbono (CHO) são os substratos energéticos com maior importância para os músculos em exercício. São os únicos substratos que podem ser metabolizados de forma anaeróbia, o que permite o aporte energético necessário para os exercícios de alta intensidade (> 80% do VO₂ max) por mais de 60 – 90 minutos. A alimentação normal de um atleta deve fornecer em conjunto com os substratos energéticos a quantidade suficiente de outros nutrientes fundamentais (fibras, proteínas, sais minerais) necessários para a manutenção da saúde do atleta. Porém, em períodos de treino muito intenso ou de competições diárias e prolongadas, a alimentação deve ser ingerida de forma a facilitar a assimilação de todos os nutrientes e em especial dos hidratos de carbono.

Santos, em 1994, afirma que após uma dieta rica em CHO, o quociente respiratório é superior e, o tempo até à exaustão também é maior do que se a dieta for de alto teor lipídico. Estes factos foram já comprovados por vários autores o que nos leva a crer que, é importante haver uma sobrecarga de hidratos de carbono nos dias que antecedem as competições porque, quanto maior for a disponibilidade de glicogénio maior será a performance em exercícios de grande intensidade. Deste modo, os hidratos de carbono são, a fonte predominante de energia em exercícios anaeróbios (de curta ou longa duração).

As gorduras ou lípidos, que somente são metabolizadas de forma aeróbia, têm também a sua quotaparte de importância no metabolismo energético, em exercícios de menor intensidade. No entanto, de seguida a um regime de alto teor em gorduras, a performance está afectada, existe uma baixa na solicitação dos CHO que parece ser provocada pelo efeito inibidor dos metabolitos da lipólise (Santos, 1994:21). Outros trabalhos, como os de Hargreaves sustentam esta teoria.

A grande vantagem dos lípidos em relação aos hidratos de carbono consiste no nível das reservas disponíveis. “Enquanto que, numa situação

normal, um esforço prolongado a 65 – 80% do VO_2 max leva á deplecção das reservas CHO dentro de 60 a 90 minutos, o nível das reservas lipídicas são do ponto de vista práctico ilimitadas” (Santos, 1994:69).

Diversos estudos afirmam que, apesar dos hidratos de carbono e das gorduras serem os principais “fornecedores” de energia para o músculo em exercício, as proteínas têm um papel importante de suporte energético ao exercício, principalmente em sujeitos com deficiências de ordem nutricional. Logo, as proteínas podem também fazer parte do metabolismo energético, libertando até aproximadamente 4 Kcal/gr, mas não é esta a sua principal função.

As proteínas, além de se constituírem como as estruturas fundamentais em diversos órgãos, hormonas, anticorpos, etc; têm como principais objectivos e funções, a construção e/ou reconstrução, durante o crescimento e/ou recuperação de uma qualquer situação de lesão, dos vários tecidos corporais.

“O treino, mais que um processo de carga – adaptação, consubstancia um processo de lesão – regeneração” (Santos, 1994:53). As lesões induzidas pelo exercício (principalmente o excêntrico) resultantes de alterações na estrutura do músculo, tais como, a alteração da organização estrutural das proteínas contrácteis, destruição mitocondrial e a ruptura do sarcolema, poderão ser reduzidas pelo aumento da ingestão de proteínas, de modo, a acelerar o metabolismo reparador da célula. Esta reconstrução/reparação está intimamente ligada à reorganização e reestruturação proteica ao nível muscular e de outros tecidos. Logo, a suplementação proteica é utilizada normalmente, por atletas em fase de treino intensivo de força.

A suplementação vitamínica é, no panorama geral do desportista e até fora deste âmbito, uma prática usual e maciça. No entanto, esta prática assenta no desconhecimento dos seus efeitos positivos e/ou negativos e traduz-se, a maioria das vezes, por uma ingestão descuidada de vitaminas isoladas, sais minerais e complexos polivitamínicos. À possível sobrecarga de vitaminas normalmente associam-se a debilidade muscular e, por vezes, estados patológicos mais graves, que se traduzem numa baixa da performance física e consequentemente competitiva. São sintomas da presença de vitaminas em excesso no corpo as náuseas, diarreia, dores de cabeça, urticária, alergias diversas e outros efeitos nefastos para o atleta. De entre as vitaminas

hidrossolúveis, não se encontram dados que apontem para uma melhoria na performance do atleta depois de um período de suplementação. Já entre as vitaminas lipossolúveis, encontramos alguma relação entre o exercício físico e a suplementação. A vitamina D, pode ajudar à reconstrução muscular. Contudo, estes dados ainda são pouco sustentados. É também encontrada uma relação positiva entre a suplementação de vitamina E e a redução da lesão celular provocada pela peroxidação lipídica, e é aconselhada a ingestão de vitamina E a grandes altitudes (para evitar um estado de hipóxia), e de vitamina C e complexo B em climas quentes. Para indivíduos que “gozem” poucas vezes da luz solar, principalmente africanos que estejam a viver no norte do planeta, é aconselhado um aporte de vitamina D, em pequenas quantidades e de vez em quando. Salvo as excepções atrás referidas, não são conhecidos efeitos positivos na performance competitiva de um atleta que recorre à suplementação vitamínica. Há, somente, que ter em atenção qualquer debilidade vitamínica causada, pela má alimentação, por um estado patológico ou por esforços muito intensos ou muito longos, e nestes casos, intervir, utilizando adequadamente este tipo de suplementação, com objectivo de normalizar as quantidades de vitaminas no corpo, e não ingerir uma quantidade superior à normal.

Em 1989, Lavender *et al.*, levaram a cabo um estudo que incidiu sobre os efeitos da ingestão de bicarbonato de sódio na realização de sprints intensivos e curtos, repetidamente. Os autores concluíram que durante o exercício físico consistindo em sprints de duração curta, a produção de força foi aumentada após a ingestão de bicarbonato de sódio.

Ao encontro dos achados do estudo citado atrás, Verbitsky *et al.*, em 1997, também realizaram um estudo que visou relacionar a ingestão de bicarbonato de sódio com a força produzida, e ao mesmo tempo, com a fadiga e com a recuperação. Verificaram que, depois de ingerirem bicarbonato de sódio, os sujeitos demoraram mais tempo a ficar fatigados, recuperaram mais rápido e desenvolveram níveis de força pré e pós-fadiga superiores aos verificados nos mesmos indivíduos sem a ingestão desta substância.

Em 2006, Edge *et al.*, foram mais longe e mediram os efeitos da ingestão crónica de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) na capacidade de tampão do músculo, no metabolismo e na performance. Para estes autores tudo indica

que a melhoria da performance verificada no grupo experimental (após a ingestão de bicarbonato de sódio), durante o treino intervalado, não se deve à diferença na quantidade de oxigénio inspirada, nem à concentração de metabolitos no sangue e nos músculos, no fim do exercício. Desta forma, a melhoria da performance em esforços longos e intensos parece estar associada a melhorias na capacidade láctica dos indivíduos, possivelmente relacionada com uma menor acidose metabólica durante o período de treino e com uma maior capacidade oxidativa muscular.

Já este ano de 2009, Zajac *et al.*, publicam no *Journal of Sport Science and Medicine* publica um artigo sobre os efeitos da ingestão de bicarbonato de sódio na performance de jovens nadadores.

Os investigadores que conduziram este estudo, concluíram que a suplementação de bicarbonato de sódio em indivíduos jovens, pode aumentar a capacidade de trabalho durante o treino intervalado intensivo, e ao mesmo tempo, se ingerido de uma forma aguda antes da competição, pode melhorar a performance nas provas de 50 metros. Eles acreditam que estas melhorias na capacidade de trabalho e na performance se devem a uma maior capacidade tampão devida à ingestão de bicarbonato de sódio.

Como se pode verificar pelos estudos consultados, a grande maioria destes são relativos ao trabalho máximo e sub-máximo (ex: treino intervalado intensivo). Portanto, tornou-se importante a abordagem desta temática relativamente ao trabalho de intensidade média (ex: treino intervalado extensivo).

Desta forma, este trabalho visa conhecer e descrever o processo pelo qual a ingestão de bicarbonato de sódio influencia a acumulação de lactato no sangue e, em específico, pretende relacionar a ingestão de bicarbonato de sódio (10 mg/kg) com a acumulação de lactato no sangue durante um treino intervalado extensivo (10 x 400 metros com 1'30" de intervalo entre séries), numa população (n=5) de indivíduos activos, com $18,4 \pm 0,48$ anos de idade, $1,75 \pm 0,024$ metros de altura e $68,4 \pm 3,28$ quilogramas de peso

Com intuito de obter uma amostra o mais homogénea possível, os indivíduos foram seleccionados tendo em conta, o sexo (masculino), a idade (cerca de 18 anos) e os hábitos de treino (pelo menos 8 horas de treino semanal). Para a recolha dos dados referentes às características da morfologia

de cada sujeito, foram utilizadas, uma fita métrica (medição da altura) e uma balança digital (medição do peso). Para a recolha dos dados referentes às performances dos atletas nos dois testes foi utilizada um cronómetro digital, e para a medição das acumulações de lactato foi utilizada uma máquina (Lactate-pro) de medição dos níveis de lactato no sangue.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Para realizar quase todas as tarefas do dia-a-dia, tanto para a nossa sobrevivência (funções biológicas), como para que possa realizar uma acção do nosso comando (movimentos e exercícios), é necessário haver um gasto de energia. Esta energia é proveniente de uma molécula chamada ATP (*adenosina trifosfato – uma molécula universal condutora de alta energia, fabricada em todas as células vivas como um modo de capturar e armazenar energia*).

