



# A ingestão de bicarbonato de sódio pode contribuir para o desempenho em lutas de judô?

Guilherme Giannini Artioli<sup>1</sup>, Desiré Ferreira Coelho<sup>1</sup>, Fabiana Braga Benatti<sup>1</sup>, Alessandra Carvalho Gailey<sup>1</sup>, Bruno Gualano<sup>1</sup> e Antonio Herbert Lancha Junior<sup>1</sup>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da ingestão de NaHCO<sub>3</sub> sobre o desempenho no judô. Seis atletas do sexo masculino ingeriram 0,3g • kg<sup>-1</sup> de peso corporal de NaHCO<sub>3</sub> ou CaCO<sub>3</sub> (placebo) 2h antes de três lutas de 5 min, intercaladas por 15 min de recuperação. Imediatamente após e 15 min após cada luta, os atletas relataram a percepção subjetiva de esforço. A concentração sanguínea de lactato foi verificada em repouso, após o aquecimento, 0, 3, 5, 7, 10 e 15 min após cada luta. O mesmo protocolo experimental foi repetido duas vezes por cada atleta, com exceção da substância ingerida. O estudo adotou o modelo duplo-cego contrabalanceado. Não houve diferença significativa para as variáveis de desempenho. A percepção subjetiva de esforço não diferiu entre os tratamentos e a concentração sanguínea de lactato foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) após a ingestão de NaHCO<sub>3</sub>, especialmente nos primeiros momentos da coleta. Concluindo, os efeitos ergogênicos do NaHCO<sub>3</sub> não parecem ser suficientes para contribuir para a melhora da performance em lutas de judô. Contudo, as limitações do modelo utilizado devem ser consideradas quando da generalização dos resultados. Estudos futuros devem utilizar outras ferramentas para avaliar o desempenho no judô.

## ABSTRACT

### Can sodium bicarbonate intake contribute to judo fights performance?

The objective of this study was to investigate the effect of the NaHCO<sub>3</sub> ingestion on the judo performance. Six male athletes ingested 0.3 g • kg<sup>-1</sup> body weight of NaHCO<sub>3</sub> or CaCO<sub>3</sub> (placebo) 2 h before 3 fights of 5 min, with 15 min recovery. Immediately afterwards, and 15 min after each fight, the athletes related their perceived exertion. The blood lactate concentration was verified in rest, after warming up, 0, 3, 5, 7, 10 and 15 min after each fight. The same experimental protocol was repeated twice by each athlete, except for the ingested substance. The study adopted the counter-balanced double-blind model. There was no significant difference for the performance variables. The perceived exertion did not differ among the treatments, and the blood lactate concentration was significantly greater ( $p < 0.05$ ) after NaHCO<sub>3</sub> ingestion in the first moments of the protocol. In conclusion, the ergogenic effects of NaHCO<sub>3</sub> are not enough to contribute to the improvement of the performance in judo fights. However, the model limitations must be considered when generalizing these results. Future studies should use other tools to evaluate the performance in judo.

1. Laboratório de Nutrição e Metabolismo Aplicados à Atividade Motora, Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Recebido em 24/2/06. Versão final recebida em 15/6/06. Aceito em 20/7/06.

**Endereço para correspondência:** Guilherme Giannini Artioli, Laboratório de Nutrição e Metabolismo Aplicados à Atividade Motora, Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, Av. Professor Mello Moraes, 65, Cidade Universitária, Butantã – 05508-900 – São Paulo, SP. E-mail: artioli@usp.br