À medida que o corpo vai realizando as suas funções, o ATP é degradado e posteriormente, é restaurado por outra fonte energética que pode ser proveniente da fosfocreatina (outra molécula geradora de energia), das gorduras, dos hidratos de carbono ou das proteínas.

Conforme as necessidades energéticas vão aumentando, o corpo utiliza o pouco ATP que tem disponível para realizar as suas funções e, à medida que o ATP acaba é solicitado o uso da fosfocreatina para ressintetizar o ATP. Porém, a quantidade de fosfocreatina no nosso organismo também é pouca e, como as necessidades energéticas se mantêm, o nosso organismo solicita outro macronutriente para realizar a ressíntese do ATP. Entretanto e neste momento, o nosso corpo precisa fazer uma escolha, determinar qual substrato energético a utilizar: gordura na forma de triglicerídeos, ou hidratos de carbono na forma de glicose ou glicogénio muscular. A velocidade de ressíntese do ATP e a presença de oxigénio durante o processo de transformação são os mediadores desta escolha.

Na presença de oxigénio e na pouca necessidade de solicitação deste macronutriente, o organismo utilizaria a gordura para ressintetizar ATP, uma vez que a gordura gera mais ATP que a glicose e a sua fonte é praticamente ilimitada no nosso corpo. Por outro lado, a necessidade de alta velocidade de ressíntese de ATP (em exercícios muito intensos ou exaustivos) o organismo irá optar por utilizar glicose ou glicogénio hepático e muscular. Isto também ocorre na ausência de oxigénio durante o processo de transformação para gerar energia, chamado ciclo da glicólise. Este ciclo é capaz de gerar energia

suficiente para a ressíntese do ATP, mas tem um efeito “indesejável”, a produção de ácido láctico (um subproduto "tóxico" gerado no decorrer do ciclo de ressíntese do ATP), que faz com que o exercício seja interrompido minutos depois pela instalação da fadiga muscular nos músculos em actividade.

Até há pouco tempo atrás, muitos técnicos, médicos e leigos acreditavam que o ácido láctico era responsável por uma série de problemas atléticos - fadiga, dores musculares, câibras, limiar anaeróbio e débito de oxigênio. Porém, actualmente, essa explicação simples e única para tantos males fisiológicos foi desacreditada. Na verdade, reconhece-se hoje, que o ácido láctico tem importantes funções no metabolismo.

O ácido láctico é uma substância essencial, utilizada no fornecimento de energia, na eliminação dos hidratos de carbono provenientes da alimentação, na produção de glicose e no aumento da resistência física em situações de exaustão.

Apesar de se reconhecer que a acumulação de ácido láctico no sangue e nos músculos pode interferir nos estímulos nervosos de contracção muscular e no processo de produção de energia necessário para essa contracção, reconhece-se também que o ácido láctico é metabolizado muito rapidamente, e que a quantidade de ácido láctico no sangue e nos músculos, a qualquer instante, é extremamente menor que a grande quantidade que é continuamente formada e eliminada pelo organismo.

Sabe-se hoje, que o ácido láctico é formado e eliminado continuamente e a alta velocidade, mesmo em repouso e em músculos adequadamente oxigenados. Também é do conhecimento geral, que um aumento na concentração de ácido láctico no sangue significa apenas que o índice da sua entrada no sangue excedeu o índice de sua eliminação. Durante o repouso, o consumo de glicose parece ser a fonte principal para sua formação.

O lactato não deve ser encarado como um produto do desgaste metabólico mas, pelo contrário, proporciona uma fonte valiosa de energia química que se acumula como resultado do exercício intenso. Quando se torna novamente disponível uma quantidade suficiente de oxigênio durante a recuperação, ou quando o ritmo do exercício diminui, NAD^+ (coenzima NADH na sua forma oxidada) recebe os hidrogênios ligados ao lactato para subsequente oxidação a fim de formar ATP. Os esqueletos de carbono das

moléculas de piruvato formados novamente a partir do lactato durante o exercício são oxidados para a obtenção de energia ou são sintetizados (transformados) em glicose (gliconeogênese) no ciclo de Cori. O ciclo de Cori não serve apenas para remover o lactato, mas também o utiliza para reabastecer as reservas de glicogênio depletadas no exercício intenso ou exaustivo.

Já se verificou que durante o exercício físico de alta intensidade, há um progressivo aumento da acidose devida à acumulação de ácido láctico que provoca a descida do pH, tanto no sangue, como no músculo em exercício.

Hoje em dia, tudo indica que o treino prolongado aumenta a resistência à elevação no sangue da concentração de metabolitos resultantes da contracção muscular, permitindo assim maior acumulação de ácido láctico e, ao mesmo tempo, maior produção de energia (ATP).

O que é o ácido láctico?

O ácido láctico (do latim lac, lactis, leite), um dos primeiros ácidos conhecidos, foi descoberto pelo químico sueco Carl Wilhelm Scheele, no leite coalhado. É um composto orgânico de função mista ácido carboxílico - álcool que apresenta fórmula molecular $C_3H_6O_3$ e estrutural $CH_3 - CH(OH) - COOH$, e o sal deste ácido é o lactato.

Como é que se forma o ácido láctico no organismo?

O ácido láctico é um produto intermédio do metabolismo, principalmente do ciclo dos hidratos de carbono e é originado nas células musculares. É uma molécula que é produzida durante o metabolismo anaeróbio láctico ou glicólise anaeróbia.

Quanto maior for a actividade muscular, maior será produção e consequente acumulação de ácido láctico no músculo, tornando-o fatigado e incapaz de se contrair, originando cansaço e até câibras. A acumulação deste ácido no corpo designa-se acidose láctica.

Como responde o organismo na presença de ácido láctico?

Depois de ocorrer a formação do lactato no músculo, este difunde-se rapidamente para o espaço intersticial e para o sangue para ser tamponado e removido do local do metabolismo energético. Desta forma, a glicólise continua a conseguir fornecer energia via sistema anaeróbio, ressintetizando o ATP. Esta via para o fornecimento de energia extra é meramente temporária porque os níveis de lactato, tanto no sangue como no músculo, vão aumentando até a ressíntese de ATP não acompanhar o seu ritmo de utilização. É nesta altura que a fadiga se instala e obriga à diminuição na intensidade do esforço.

A fadiga é despertada por vários factores, tais como, a maior acidez intracelular (menor pH intracelular), a inactivação de várias enzimas intervenientes no processo de transferência de energia e pela deterioração das propriedades contrácteis do músculo. Logo, a descida do pH intra e extracelular causada pela maior acidez láctica, não explica, por si só, a redução na capacidade de realizar exercícios intensos por longos períodos.

No exercício muito intenso, quando as demandas energéticas ultrapassam o fornecimento de oxigénio e o seu ritmo de utilização, a cadeia respiratória é incapaz de processar todo o hidrogénio presente no NADH. A libertação contínua de energia via glicólise anaeróbia está dependente da disponibilidade de NAD^+ para oxidar o 3-fosfogliceraldeído que é um subproduto da glicose, caso contrário, o ritmo rápido de produção de energia da glicólise abranda. Durante a glicólise anaeróbia, o NAD^+ é libertado à medida que os pares de hidrogénios não oxidados, em excesso, se combinam com o piruvato para formar lactato. A acumulação de lactato e não a sua produção, anuncia o início do metabolismo energético anaeróbio.

Para que um exercício muito intenso possa continuar, a ressíntese de fosfatos de alta energia (ATP) terá que se processar com um ritmo rápido. A energia para fosforilar o ADP (resultado do ATP depois de libertar energia) durante o exercício intenso, é resultado do glicogénio muscular através da glicólise anaeróbia com a consequente formação de lactato. Porém, o ritmo máximo de transferência de energia é igual a 45% do ritmo de transferência de energia dos fosfatos de alta energia.

Desta forma, podemos afirmar que a glicólise anaeróbia com formação

de lactato poupa tempo, ao tornar possível a formação rápida de ATP através da fosforilação ao nível do substrato, mesmo quando o fornecimento de oxigénio é insuficiente e/ou quando as necessidades energéticas ultrapassam a capacidade do músculo para a ressíntese aeróbia de ATP.

Num exercício muito intenso, com o catabolismo dos hidratos de carbono muito alto, o glicogénio que está dentro dos tecidos inactivos pode tornar-se disponível para atender às necessidades do músculo em actividade. Essa renovação activa do glicogénio, através do reservatório de lactato muscular, progride à medida que os tecidos inactivos lançam o lactato na circulação. Desta forma, o lactato proporciona um precursor gliconeogénico capaz de sintetizar os hidratos de carbono, através do ciclo de Cori no fígado e nos rins, permitindo assim a manutenção da homeostasia da glicose sanguínea e atendendo às necessidades energéticas do exercício.

O lactato produzido nas fibras musculares de contracção rápida pode circular para outras fibras de contracção rápida ou de contracção lenta para ser transformado em piruvato. Por sua vez, o piruvato é transformado em acetil-CoA para ser utilizada no ciclo do ácido cítrico durante o metabolismo energético aeróbio. O lançamento do lactato no espaço intersticial permite que a glicogenólise realizada numa só célula abasteça outras células com o combustível para a oxidação. Este fenómeno torna o músculo não apenas o local de produção do lactato, mas também um tecido primário para a remoção do lactato através da oxidação.

Assim, pode-se afirmar que o lactato produzido numa qualquer parte de um músculo activo acaba por ser oxidado rapidamente pelas fibras musculares com alta capacidade oxidativa, no mesmo músculo, noutra músculo menos activo e ainda no coração.

O que acontece ao ácido láctico em excesso?