**Palavras-chave:** Artes marciais. Alcalose. Lactato. Fadiga.

**Keywords:** Martial arts, Alkalosis. Lactate. Fatigue.

**Palabras-clave:** Artes marciales. Alcalosis. Lactato. Fatiga.

## RESUMEN

### ¿Ingerir bicarbonato de sodio puede contribuir en el mejor desempeño de competiciones de judo?

El objetivo de este trabajo ha sido el de investigar el efecto sobre el desempeño en judo al ingerir NaHCO<sub>3</sub>. Seis deportistas del sexo masculino ingirieron 0,3 g • kg<sup>-1</sup> de peso corporal de NaHCO<sub>3</sub> o CaCO<sub>3</sub> (placebo) 2 h antes de 3 luchas de 5 min, intercaladas por 15 min de recuperación. Inmediatamente después, y 15 min después de cada lucha, los deportistas relataron la percepción subjetiva del esfuerzo. La concentración sanguínea de lactato fue verificada en reposo, después del precalentamiento, 0, 3, 5, 7, 10 y 15 min después de cada lucha. El mismo protocolo experimental fue repetido dos veces en cada deportista, con excepción de la sustancia ingerida. El estudio adoptó el modelo doble-cego contrabalanceado. No hubo diferencia significativa para las variables de desempeño. La percepción subjetiva del esfuerzo no diferió entre los tratamientos, y la concentración sanguínea de lactato fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) después de ingerir NaHCO<sub>3</sub>, especialmente en los primeros momentos de colecta. En conclusión, los efectos ergogênicos de NaHCO<sub>3</sub> no parecen ser suficientes para contribuir en la mejoría del desempeño en las luchas de judo. A pesar de eso, las limitaciones del modelo utilizado deben ser consideradas al intentar generalizar resultados. Estudios futuros deben utilizar otras herramientas para evaluar el desempeño en el judo.

## INTRODUÇÃO

A principal característica fisiológica das lutas de judô é a intermitência. Trata-se de uma série de esforços supramáximos (com duração média de 15 a 30 segundos), intercalados por 10 a 15 segundos de recuperação<sup>(1)</sup>. Nesses curtos intervalos, não há tempo suficiente para adequada ressíntese de ATP pelas vias aeróbias, o que torna tais esforços altamente dependentes da via anaeróbia láctica<sup>(2)</sup>. A importância da via anaeróbia glicolítica de produção de energia para o judô pode ser demonstrada pela elevada concentração sanguínea de lactato em atletas dessa modalidade<sup>(3)</sup>.

Em exercícios com as características acima mencionadas, a elevada concentração de íons H<sup>+</sup> tem sido apontada como uma das principais causas da fadiga muscular<sup>(4-5)</sup>. A diminuição do pH intramuscular está relacionada a uma série de eventos que prejudicam o processo de contração-relaxamento muscular e de obtenção de energia<sup>(4-6)</sup>.

Nesse sentido, vários estudos têm pesquisado a ação ergogênica de substâncias alcalinas em atividades de alta intensidade e curta duração. O aumento do pH sanguíneo causado pela alcalose proporcionaria retardo no aparecimento da fadiga e melhora do desempenho em exercícios com essa característica<sup>(7-14)</sup>. Alguns

estudos, entretanto, falharam em demonstrar a eficácia desse recurso<sup>(15-20)</sup>. Não obstante essas contradições, a utilização de substâncias alcalinas parece ser especialmente eficiente em melhorar o desempenho em séries intermitentes de exercícios supramáximos, ou em séries de exercícios com duração aproximada de 60s até, aproximadamente, cinco minutos<sup>(7-8,10,21)</sup>. De acordo com Robertson *et al.*<sup>(9)</sup>, a alcalose exerce especial efeito ergogênico em exercícios com predominância dos membros superiores, como no caso do judô. Desse modo, torna-se importante investigar o efeito da alcalose induzida sobre o desempenho no judô, uma vez que não há consenso na literatura a respeito do uso de substâncias alcalinas como recurso ergogênico em exercícios anaeróbios, e que atletas dessa modalidade, teoricamente, podem beneficiar-se da utilização de tal recurso.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi verificar se a ingestão de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) é um meio eficiente de melhorar o desempenho em lutas de judô. Foram também objetivos deste estudo: investigar o efeito da ingestão de bicarbonato de sódio sobre a concentração sanguínea de lactato e sobre a percepção subjetiva de esforço.

## MÉTODOS

### Sujeitos

Fizeram parte deste estudo sete judocas do sexo masculino, os quais foram selecionados segundo os seguintes critérios de inclusão: ter entre 18 e 30 anos; dedicar-se aos treinos de judô por, no mínimo, seis horas semanais; ter graduação mínima de faixa-marrom; competir regularmente em torneios de nível regional ou superior. Um dos atletas lesionou-se entre os dias de teste e, portanto, abandonou o estudo. Três dos sujeitos eram competidores de nível estadual, dois de nível regional e um de nível nacional.

### Protocolo

Antes do início dos testes os participantes responderam a um questionário para verificação do nível competitivo, do estado de treinamento e do tempo de prática de judô. Após leitura e assinatura do termo de consentimento, os voluntários foram submetidos à avaliação antropométrica e da composição corporal. Todo o procedimento experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.

Os voluntários apresentaram-se ao laboratório em dois dias diferentes (separados por mínimo de dois e máximo de sete dias) para a execução dos testes. Eles ingeriram  $0,3\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso corporal de  $\text{NaHCO}_3$  ou placebo (carbonato de cálcio –  $\text{CaCO}_3$ ), em cada um dos procedimentos experimentais. As substâncias foram ingeridas por meio de cápsulas gelatinosas 120 min antes do início das lutas. O mesmo protocolo experimental foi repetido por cada atleta, com exceção da substância administrada. Este estudo adotou o modelo duplo-cego contrabalançado.

Duas horas após o término da ingestão das cápsulas, os sujeitos realizaram três lutas de cinco minutos de duração (mesmo que ocorresse um *ippon*, o que em torneios determinaria o fim do combate), intervaladas por 15 min de recuperação passiva. Os adversários foram selecionados de acordo com o peso corporal de modo a não haver confrontos entre atletas com diferença superior a 10% do peso corporal. Em ambos os dias, tanto os adversários quanto a ordem dos confrontos foram mantidos iguais e apenas um sujeito foi avaliado por sessão. De acordo com Franchini *et al.*<sup>(22)</sup>, esse procedimento assegura a similaridade da resposta metabólica entre os diferentes dias de teste. Nenhum tipo de encorajamento foi dado a nenhum atleta durante as lutas.

Os voluntários foram instruídos a chegar para os testes bem alimentados e em estado de euidratação, mas sem ter ingerido nenhum tipo de alimento nas duas horas que precediam a inges-

tão das cápsulas. Eles também foram instruídos a alimentar-se de maneira semelhante nas vésperas dos dois dias de teste, bem como abster-se de exercícios intensos nas 16 horas precedentes aos testes. Durante todo o período experimental, os atletas ingeriram água *ad libitum*.

Antes do início da primeira luta, os atletas fizeram um aquecimento livre de 10 min. Todos eles realizaram uma combinação de corrida, alongamentos, amortecimento de quedas e golpes de projeção.

As coletas de sangue para análise da concentração sanguínea de lactato ocorreram nos seguintes instantes: em repouso após a ingestão de placebo ou  $\text{NaHCO}_3$ , após o aquecimento, logo após cada luta, e 3, 5, 7, 10 e 15 min após cada luta. A percepção subjetiva de esforço foi verificada imediatamente após e 15 min após cada luta. Amostras de sangue de  $25\mu\text{L}$  foram colhidas do lóbulo da orelha, por meio de tubos capilares heparinizados, e imediatamente dispensadas em microtubos contendo  $50\mu\text{L}$  de solução de fluoreto de sódio a 2%. Todas as amostras foram refrigeradas logo após a coleta e posteriormente analisadas em um lactímetro automatizado (YSI 2300 – Yellow Springs, Ohio, EUA) para mensuração da concentração sanguínea de lactato. A percepção subjetiva de esforço foi relatada utilizando-se a escala de Borg<sup>(23)</sup> de 6-20 pontos.

A figura 1 ilustra o desenho experimental deste estudo.

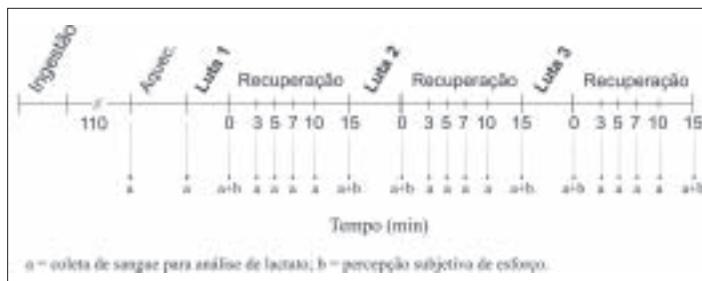


Figura 1 – Delineamento experimental do estudo

A composição corporal foi verificada por meio de pesagem hidrostática. O peso corporal foi medido por uma balança digital (Kratos CAS, modelos *Linea* – precisão de 100g), e a estatura pelo estadiômetro de prancha.

As lutas foram filmadas e posteriormente foram verificadas suas características temporais (tempo de esforço, tempo de recuperação, tempo de luta em pé e tempo de luta no solo) e contadas as ações técnicas dos sujeitos avaliados (número de ataques em pé, número de ataques no solo, total de ataques e total de golpes que resultaram em pontuação). Para determinação do tempo total de esforço, foram somados os tempos de esforços durante cada luta. O mesmo procedimento foi utilizado para determinar o tempo total de recuperação, de luta em pé e de luta no solo.