Após um exercício até à exaustão, o ácido láctico é removido do sangue e dos músculos durante a recuperação. Em média, são necessários 25 minutos para remover metade do ácido láctico acumulado. Isto significa que cerca de 95% do ácido láctico serão removidos 1 hora e 15 minutos de repouso-

recuperação aproximadamente, após um exercício máximo. Após um exercício sub-máximo, em que se verifica uma menor acumulação de ácido láctico, o tempo de recuperação irá ser menor. Quando o metabolismo energético utilizado pelo indivíduo é somente o aeróbio, o ritmo de produção de ácido láctico corresponde ao ritmo de remoção deste por outros tecidos. Desta forma, quando a produção ultrapassa a remoção verifica-se a acumulação de ácido láctico.

Normalmente, a fadiga aparece após os exercícios em que se verificou a acumulação de quantidades máximas de ácido láctico, e a recuperação total implica a sua remoção tanto do sangue como dos músculos esqueléticos que estiveram activos durante o período de exercitação.

O termo repouso-recuperação ou recuperação activa refere-se ao processo de recuperação com baixa intensidade de exercício, em vez da usual recuperação inactiva ou em repouso. Este tipo de recuperação activa é mais rápida e efectiva e contribui para a remoção mais rápida do ácido láctico.

Quais são os mecanismos que o organismo utiliza para remover do ácido láctico?

Existem diferentes processos de remoção do ácido láctico do organismo. A excreção de pequenas quantidades de ácido láctico na urina e no suor não têm grande impacto na recuperação após exercício, mas é representativa de um destes processos. Outro processo é a conversão em glicogénio ou glicose no fígado, e glicogénio muscular no músculo, na presença de ATP (energia). No entanto, a ressíntese de glicogénio nos músculos e no fígado é extremamente lenta, quando comparada com a remoção de ácido láctico. Logo, a magnitude da alteração dos níveis sanguíneos de glicose também é mínima. Portanto, a conversão do ácido láctico em glicose e glicogénio é responsável pela remoção de uma fracção mínima do ácido láctico total removido. A conversão do ácido láctico em proteína é apontada como outro processo de remoção deste ácido. Porém, diversos estudos afirmam que a quantidade de ácido láctico removido desta forma após o exercício, é relativamente pequena. A oxidação e conversão do ácido láctico em CO_2 e H_2O , parece ser o motor

mais efectivo na remoção do ácido láctico. O ácido láctico pode ser utilizado como combustível metabólico para o sistema aeróbio, predominantemente pelo músculo esquelético, mas o músculo cardíaco, o fígado, o cérebro e o rim, também são capazes dessa função. Na presença de oxigénio, o ácido láctico é transformado, primeiro em ácido pirúvico e, a seguir em CO_2 e H_2O no ciclo de Krebs e no sistema de transporte de electrões.

O uso de ácido láctico como combustível metabólico é responsável pela maior parte do ácido láctico removido durante a recuperação após exercício intenso. Logo, podemos afirmar que, pelo menos parte da necessidade de oxigénio e da energia (ATP) associada à remoção do ácido láctico é fornecida pelo oxigénio consumido durante a fase de recuperação lenta.

Qual a natureza dos desportos em que se verifica acumulação de ácido láctico e, conseqüentemente, a descida do pH sanguíneo?

Como será descrito de seguida, durante o exercício físico, com o aumento da intensidade, a taxa de produção de lactato eventualmente excederá a capacidade que o organismo tem de o eliminar, o que irá provocar a acumulação de iões de hidrogénio e, conseqüentemente, a descida do pH celular e sanguíneo. Isto acontece maioritariamente em desportos cuja base é a resistência (de velocidade e de força), em que a principal fonte de energia para a contracção muscular é a glicólise anaeróbia, que é responsável, ao mesmo tempo, pela produção de ácido láctico e, conseqüentemente, pela descida do pH.

Quando se inicia uma actividade física e se activa o consumo de glicose, cada molécula de glicose vai dar origem a duas de ácido pirúvico. Se as exigências energéticas forem muito altas, as moléculas de ácido pirúvico passam à glicólise anaeróbia e dão origem a ácido láctico, mas se tivermos uma necessidade energética menor, estas moléculas juntamente com o oxigénio passam ao ciclo de krebs originando energia.

O organismo, quando inicia a actividade física, obtem energia pelo processo láctico que consome a glicose sem a presença de oxigénio o que origina a acumulação de lactato. Em exercícios de baixa intensidade, o lactato

produzido é utilizado para formar piruvato, através do processo de oxidação, originando CO_2 e H_2O . O restante do lactato produzido é absorvido pelo fígado para formar glicose que pode ser convertida em glicogénio ou libertada no sangue.

O valor da acumulação de lactato no sangue em exercícios de baixa intensidade situa-se abaixo dos 4 mMol/L. Neste tipo de exercício, denominado de aeróbico de intensidade baixa, o valor da concentração do lactato no sangue pode chegar a 6 mMol/L no início da actividade, baixando rapidamente para o valor apresentado quando o mecanismo aeróbio é activado.

Em exercícios de intensidade média, o sistema aeróbio necessita da ajuda do sistema anaeróbio láctico, para fornecer a quantidade de energia exigida. A colaboração dos dois sistemas não permite a eliminação de todo o lactato do organismo. Porém, em indivíduos adultos e treinados, o equilíbrio entre a produção e o catabolismo do lactato poderá durar até uma hora, dependendo da intensidade do esforço. Nos exercícios com esta natureza, a concentração de lactato no sangue deverá situar-se entre os valores 2 e 4 mMol/L.

Quando a intensidade do exercício é alta, o organismo precisa que grande parte da energia se gere rapidamente, sendo o papel do sistema anaeróbio láctico mais preponderante que o do sistema aeróbio. O resultado deste fenómeno vai ser uma maior produção e conseqüente acumulação de lactato, obrigando o atleta à diminuição da intensidade do esforço. O tempo de exercício com uma intensidade alta depende da capacidade que o indivíduo tem de catabolizar o ácido láctico produzido a mais, mas também depende da capacidade de aguentar a acumulação deste ácido. Normalmente, um indivíduo adulto treinado, aguentará cerca de 15 minutos em exercício de alta intensidade até baixar a intensidade do esforço.

Quando as exigências energéticas são muito altas, a única forma que o organismo tem de gerar essa energia toda rapidamente é através do sistema anaeróbio aláctico, nos primeiros 15 segundos, e anaeróbio láctico ou glicólise anaeróbia, até se verificar a acumulação de quantidades máximas de ácido láctico. Neste tipo de exercício o papel do sistema aeróbio é mínimo e quase todo o ácido láctico produzido é acumulado no organismo, impedindo a manutenção da intensidade do esforço por mais de dois minutos.

Como podemos lidar com o ácido láctico e o que fazer para manter a intensidade de esforço na presença deste?

O principal objectivo das estratégias de treino deve ser minimizar a produção de ácido láctico e aumentar sua eliminação. A manutenção de baixos níveis de lactato conserva também as reservas de glicogénio, o que permite prolongar a manutenção de um exercício aeróbio de alta intensidade.

A capacidade de gerar altos níveis de lactato durante o exercício máximo, aumenta com o treino anaeróbio específico de velocidade e potência e, subsequentemente, diminui com o destreino. Treinos de alta intensidade irão maximizar as adaptações necessárias para aumentar a utilização/consumo de oxigênio (aumentam o VO₂ máx.). Em decorrência disto, o atleta torna-se menos dependente da transformação dos hidratos de carbono em ácido láctico (metabolismo anaeróbio).

O treino prolongado sub-máximo tem a vantagem de induzir as adaptações musculares que reduzirão a velocidade de formação do ácido láctico, além de aumentar sua velocidade de eliminação. Treinos que envolvem natação, ciclismo e corrida por muitos quilômetros, parecem causar um aumento na capilaridade e na capacidade mitocondrial dos músculos esqueléticos. Essa capacidade aumenta o uso de gorduras como combustível energético e, conseqüentemente, diminui a produção de ácido láctico. Além disso, uma maior capacidade mitocondrial aumenta o consumo de ácido láctico como combustível energético, facilitando sua eliminação do organismo.

Em diversos estudos foram observados níveis significativamente menores de lactato em indivíduos treinados quando exercitados agudamente, do que em indivíduos destreinados ou sedentários. Estas conclusões vão de encontro aos achados clássicos descritos na literatura, o que nos permite afirmar que o treino de grande intensidade provoca modificações no metabolismo energético e, sendo sistemático provoca adaptações orgânicas.

Existe uma outra forma de conseguir manter os índices de remoção de lactato, recorrendo à ingestão de bicarbonato de sódio. O bicarbonato de sódio, juntamente com o dióxido de carbono e a água, presentes no sangue, formam um sistema de três reacções em constante equilíbrio que favorecem a manutenção do pH, mantendo assim activos os mecanismos tampão do

sangue.

Nos anos 50, a comunidade científica começou a direccionar a investigação neste sentido. A transferência de conhecimentos da medicina para o desporto foi a grande perscrutadora desta direcção na investigação desportiva.

Actualmente, já se realizaram inúmeros estudos que afirmam que a ingestão de bicarbonato de sódio contribui para a manutenção do pH sanguíneo durante a realização de exercício físico intenso. Assim, é esperamos que a ingestão de NaHCO_3 eleve a capacidade tampão do sangue retardando o aparecimento da fadiga e da exaustão, e promovendo melhorias na performance. As propriedades ergogénicas da ingestão de NaHCO_3 foram e continuam a ser o foco de inúmeras investigações.