### Análise estatística

Os resultados estão expressos em média  $\pm$  desvio-padrão. Os dados de desempenho, concentração sanguínea de lactato e percepção subjetiva de esforço foram comparados entre os tratamentos experimentais para verificação de diferenças significativas por meio de análise de variância para medidas repetidas. Foram testadas diversas estruturas de variância e covariância (não-estruturada, auto-regressiva, simétrica e toeplitz) objetivando o melhor ajuste ao modelo de medidas repetidas. Depois desse ajuste, foi selecionado o modelo com a estrutura de covariância que melhor se adequou à estrutura de dependência dos dados. Em seguida, foram conduzidos testes *t* de Student para amostras dependentes para localizar as diferenças significativas, quando elas ocorreram. O nível de significância  $p < 0,05$  foi escolhido antes do início do estudo. Todas as análises foram feitas com o auxílio do *software SAS for Windows*® versão 8.

## RESULTADOS

As principais características dos sujeitos participantes deste estudo estão apresentadas na tabela 1.

**TABELA 1**  
Principais características dos participantes deste estudo (n = 6)

	Idade (anos)	Tempo de judô (anos)	Peso (kg)	Estatura (cm)	Gordura (%)
Média ± DP	20 ± 1,9	10,2 ± 1,3	74,2 ± 7,2	174,2 ± 5,5	7,9 ± 0,6
Varição	17-22	8-12	64,8-84	167-180,5	7,4-8,7

### Características temporais

A análise estatística não revelou diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis temporais das lutas, indicando que os sujeitos foram submetidos a períodos de esforços e recuperação semelhantes em ambos os tratamentos (tabela 2).

**TABELA 2**  
Características temporais das três lutas, em ambos os tratamentos (média ± DP)

	Luta 1		Luta 2		Luta 3	
	NaHCO <sub>3</sub>	Placebo	NaHCO <sub>3</sub>	Placebo	NaHCO <sub>3</sub>	Placebo
TE (s)	236 ± 24	233 ± 19	243 ± 12	241 ± 12	234 ± 20	231 ± 21
TR (s)	64 ± 24	67 ± 19	57 ± 12	58 ± 12	66 ± 20	69 ± 21
TLP (s)	170 ± 29	165 ± 42	174 ± 44	169 ± 54	164 ± 38	174 ± 36
TLS (s)	66 ± 26	68 ± 32	69 ± 38	73 ± 50	70 ± 41	59 ± 33

TE = tempo de esforço; TR = tempo de recuperação; TLP = tempo de luta em pé; TLS = tempo de luta de solo.

### Desempenho

A tabela 3 apresenta a soma das ações técnicas das três lutas em cada tratamento. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos para nenhuma variável do desempenho.

**TABELA 3**  
Variáveis indicadoras do desempenho nas lutas (os dados correspondem à soma dos valores de cada luta; média ± DP)

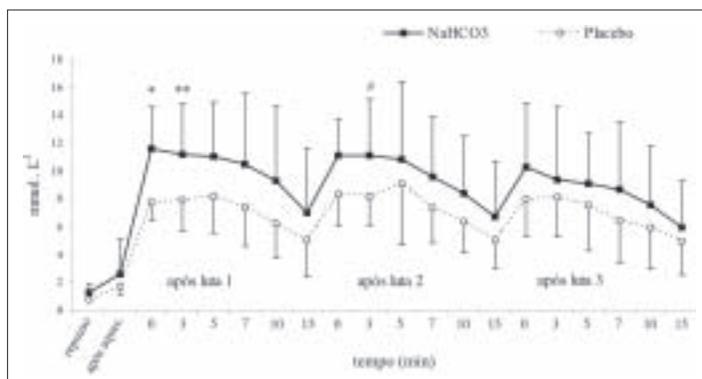
	NaHCO <sub>3</sub>	Placebo
Ataques em pé	41,8 ± 11,0	37,0 ± 16,3
Ataques no solo	7,8 ± 4,7	9,0 ± 4,9
Total de ataques	49,6 ± 10,9	46,0 ± 16,5
Ataques que resultaram pontuação	8,5 ± 9,8	8,3 ± 9,4