Em 1989, Lavender *et al.*, levaram a cabo um estudo que incidiu sobre os efeitos da ingestão de bicarbonato de sódio na realização de sprints intensivos e curtos, repetidamente. Os sujeitos constituintes da amostra ($n=23$; 21,4 \pm 2,3 anos de idade) realizaram seis testes, três depois da ingestão de bicarbonato de sódio (300mg/kg de massa corporal) e três depois da ingestão de uma solução placebo. Cada teste consistiu em dez sprints de dez segundos num cicloergómetro, com intervalo de cinquenta segundos entre séries. Foram registados o pico de força em cada série e a média de força produzida por série. Nos testes depois da ingestão de bicarbonato, os sujeitos produziram uma média de força maior em todos os dez sprints, sendo oito destes estatisticamente significativos. Os resultados revelaram também que a diferença entre a média de força produzida, obtida nos testes com o bicarbonato e com a solução placebo, aumentou à medida que o número de sprints cresceu. O pico de força produzido em cada série de cada teste também foi significativamente maior nos testes do bicarbonato relativamente aos testes da solução placebo.

Os autores concluíram que durante o exercício físico consistindo em sprints de duração curta, a produção de força foi aumentada após a ingestão de bicarbonato de sódio.

Em 1997, Verbitsky *et al.*, também realizaram um estudo que visou relacionar a ingestão de bicarbonato de sódio com a força produzida, e ao mesmo tempo, com a fadiga e com a recuperação. Uma bicicleta ergómetro foi utilizada para a exercitação em três intensidades diferentes: A) intensidade

correspondendo ao consumo máximo de oxigénio, B) intensidade igual a **A** + 17%, e C) intensidade igual a B, mas realizado uma hora depois da ingestão aguda de NaHCO₃. Foi também utilizada a estimulação eléctrica funcional para provocar a contracção isométrica do quadriceps femoralis, e o torque resultante foi medido durante o desenvolvimento do processo de fadiga (2 min de estimulação eléctrica) e recuperação (10 seg de estimulação eléctrica em cada 10 min durante 40 min).

Estes autores observaram o processo de desenvolvimento da fadiga e a consequente recuperação do grupo muscular mencionado numa população (n=6), antes e depois de ingerirem bicarbonato de sódio. Verificaram que, depois de ingerirem bicarbonato de sódio, os sujeitos demoraram mais tempo a ficar fatigados, recuperaram mais rápido e desenvolveram níveis de força pré e pós-fadiga superiores aos verificados nos mesmos indivíduos sem a ingestão desta substância.

Em 2000, Nielsen *et al.*, relacionaram a desaturação do sangue com a injeção intravenosa de bicarbonato de sódio. A contribuição do PH para a desaturação de O₂ no sangue induzida pelo exercício físico, foi medida pela injeção intravenosa de uma solução de bicarbonato de sódio e de uma solução salina durante um exercício máximo de 2000 metros num remo ergómetro, em cinco remadores. A descida do PH foi menos acentuada quando o exercício foi realizado com a injeção da solução de bicarbonato de sódio. Os valores da pressão arterial de O₂ sofreram decréscimos semelhantes nas duas situações. Já os valores da saturação arterial de O₂ sofreram uma menor diminuição durante a injeção de bicarbonato de sódio. A pressão arterial de CO₂, no último minuto de exercício, não sofreu grandes modificações com injeção da solução salina mas, com a injeção de bicarbonato de sódio os valores aumentaram bastante relativamente aos valores de repouso. Também foram determinados, através da realização de uma espectrofotometria de infravermelhos, o volume de O₂ inspirado e as mudanças na oxigenação do músculo, e os valores foram similares para o grupo de controlo e o para o grupo experimental.

Estes autores acreditam que a maior capacidade tampão do sangue, após a injeção de bicarbonato de sódio, é responsável pelo atenuar da acidose e da desaturação sanguínea durante o exercício máximo, promovendo

assim melhorias na performance.

Edge *et al.*, em 2006, mediram os efeitos da ingestão crónica de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) na capacidade de tampão do músculo, no metabolismo e na performance. Este estudo determinou os efeitos da alteração da concentração de H^+ , durante o treino intervalado, nas mudanças ocorridas na capacidade de tampão do músculo na performance de curta duração e alta intensidade, e na concentração de metabolitos no músculo. O grupo de controlo ($n=8$) e o grupo experimental ($n=8$), foram sujeitos a um período de treino de 8 semanas (3 sessões de treino/sem), com seis a doze intervalos de 2 min de bicicleta, com intensidade correspondente a 140% - 170% da capacidade láctica de cada sujeito. Cada sujeito ingeriu antes de cada sessão de treino uma solução placebo ou uma solução de bicarbonato de sódio. Os dois grupos tiveram melhorias semelhantes na capacidade tampão do músculo e no valor do VO_2max , depois do período de treino. Verificaram também, que existe uma grande correlação entre a capacidade tampão do músculo pré-treino e sua evolução com o treino. No entanto, observaram-se maiores melhorias na capacidade láctica e no tempo até a fadiga, do grupo que ingeriu bicarbonato de sódio. Depois do período de treino, não se verificaram mudanças nos níveis pré e pós exercício de ATP, fosfocreatina, creatina, e concentrações intracelulares de lactato, ou PH.

Para estes autores tudo indica que a melhoria da performance verificada no grupo experimental (após a ingestão de bicarbonato de sódio), durante o treino intervalado, não se deve à diferença na quantidade de oxigénio inspirada, nem à concentração de metabolitos no sangue e nos músculos, no fim do exercício. Desta forma, a melhoria da performance em esforços longos e intensos parece estar associada a melhorias na capacidade láctica dos indivíduos, possivelmente relacionada com uma menor acidose metabólica durante o período de treino e com uma maior capacidade oxidativa muscular.

Já este ano de 2009, Zajac *et al.*, publicam no *Journal of Sport Science and Medicine* publica um artigo sobre os efeitos da ingestão de bicarbonato de sódio na performance de jovens nadadores. Neste estudo, foi utilizada uma amostra caracterizadora de uma população jovem com uma prática desportiva relativamente longínqua (15.1 \pm 0.6 anos de idade com 6.6 \pm 0.6 anos de treino). A investigação foi desenvolvida durante o período pré-competitivo de

um macrociclo anual de treino, durante o qual os atletas treinam cerca de 25 horas semanais dentro da piscina e mais 2,5 horas de treino de força fora da piscina. Os sujeitos constituintes das amostras completaram dois testes de 4x50 m, no estilo crawl, com 1 minuto de descanso passivo entre sprints. Antes do primeiro teste ingeriram uma solução placebo e, passadas 72 horas, antes do segundo teste ingeriram uma solução de bicarbonato de sódio.

Os investigadores que conduziram este estudo, concluíram que a suplementação de bicarbonato de sódio em indivíduos jovens, pode aumentar a capacidade de trabalho durante o treino intervalado intensivo, e ao mesmo tempo, se ingerido de uma forma aguda antes da competição, pode melhorar a performance nas provas de 50 metros. Eles acreditam que estas melhorias na capacidade de trabalho e na performance se devem a uma maior capacidade tampão devida à ingestão de bicarbonato de sódio.

Como é que se aumenta a quantidade de bicarbonato no sangue?

A maneira mais fácil de elevar os níveis de bicarbonato no sangue, é a suplementação com alguma forma de bicarbonato, normalmente através da ingestão desta substância. No entanto, já foram realizados estudos em que foi injectado bicarbonato aos sujeitos, durante a realização do exercício, como meio de manutenção permanente do pH sanguíneo dentro dos valores normais.

Desta forma, ao aumentar a quantidade de bicarbonato no sangue, aumenta-se também a capacidade tampão do sangue que, por sua vez, pode provocar o aumento da performance de um indivíduo em exercícios intensos.

O que é que acontece quando a acumulação de ácido láctico resulta na descida do pH?

A descida do pH muscular e sanguíneo é, reconhecidamente, um grande obstáculo à manutenção e elevação da intensidade do esforço. A capacidade total do mecanismo glicolítico é limitada pelo aumento da acidez dentro dos músculos, causada pela acumulação de iões de hidrogénio. A acumulação de H^+ dentro do músculo inibe directamente o processo contráctil, através da inibição da libertação de Ca^{+} do retículo sarcoplasmático, bem como, reduzindo a actividade das enzimas glicolíticas, dificultando assim a propagação dos impulsos neurais.

Assim, o aumento da acidez inibe a transferência de energia para o músculo impedindo-o de contrair e, assim, obrigando o atleta a diminuir a intensidade do esforço.

Quais as consequências imediatas da descida do pH?

À descida do pH sanguíneo normalmente associam-se a hiperventilação, a menor capacidade sanguínea de tamponar o lactato acumulado, a diminuição da capacidade de contracção muscular, diminuição da capacidade de trabalho e conseqüentemente o aparecimento da fadiga e da exaustão, resultando numa baixa na performance do indivíduo.

Como é que o organismo reage à descida do pH?

Durante o exercício físico, há uma série de mecanismos tampão dentro e fora da célula, que têm como objectivo neutralizar os efeitos da acidose e impedir a descida do pH. Os mecanismos tampão do sangue funcionam plenamente quando pH se situa entre os valores 7.2 e 7.4, enquanto que os mecanismos tampão intracelulares dos músculos devem funcionar entre os valores 6.2 e 7.0.

Quando a acumulação de H^+ faz descer o pH intracelular, a capacidade

dos mecanismos tampão dentro da célula é excedida, o H^+ difunde-se para o sangue, causando uma descida do pH extracelular. Este fenómeno, por sua vez, estimula os mecanismos tampão fora da célula, dos quais o bicarbonato (HCO_3^-) é um dos constituintes mais efectivos.