### Concentração sanguínea de lactato

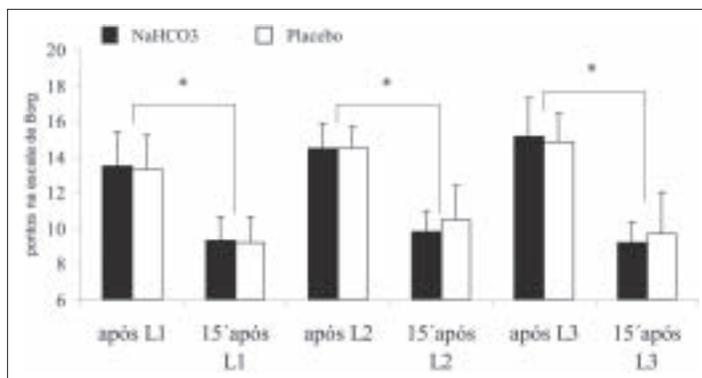
A média da concentração sanguínea de lactato foi maior em todos os momentos da coleta quando os atletas ingeriram bicarbonato de sódio (figura 2). A análise de variância mostrou que o lactato sanguíneo foi significativamente mais alto após a ingestão de NaHCO<sub>3</sub> (p < 0,01). Houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos após a luta 1 (p < 0,05). No 3º minuto após a luta 1 observou-se tendência à diferença significativa entre os tratamentos (p = 0,09), assim como após a luta 2 (p = 0,05).

### Percepção subjetiva de esforço

Conforme ilustra a figura 3, a percepção subjetiva de esforço não diferiu entre os tratamentos experimentais. Houve, contudo, diferença significativa entre os valores imediatamente após e 15 minutos após as lutas, em ambos os tratamentos experimentais (p < 0,0001).



**Figura 2** – Resposta da concentração sanguínea de lactato em ambos os tratamentos (\* p < 0,05; \*\* p = 0,09; # p = 0,05)



**Figura 3** – Percepção subjetiva de esforço relatada nos diferentes momentos de coleta (\* p < 0,0001)

## DISCUSSÃO

Apesar de alguns resultados conflitantes, a literatura tem mostrado que a administração de substâncias alcalinas melhora o desempenho em atividades com características semelhantes às do judô<sup>(7,9,11)</sup>. De acordo com Hickner *et al.*<sup>(24)</sup>, uma das principais limitações dos estudos que avaliam o desempenho em modalidades de luta de domínio é o tipo de teste utilizado. Para que não se obtenham resultados de pouca aplicação prática, é preciso utilizar testes com o máximo de especificidade possível aos gestos motores e demanda fisiológica da luta. Com o intuito de simular o ambiente competitivo, utilizamos um protocolo de três lutas.

Tendo em vista que os aspectos técnico-táticos têm grande influência no resultado final de uma luta, as vitórias ou derrotas não foram consideradas como indicadores do desempenho. Supomos que a contagem do número de ataques e que a quantidade de golpes que resultaram em pontuação seriam melhores indicadores da *performance*. Isso porque um atleta em boas condições físicas é, teoricamente, capaz de realizar maior número de ataques do que se estivesse em estado de fadiga. Da mesma maneira, seus ataques teriam, teoricamente, mais força, velocidade e coordenação, o que poderia torná-los mais eficiente.

Os resultados do presente estudo indicaram que a administração de substâncias alcalinas não foi capaz de melhorar o desempenho em lutas de judô. Entretanto, não se pode descartar a hipótese de que a indução de alcalose não possa, de alguma maneira, contribuir para o desempenho em lutas. Certamente, a grande quantidade de variáveis relacionadas ao desempenho em uma luta de judô (fatores táticos e psicológicos, e o próprio desempenho do adversário, por exemplo) contribuiu para que não se observassem diferenças entre os tratamentos.

Duas hipóteses podem ser formuladas para explicar os resultados do presente estudo: ou o teste utilizado, apesar de ter grande validade ecológica, não foi sensível o suficiente para detectar

mudanças no desempenho causadas pela ingestão de bicarbonato de sódio; ou a magnitude da melhora no desempenho proporcionada pela ingestão de bicarbonato de sódio não é suficiente para se refletir em melhora no desempenho em lutas. A partir disso, a grande questão que o presente estudo suscita é: até que ponto melhoras nos aspectos “físicos” do atleta são capazes de induzir melhoras no desempenho em lutas, nas quais os aspectos técnicos e táticos são também bastante importantes? Pelos dados obtidos neste estudo, conclui-se que possíveis melhoras nos aspectos “físicos” não se refletiram em melhora no desempenho em lutas. De qualquer forma, as limitações deste estudo, como o baixo número amostral e as limitações do método utilizado (que, apesar de ser extremamente aplicado, não permite grande controle sobre outras variáveis que influenciam o desempenho) devem ser ponderadas quando da interpretação dos resultados.

Estudos futuros que necessitem avaliar o desempenho no judô terão de optar entre protocolos de alta especificidade e validade ecológica e baixo controle de variáveis intervenientes (como foi o caso do presente estudo) ou por protocolos de maior acurácia e sensibilidade e menor aplicação prática. Testes como o Wingate para membros superiores e o *Special Judo Fitness Test* têm sido utilizados para avaliar o desempenho de judocas<sup>(3,25)</sup> e são opções de teste com maior acurácia, mas menor especificidade<sup>(25)</sup>.

A média da concentração de lactato sanguíneo foi maior após a ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  em todos os momentos da coleta. Observaram-se diferenças significativas apenas no primeiro minuto após a primeira luta. Isso indica que há tendência de diminuição dos efeitos da alcalose ao longo do tempo, uma vez que a diferença entre os grupos tende a diminuir. Estudos futuros deveriam buscar respostas a essa questão, avaliando por quanto tempo a concentração sanguínea de bicarbonato permanece elevada após a indução de alcalose, já que a diminuição da eficiência do  $\text{NaHCO}_3$  após algumas horas poderia alterar a estratégia de ingestão, ou até mesmo a decisão de ingeri-lo ou não.

Estudos que utilizaram diferentes protocolos de exercício e diferentes doses de bicarbonato encontraram resultados conflitantes de lactato sanguíneo. Em acordo com nossos resultados, alguns estudos também encontraram aumento significativo da concentração sanguínea de lactato após a indução de alcalose<sup>(8,10,12-14,26-27)</sup>. Por outro lado, outros estudos verificaram apenas tendência não significativa de aumento do lactato sanguíneo, ou nenhuma diferença<sup>(7,15-17,19-20,28)</sup>. Obviamente, essas divergências devem-se às diferentes doses administradas e aos diversos tipos de exercícios empregados. Nos estudos em que os exercícios não tiveram demanda anaeróbia láctica suficiente, e que não provocaram um quadro extremo de acidose, não se observaram diferenças no lactato sanguíneo e no desempenho<sup>(15,17,19,26)</sup>.

O presente estudo foi o primeiro a avaliar atletas de judô em situações de combate. Considerando-se as características de lutas de judô (promovem um quadro extremo de acidose e fadiga, apresentam grande demanda anaeróbia láctica e são constituídas por subseqüentes séries de esforços intermitentes supramáximos), os efeitos observados sobre a concentração sanguínea de lactato são consistentes com outros trabalhos que utilizaram protocolos de exercícios com características semelhantes<sup>(13,15,17,19,26)</sup>. Isso reforça a hipótese de que os resultados controversos até agora obtidos possam estar relacionados à inadequação dos protocolos de teste e não ao efeito inconsistente do bicarbonato de sódio.

Foi demonstrado que a dose utilizada no presente estudo é mais eficiente na melhora do desempenho do que uma dose de  $0,2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ou inferior. Já doses superiores não causam mais benefícios do que a dose de  $0,3\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>(12)</sup>. A ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  promove aumento significativo da concentração plasmática de  $\text{HCO}_3^-$ , assim como do pH sanguíneo e da BE (*base excess*)<sup>(7,9,16,19,27-28)</sup>.

A hipótese de que os íons  $\text{H}^+$  sejam tamponados dentro das células musculares é refutada devido à impermeabilidade do sarcolema ao  $\text{HCO}_3^-$ <sup>(29)</sup>. Entretanto, a elevada concentração de  $\text{HCO}_3^-$

causada pela ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  promove aumento do efluxo dos íons  $\text{H}^+$  das células musculares para o sangue, onde são tamponados<sup>(30)</sup>. Isso resulta na diminuição da acidose intramuscular, o que, por sua vez, prolonga o funcionamento da via glicolítica e retarda o aparecimento da fadiga<sup>(14)</sup>. Esse mecanismo poderia explicar a maior concentração sanguínea de lactato observada neste estudo. Além de maior produção de lactato causada pela diminuição do pH intramuscular, outros mecanismos podem contribuir para o aumento da concentração sanguínea de lactato após a ingestão de bicarbonato de sódio. Alguns autores sugerem aumento na taxa de efluxo de lactato, já que a saída desse ânion é acoplada à saída do  $\text{H}^+$  no simporte realizado pelo MCT-1 (*monocarboxylate transporter*)<sup>(31)</sup>. Outros produziram, ainda, evidências de menor captação de lactato pelos músculos não exercitados<sup>(14)</sup>.