Desta forma, podemos afirmar que a presença de uma maior quantidade de bicarbonato na circulação sanguínea, aumentará a capacidade tampão do sangue.

Como é que se combate a descida do pH sanguíneo?

Se se juntar ao sangue moléculas ionizadas de uma substância que tenha um pK'^* perto de 7.4, elas ligam-se aos protões e sobem o pH do sangue. Logo, o ideal é que o valor do pK'^* de um mecanismo tampão seja semelhante ao pH do tecido. O pK'^* do bicarbonato é 10.22, o que nos leva a pensar que, só por si, não tem a capacidade de se ligar aos protões e consequentemente subir o pH do sangue.

Então qual é o processo pelo qual o bicarbonato combate a descida do pH sanguíneo?

Na verdade, a comunidade científica actualmente acredita que a presença da enzima anidrase carbónica e a presença de CO_2 nos pulmões e no sangue, juntamente com o bicarbonato, formam um sistema de três reacções constantes: ① $H^+ + NaHCO_3^- = H_2CO_3$; ② $H_2CO_3 = CO_2$ dissolvido + H_2O ; ③ CO_2 dissolvido = CO_2 gasoso). As três reacções em constante equilíbrio elevam o pK' do sistema até perto do valor 7.4, fazendo deste um excelente mecanismo tampão da acidose sanguínea.

O que é o pH?

O pH é o potencial hidrogeniônico, ou seja, indica acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução líquida. O termo **pH** foi introduzido, em 1909, pelo bioquímico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen (1868-1939) com o objetivo de facilitar seus trabalhos no controle de qualidade de cervejas (à época trabalhava no Laboratório Carlsberg, da cervejaria homônima). O "p" vem do alemão *potenz*, que significa poder de concentração, e o "H" é para o íon de hidrogênio (H^+).

O valor de pH de uma solução pode ser estimado se for conhecida a concentração em íons H^+ .

O que é o pK'?

É o valor de pH quando existe um equilíbrio dinâmico entre os prótons que se desligam e se re-ligam ao grupo funcional de uma molécula de um ácido. Ácidos ou grupos funcionais fortes têm um pK' muito mais pequeno que 7, e ácidos fracos têm um pK' perto de 7.

Além da utilização no desporto, onde é que se utiliza o bicarbonato?

O bicarbonato de sódio é utilizado na culinária para a confecção de saladas. Como medicamento, o bicarbonato de sódio é um anti-ácido usado, por exemplo, para aliviar a azia. Os médicos poderão também prescrever esta substância com o objectivo de baixar o nível de acidez do sangue e da urina.

3. METODOLOGIA

Objectivo geral

Conhecer e descrever o processo pelo qual a ingestão de bicarbonato de sódio influencia a acumulação de lactato no sangue.

Objectivo específico

Relacionar a ingestão de bicarbonato de sódio (10 mg/kg) com a acumulação de lactato no sangue durante um treino intervalado extensivo (10 x 400 metros com 1'30" de intervalo entre séries), numa população (n=5) de indivíduos activos, com $18,4 \pm 0,48$ anos de idade, $1,75 \pm 0,024$ metros de altura e $68,4 \pm 3,28$ quilogramas de peso.

Hipótese nº1

A ingestão de uma solução de bicarbonato de sódio (10 mg/kg) antes de um treino intervalado extensivo (10 x 400 metros com 1'30" de intervalo entre séries), favorece a acção dos mecanismos de remoção do lactato, numa população (n=5) de indivíduos activos, com $18,4 \pm 0,48$ anos de idade, $1,75 \pm 0,024$ metros de altura e $68,4 \pm 3,28$ quilogramas de peso.

Material e métodos

Critérios de selecção da amostra – Com intuito de obter uma amostra o mais homogénea possível, os indivíduos foram seleccionados tendo em conta, o sexo (masculino) , a idade (cerca de 18 anos) e os hábitos de treino (pelo menos 8 horas de treino semanal).

Técnicas e instrumentos utilizados – Para a recolha dos dados referentes às características da morfologia de cada sujeito, foram utilizadas, uma fita métrica (medição da altura) e uma balança digital (medição do peso). Para a recolha dos dados referentes às performances dos atletas nos dois

testes foi utilizada um cronómetro digital, e para a medição das acumulações de lactato foi utilizada uma máquina (Lactate-pro) de medição dos níveis de lactato no sangue.

Procedimentos experimentais – Para a realização dos testes foi pedido aos atletas que mantivessem uma intensidade média de esforço, que fosse possível manter até ao fim do teste para, desta forma, uniformizar os tempos das séries o mais possível. Durante os testes, emitiram-se feedbacks de acordo com os tempos recolhidos para manter a performance (tempo) ao longo de todas as séries. Os dados foram recolhidos em dois momentos, com uma semana de intervalo e à mesma hora do dia.

Para a recolha dos dados referentes à acumulação de lactato, fizemos um pequeno furo na orelha de cada atleta com uma lanceta, no início de cada teste, para ser possível obter uma gota de sangue para a medição dos níveis de lactato na terceira, sexta e décimas séries.

Metodologia qualitativa

Análise, descrição e interpretação do conteúdo.

Metodologia quantitativa

Procedimentos estatísticos - Cálculo da média (medida de tendência central) e do desvio de padrão (medida de dispersão) para os valores de acumulação de lactato e tempos das séries, individualmente e referente à amostra.

Cálculo da média (medida de tendência central) e do desvio de padrão (medida de dispersão) para os valores referentes à idade, à altura e ao peso.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta fase do estudo, iremos comparar, analisar e interpretar os dados recolhidos nas duas situações. A análise irá ser realizada em primeiro lugar, caso a caso, e em segundo lugar, relativamente à população. Pretendemos assim, sugerir ou rejeitar a existência de uma relação entre a ingestão de bicarbonato de sódio (10 mg/kg) e a concentração de lactato no sangue (mMol/l), no treino intervalado extensivo (10 x 400 metros com 1'30" de intervalo entre séries).

A discussão dos resultados vai ser baseada na medida de tendência central, média, e na medida de dispersão, desvio de padrão. Os resultados destas variáveis para cada atleta encontram-se no capítulo anterior, apresentação dos resultados. Não é possível achar uma correlação entre as variáveis intensidade do esforço e acumulação de lactato, já que a intensidade do esforço produzido por cada um dos atletas, foi semelhante nos dois testes, mas foi diferente de atleta para atleta. Só conseguiríamos achar essa relação se todos os atletas realizassem intensidades de esforço semelhantes, o que só seria possível caso tivéssemos medido a intensidade do esforço através do volume de oxigénio consumido. Também não foi possível correlacionar os valores de acumulação de lactato com a ingestão de bicarbonato de sódio, porque iria resultar em valores de significado estatístico pequeno. Normalmente, o significado estatístico é maior quanto maior e mais homogénea for a amostra. Por sua vez, as amostras são mais homogéneas quanto mais sujeitos as constituírem.

Quadro 1 Registo dos tempos das séries e valores da concentração de lactato do teste de controlo

		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	Total	Média	D. Padrão
Atleta nº1	Tempo (s)	95	94	92	94	94	95	91	95	94	96	940	94,0	1,00
	C _{Lt} (mMol/l)			6,1			7,2				7,3	20,6	6,9	0,51
Atleta nº2	Tempo (s)	73	85	77	87	85	88	89	85	85	85	839	83,9	3,56
	C _{Lt} (mMol/l)			7,2			8,1				6,1	21,4	7,1	0,69
Atleta nº3	Tempo (s)	79	77	79	84	88	89	85	85	85	85	836	83,6	3,16
	C _{Lt} (mMol/l)			5,7			7,6				6,9	20,2	6,7	0,69
Atleta nº4	Tempo (s)	72	80	82	81	80	81	81	82	81	81	801	80,1	1,66
	C _{Lt} (mMol/l)			8,8			9,7				10,4	28,9	9,6	0,56
Atleta nº5	Tempo (s)	72	72	77	77	85	87	85	85	93	87	820	82,0	6,00
	C _{Lt} (mMol/l)			11,1			13,2				11,1	35,4	11,8	0,93
												Tempo (s)	84,7	3,712
												C_{Lt} (mMol/l)	8,4	1,8

Quadro 2 Registo dos tempos das séries e valores da concentração de lactato do teste experimental

		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	Total	Média	D. Padrão	
Atleta nº1	Tempo (s)	95	94	92	94	94	95	91	95	94	96	940	94,0	1,00	
	C _{Lt} (mMol/l)			6,1			7,2				7,3	20,6	6,9	0,51	
Atleta nº2	Tempo (s)	73	85	77	87	85	88	89	85	85	85	839	83,9	3,56	
	C _{Lt} (mMol/l)			7,2			8,1				6,1	21,4	7,1	0,69	
Atleta nº3	Tempo (s)	79	77	79	84	88	89	85	85	85	85	836	83,6	3,16	
	C _{Lt} (mMol/l)			5,7			7,6				6,9	20,2	6,7	0,69	
Atleta nº4	Tempo (s)	72	80	82	81	80	81	81	82	81	81	801	80,1	1,66	
	C _{Lt} (mMol/l)			8,8			9,7				10,4	28,9	9,6	0,56	
Atleta nº5	Tempo (s)	72	72	77	77	85	87	85	85	93	87	820	82,0	6,00	
	C _{Lt} (mMol/l)			11,1			13,2				11,1	35,4	11,8	0,93	
												Tempo (s)		84,7	3,712
												C_{Lt} (mMol/l)		8,4	1,8

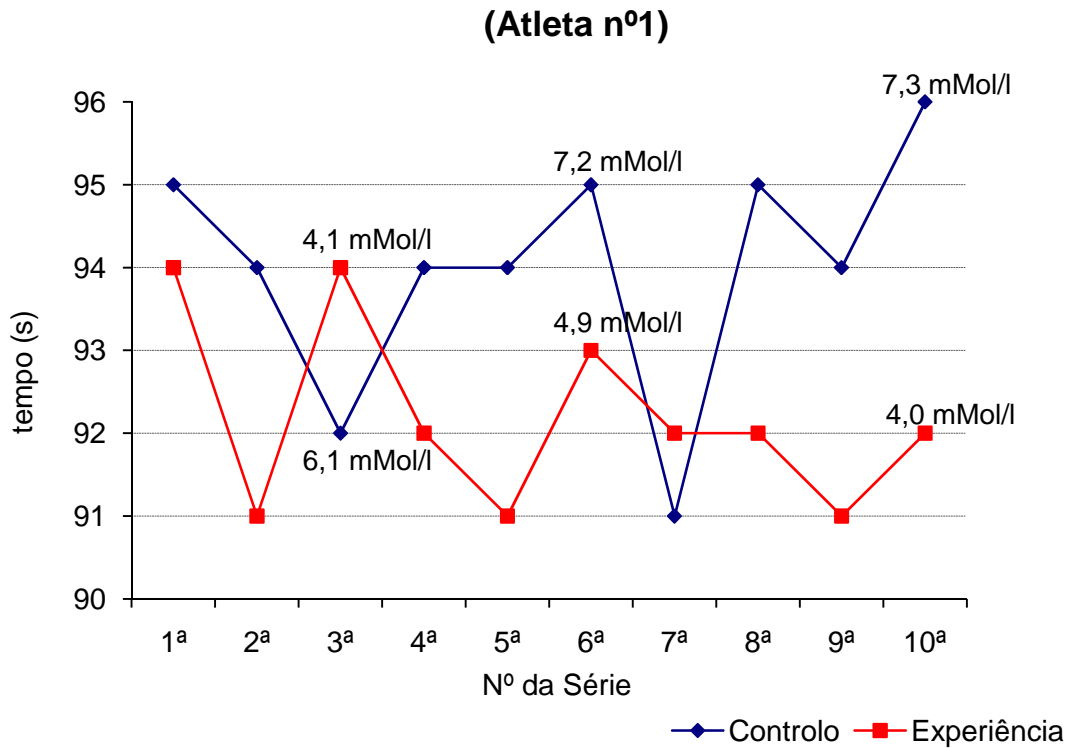


Figura 1 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 1.

No caso do atleta nº1 verificamos facilmente, nos quadros 1 e 2, que os valores das médias do tempo das séries e da acumulação de lactato no sangue são menores quando foi administrado ao sujeito uma solução de bicarbonato de sódio, antes do teste. Os valores da medida de dispersão, desvio de padrão, correspondentes ao teste experimental também são menores que os verificados no teste de controlo. Estes dados, desde já, apontam para a confirmação da relação entre o bicarbonato de sódio e a capacidade sanguínea de tamponar o lactato. Neste atleta, observamos valores menores de acumulação de lactato em todas as medições, e o tempo total gasto na realização do teste foi menor, quando o sujeito ingeriu a solução de bicarbonato de sódio.

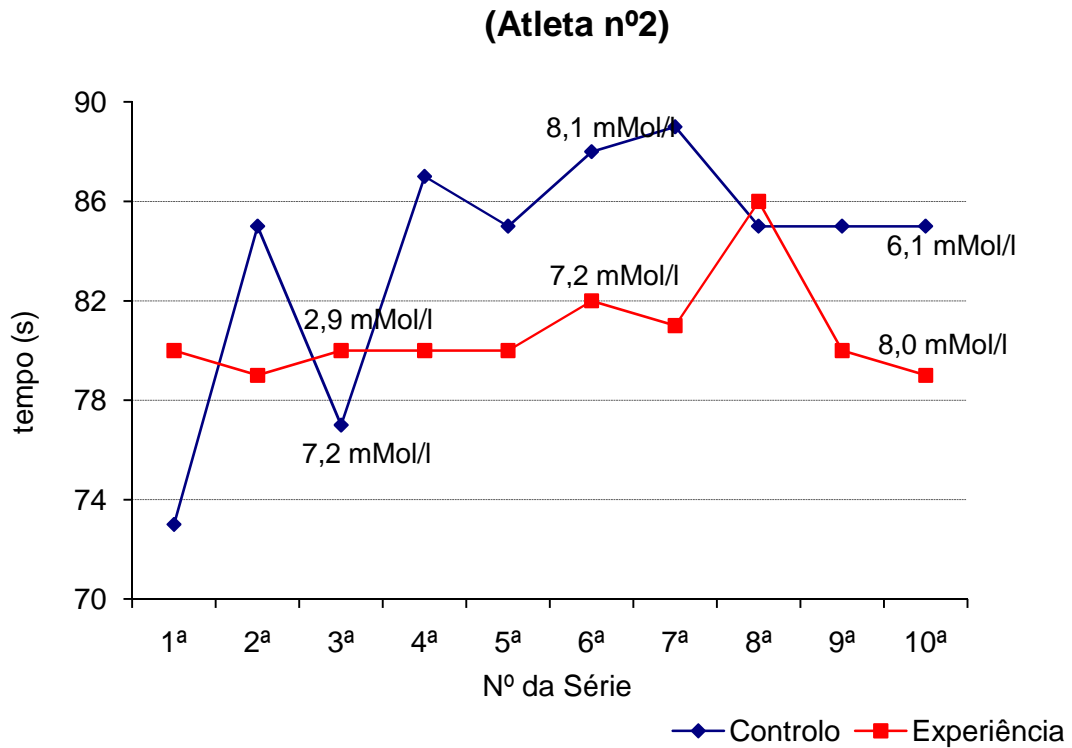


Figura 2 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 2.

Relativamente ao atleta nº2 podemos verificar nos quadros 1 e 2 que, tanto a média do tempo, como a média de acumulação de lactato, foram menores quando o atleta ingeriu a solução de bicarbonato de sódio. Também observamos no teste com ingestão de bicarbonato de sódio que a dispersão (desvio de padrão), dos tempos das séries foi menor que no teste de controlo (figura 2), e da acumulação de lactato ao longo do teste foi maior que no teste de controlo. Apesar das diferenças serem pequenas e pouco significativas (amostra muito pequena), os valores do tempo e da acumulação de lactato descenderam quando o atleta ingeriu a solução de bicarbonato de sódio, o que nos pode indicar que mesmo em intensidades médias de exercício, o bicarbonato pode ter um efeito potenciador da capacidade sanguínea de tamponar o lactato.

É importante relembrar que a variação dos valores da acumulação de lactato no sangue pode ser induzida por vários factores, tais como, os hábitos

alimentares (ex: a ingestão de determinadas substâncias pode potenciar ou diminuir a performance), as rotinas diárias, o descanso, os estados patológicos, etc.

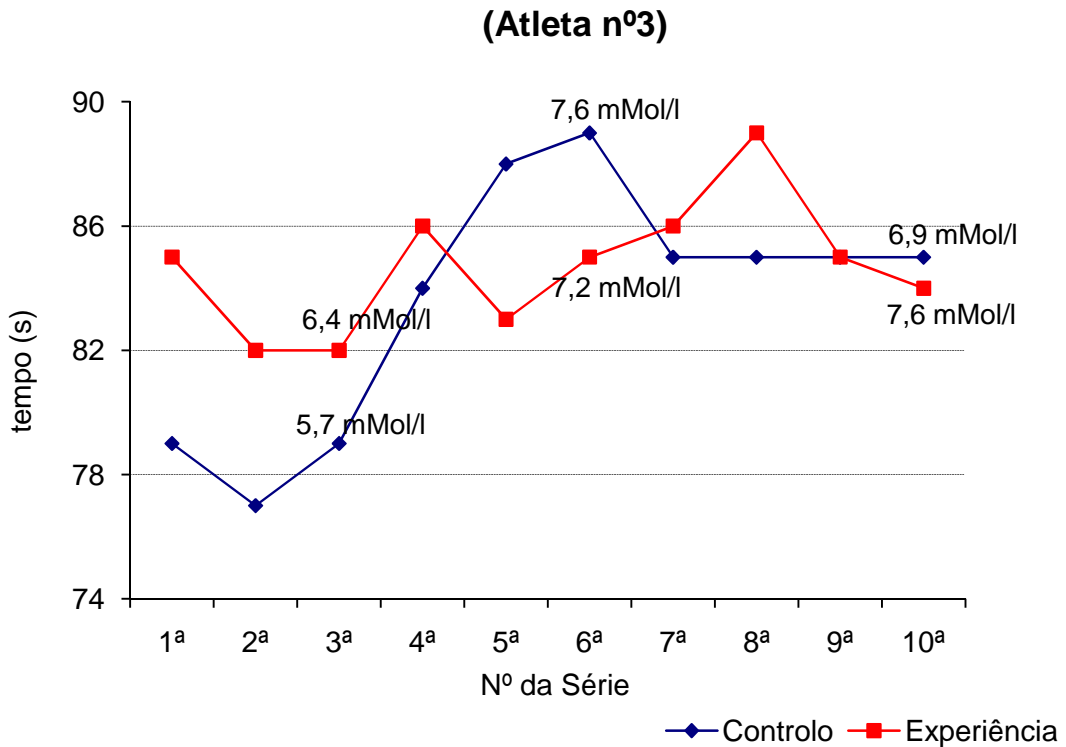


Figura 3 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 3.

No que diz respeito ao atleta nº3 podemos observar nos quadros 1 e 2 que a tendência foi precisamente a contrária. Os valores médios do tempo por série e da acumulação de lactato foram maiores no teste em que o atleta ingeriu a solução bicarbonato de sódio, e os valores da dispersão (desvio de padrão) dos tempos das séries e da acumulação de lactato foram menores no mesmo teste. Mais uma vez as diferenças são pequenas e com pouco significado mas, estes dados indicam-nos que, para este atleta, a ingestão desta quantidade de bicarbonato de sódio não provoca nenhum efeito na capacidade tampão do sangue no treino intervalado extensivo. Esta tendência também pode ser devida às condições biológicas e fisiológicas do atleta no momento, que se encontrava em fase de recuperação de um esforço intenso (competição de futebol de 11 no dia anterior), quando realizou o teste em que

ingeriu a solução de bicarbonato de sódio.

O estado de recuperação pode significar menor capacidade oxidativa muscular devida à destruição mitocondrial provocada pelo exercício intenso, ou seja, uma menor capacidade para remover o ácido láctico do músculo. Pode também significar uma menor capacidade de contracção muscular, se a organização estrutural das proteínas contrácteis do músculo ainda não tiver sido restituída.

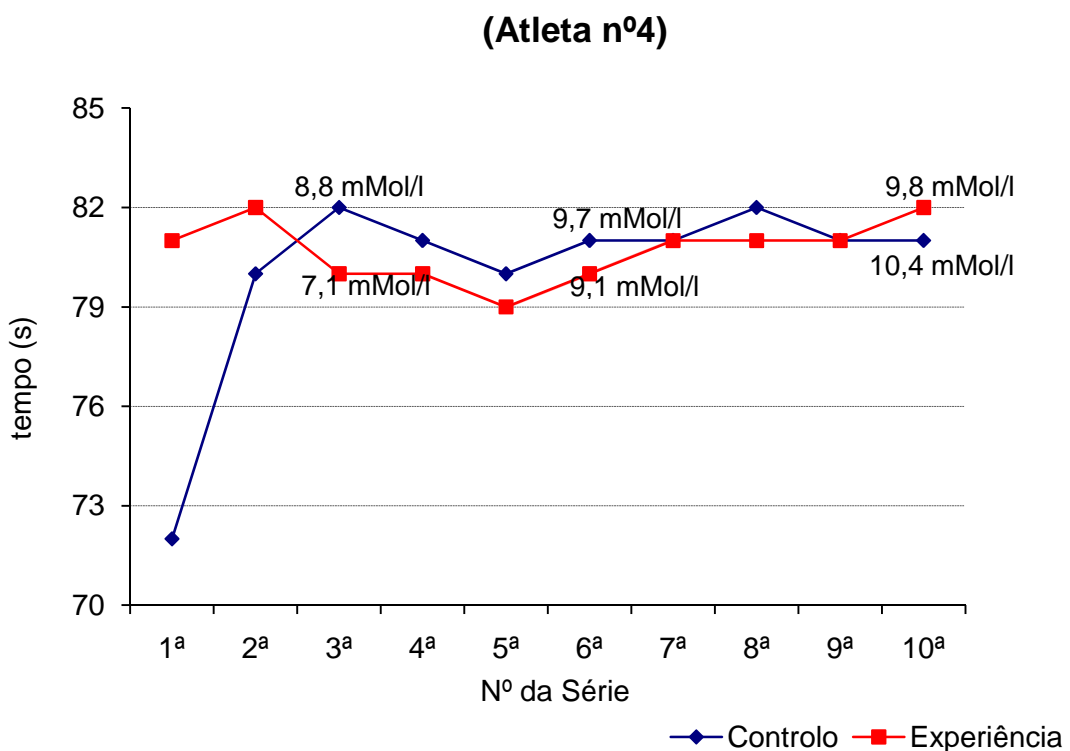


Figura 4 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 4.

Em relação ao atleta nº4, os dados recolhidos e registados nos quadros 1 e 2, sugerem-nos uma análise e interpretação semelhante à realizada anteriormente no caso do atleta nº2. Apesar da média do tempo gasto por série ser ligeiramente maior no teste em que foi administrado ao atleta uma solução de bicarbonato de sódio, relativamente ao valor médio de acumulação de lactato no sangue verifica-se a situação inversa. Logo, observamos valores de

acumulação de lactato no sangue maiores quando não foi administrada qualquer solução, em comparação com os registados quando o atleta ingeriu a solução de bicarbonato de sódio. Esta diferença nos valores de acumulação de lactato indica-nos, mais uma vez, que a capacidade que o sangue tem de tamponar o lactato acumulado, durante o treino intervalado extensivo, pode ser potenciada pela ingestão de uma pequena quantidade de bicarbonato de sódio (10 miligramas por quilograma de peso corporal) antes do treino. Também verificamos pela observação dos quadros 1 e 2 que, a dispersão (desvio de padrão) dos valores da acumulação de lactato no sangue foi maior no teste em que foi administrada ao atleta uma solução de bicarbonato de sódio, e a dispersão dos tempos das séries foi menor no mesmo teste.

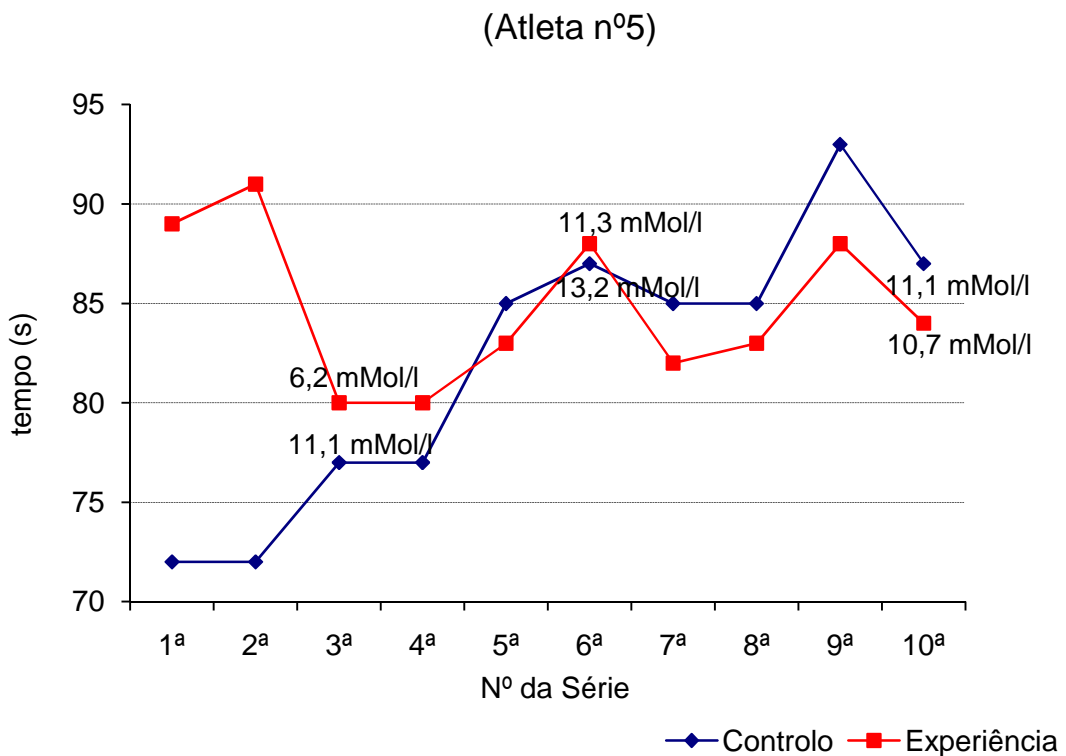


Figura 5 Variação dos valores de acumulação de lactato e do tempo das séries nos testes de controlo e experimental, relativos ao atleta nº 5.

Relativamente ao atleta nº5, como podemos observar nos quadros 1 e 2, o valor médio do tempo gasto por série é semelhante para os dois testes mas é ligeiramente inferior no teste de controlo, e o valor da dispersão (desvio de

padrão) dos tempos das séries foi menor no teste experimental. Logo, nas mesmas condições fisiológicas, o mesmo atleta acumularia a mesma quantidade de lactato para o mesmo esforço. Por sua vez, o valor médio de acumulação de lactato é bastante menor no teste em que foi administrado ao atleta uma solução de bicarbonato de sódio. A dispersão (desvio de padrão) dos valores da acumulação de lactato registados nos dois testes, foi maior no teste em que foi administrado o bicarbonato. Nos dois testes, os valores da média de acumulação de lactato neste atleta, sugerem-nos que pode haver uma relação directa entre a ingestão de bicarbonato de sódio e a acumulação de lactato em intensidades médias de exercício (treino intervalado extensivo).

De entre todos os dados recolhidos durante as duas sessões de testes (controlo e experiência), os resultados obtidos pelos atletas nº1 e 5 são os que vão mais ao encontro da hipótese apresentada.

Ao olharmos para trás, na análise e interpretação individual dos resultados, verificamos que, em quatro dos atletas se registaram valores de acumulação de lactato no sangue menores durante o teste em que foi administrada uma solução de bicarbonato de sódio. Numa amostra composta por cinco sujeitos, é de salientar a grande fatia, que significam quatro desses sujeitos. Logo, e apesar do pouco significado estatístico que se confere a uma amostra tão diminuta, podemos constatar que há uma relação positiva entre a ingestão de bicarbonato de sódio e os valores de acumulação de lactato.

Também verifica-se que três atletas precisaram de mais tempo para completar o mesmo teste. As diferenças no tempo podem significar a diminuição na intensidade do esforço, e por isso pediu-se aos atletas que mantivessem uma intensidade de esforço moderada e sustentável, para a performance ao longo da realização de todas as séries ser semelhante.

É de salientar também, que as dispersões (desvio de padrão) dos tempos verificados no teste de controlo são todas maiores que as dispersões registadas no teste experimental. Esta interpretação também pode indicar que a ingestão de bicarbonato de sódio pode munir os atletas de uma maior capacidade de manutenção do esforço ao longo da realização do treino intervalado extensivo.

Passando agora para uma análise mais genérica da amostra, relativamente à média e à dispersão (desvio de padrão) do tempo gasto por série, verificamos que os dois valores são inferiores no teste em que os atletas ingeriram a solução com bicarbonato de sódio. O mesmo se passa com os valores de acumulação de lactato, nos quais se verifica que o valor médio da acumulação de lactato no segundo teste é substancialmente inferior (cerca de 1,3 mMol/l) ao registado na situação de controlo e, o valor da dispersão (dispersão) das concentrações de lactato é também menor nesse teste.

Mais uma vez, a análise e interpretação dos dados acima apresentados, leva a crer que a ingestão de pequenas quantidades de bicarbonato de sódio antes das sessões de treino intervalado extensivo, mantém a capacidade sanguínea de remoção de lactato activa por mais tempo, permitindo assim aos atletas a manutenção da intensidade de esforço ao longo de toda a prova.

Hoje em dia, está descrito na literatura, o processo pelo qual a ingestão de bicarbonato de sódio favorece o mecanismo de remoção do lactato no sangue. Tudo indica que na presença do bicarbonato, juntamente com o dióxido de carbono e água, se forma um sistema em constante equilíbrio. Este sistema tem a capacidade de elevar, ou ajudar a manter o pH sanguíneo, mantendo assim activos os mecanismos tampão do sangue. Quando a acumulação de ácido láctico provoca a descida do pH intra e extracelular, os mecanismos tampão dentro e fora da célula têm dificuldade em realizar a sua função, uma das quais é remover o lactato. Logo, ao ingerirmos bicarbonato estamos a suprir o sangue de uma substância, que pode ajudar à manutenção do pH sanguíneo que, em última análise, é responsável pelo funcionamento dos mecanismos tampão.

A análise e interpretação dos dados, acima apresentada, vai de encontro aos achados de diversos estudos realizados ao longo dos anos. A grande maioria dos estudos consultados, referem-se ao treino intervalado intensivo e não relacionam a ingestão de bicarbonato com a diminuição do lactato sanguíneo mas, por sua vez, relacionam-na com variáveis dependentes da acumulação do lactato. São exemplo disso, diversos estudos em que, a

ingestão do bicarbonato é relacionada com, níveis de força pré e pós fadiga, tempo de recuperação de um esforço intenso e desempenho ou performance.

Este trabalho permitiu compreender o processo pelo qual o bicarbonato favorece a remoção do lactato, e quais as vantagens que essa relação pode trazer para o desempenho e performance dos atletas no treino intervalado extensivo.

5. CONCLUSÕES

Diversos estudos (Lavender et al, 1989. Verbitsky et al, 1997. Nielsen et al, 2000. Edge et al, 2006. Zajac et al, 2009.) relacionaram a ingestão de bicarbonato com variáveis (tempo de recuperação, valor do pH sanguíneo, etc) cujo valor é dependente da acumulação de lactato, no treino intervalado intensivo. As conclusões a que os autores destes estudos chegaram, são consistentes entre si e mostram que há uma relação entre a ingestão de bicarbonato, a manutenção do pH sanguíneo e conseqüentemente a capacidade de remoção do lactato, a recuperação, o tempo de exercício até à fadiga e a capacidade de trabalho dos atletas.

O objectivo do estudo que realizamos foi inferir acerca do efeito da ingestão de bicarbonato de sódio nas concentrações de lactato no sangue, durante o treino intervalado extensivo. Por isso, a quantidade de bicarbonato administrado foi menor que a administrada nos estudos consultados porque a acumulação de ácido láctico neste tipo de treino é menor que no intervalado intensivo.

As conclusões a que chegámos e que vamos passar a expor, servem somente como indicadores de uma tendência para futuros estudos na área e têm pouco significado estatístico porque trabalhamos com uma amostra pequena. Não nos foi possível correlacionar os valores de acumulação de lactato com a ingestão de bicarbonato de sódio porque as intensidades de esforço variaram de atleta para atleta. Contudo, como indicador de um comportamento estatístico de uma população, o estudo permite-nos chegar a algumas conclusões.

Como está presente no capítulo anterior, quatro dos cinco atletas obtiveram valores médios de acumulação de lactato menores no teste em que ingeriram a solução de bicarbonato de sódio, e o valor médio de acumulação de lactato do mesmo teste é menor que o do teste de controlo. Estes factos indicam-nos que há realmente uma relação entre a ingestão de bicarbonato de sódio, antes do treino intervalado extensivo, e a diminuição das concentrações de lactato, ao longo do treino. Logo, vemos aqui confirmada a hipótese presente no objectivo específico.

A dispersão (desvio de padrão) dos valores de acumulação de lactato, apresenta um comportamento heterogéneo quando observamos caso a caso, mas se a análise se centrar na amostra como um todo, verificamos que este valor é maior no teste de controlo, ou seja, os valores de acumulação de lactato obtidos pelos atletas no teste experimental são mais próximos da média que os obtidos no teste de controlo. Esta tendência, pode ter sido provocada pela maior homogeneidade dos tempos obtidos no teste em que os atletas ingeriram o bicarbonato de sódio.

No que diz respeito ao tempo gasto para completar os testes, a média do tempo gasto no primeiro teste é superior à média do tempo gasto no segundo teste, mas verificamos alguma heterogeneidade no comportamento dos atletas, e por isso só podemos concluir que a performance dos atletas no treino intervalado extensivo, não está dependente da ingestão do bicarbonato de sódio, ou seja, os valores de acumulação de lactato não impedem a manutenção do esforço ao longo do treino.

Relativamente às dispersões (desvios de padrão) desses mesmo tempos, o comportamento é semelhante em todos os atletas notando-se menores valores de dispersão no teste em que foi administrada aos atletas a solução de bicarbonato de sódio, ou seja, tempos mais semelhantes ao longo do teste. Esta análise constitui-se como mais um indicador da existência da relação supracitada, porque a maior proximidade dos tempos das séries pressupõe uma maior facilidade na manutenção do esforço, ou seja, maior capacidade de remoção do lactato através da manutenção do pH.

Em suma, no final deste estudo, só podemos concluir objectivamente que existe uma relação positiva entre a ingestão de bicarbonato de sódio e a menor acumulação de lactato no sangue dos atletas, ao longo do treino intervalado extensivo. As restantes relações estabelecidas em cima, e no capítulo anterior, podem suportar a confirmação desta hipótese, mas servem somente como indicadores das tendências desta pequena amostra.

Ao longo dos últimos anos realizaram-se muitos estudos com temas semelhantes a este mas, na sua grande maioria, são relativos a esforços máximos e sub-máximos. Por isso, achamos importante explorar este tema com esforços médios, nos quais também se regista alguma acumulação de lactato. Poderá ser importante saber até que ponto é que a ingestão desta substância favorece um ritmo de esforço mais uniforme, tal como observamos na tendência dos desvios de padrão dos tempos do teste experimental.

6. BIBLIOGRAFIA

Adam Zajac , Jaroslaw Cholewa, Stanislaw Poprzecki, Zbigniew Waśkiewicz e Jozef Langfort, Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes, *Journal of Sports Science and Medicine*, **8**, 2009.

Bjørn Quistorff and Niels H. Secher, Henning B. Nielsen, Per P. Bredmose, Morten Strømstad, Stefanos Volianitis, Bicarbonate attenuates arterial desaturation during maximal exercise in humans, *Journal of Applied Physiology*, **93**:724-731, 2002.

Faude and Wilfried Kindermann, François Péronnet, Tim Meyer, Bernard Aguilaniu, Carl-Étienne Juneau, Oliver, Bicarbonate infusion and pH clamp moderately reduce hyperventilation during ramp exercise in humans, *Journal of Applied Physiology*, **102**:426-428, 2007.

Garcia, Rui Proença, *Ciência e Investigação: Uma reflexão antropológica*, 2002.

George A. Brooks and Thomas D. Fohey, *Exercise Physiology – Human Bioenergetics and its applications*, 1985

G. Lavender and S.R. Bird, Effect of sodium bicarbonate ingestion upon repeated sprints, *Journal of Sports Medicine*, **23**, 1989.

Johann Edge, David Bishop and Carmel Goodman, Effects of chronic NaHCO₃ ingestion during interval training on changes to muscle buffer capacity, metabolism, and short-term endurance performance, *Journal of Applied Physiology*, **101**:918-925, 2006.

José Augusto Rodrigues dos Santos, *Dietética desportista*, 1994

O. Verbitsky, J. Mizrahi, M. Levin and E. Isakov, Effect of ingested sodium bicarbonate on muscle force, fatigue and recovery, *Journal of Applied Physiology*, **83**:333-337, 1997.

Robert A Robergs, Blood Acid-base buffering: Explanation of the effectiveness of bicarbonate and citrate ingestion, *Journal of Exercise Physiology*, **5**, 2002.

T. Reiley, N. Secher, P. Snell and C. William, *Physiology of sports*, 1990

T Meyer, O Faude, J Scharhag, A Urhausen, W Kindermann Br, Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point?, *Journal of Sports Medicine* 2004;**38**:622–625.