Há uma estreita relação entre acidose muscular e fadiga, pelos seguintes efeitos dos íons  $\text{H}^+$ : 1) inibição da velocidade máxima de encurtamento muscular<sup>(4)</sup>; 2) inibição da ATPase miofibrilar e de enzimas importantes para a regulação do processo anaeróbio glicolítico de obtenção de energia<sup>(4,6)</sup>; 3) redução da formação de pontes cruzadas por inibir a ligação do  $\text{Ca}^{++}$  ao sítio TNC da tropomina<sup>(4-6)</sup>; e 4) redução do retorno do  $\text{Ca}^{++}$  pela inibição da ATPase sarcoplasmática, o que leva à redução na liberação do  $\text{Ca}^{++}$ <sup>(4)</sup>. Portanto, como mencionado acima, uma redução na concentração de  $\text{H}^+$  na célula muscular promove retardo da fadiga e permite que a via glicolítica seja utilizada por mais tempo.

Embora a avaliação do desempenho em lutas não tenha sido sensível para detectar mudanças no desempenho, a elevação da concentração sanguínea de lactato após a indução de alcalose observada no presente estudo sugere que esse recurso pode, potencialmente, retardar o aparecimento da fadiga e contribuir para a *performance* de atletas de judô. Isso porque o elevado lactato sanguíneo é um forte indicativo de maior produção de energia pela via glicolítica, o que, por sua vez, significou que, teoricamente, a acidose intramuscular estava menor.

Lavender e Bird<sup>(11)</sup> afirmaram que o retorno do pH próximo aos valores de repouso, causado pelo maior efluxo de íons  $\text{H}^+$ , durante a alcalose, proporciona recuperação mais completa entre as séries em exercícios intermitentes. Logo, hipotizamos que a sensação de fadiga poderia ser menor em função da indução de alcalose, tanto após a luta quanto antes do combate subsequente. Entretanto, foi observado que não houve qualquer alteração na percepção subjetiva de esforço causada pela ingestão de  $\text{NaHCO}_3$ . Esses resultados estão de acordo com os de Kozac-Collins *et al.*<sup>(32)</sup> e Stephens *et al.*<sup>(27)</sup>, que utilizaram escalas semelhantes à deste estudo. Poulus *et al.*<sup>(33)</sup>, utilizando outra escala que media a sensação de fadiga, também verificaram não haver nenhuma mudança na sensação de fadiga em decorrência da utilização de  $\text{NaHCO}_3$ . Segundo esses mesmos autores, a sensação de fadiga depende de mudanças metabólicas, circulatórias e psicoquímicas, entre outras. As mudanças no equilíbrio ácido-base causadas por estudos como este são apenas um dentre vários processos fisiológicos que envolvem o fenômeno da fadiga. Isso pode explicar o fato de não ter havido diferenças significativas na percepção subjetiva de esforço em nenhum momento da coleta. Contudo, a escala utilizada mostrou-se eficaz em distinguir momentos de fadiga (pós-lutas) e de recuperação.

Em conclusão, apesar de a ingestão de bicarbonato de sódio aumentar o lactato sanguíneo (indicando utilização mais prolongada da via glicolítica), o que, teoricamente, poderia contribuir para o desempenho em lutas, o presente estudo provê forte evidência de que essa estratégia é inócua do ponto de vista aplicado, tanto para melhorar o desempenho como para diminuir a percepção de esforço. Entretanto, as limitações do método, como a forte influência dos aspectos técnico, táticos e psicológicos no desempenho em lutas, devem ser levadas em consideração. Há, ainda, o risco de os atletas apresentarem sensibilidade à dosagem mínima

necessária, o que seria extremamente contraproducente em termos de desempenho.

Estudos futuros deverão utilizar combinações de testes com diferentes graus de objetividade e especificidade, como Wingate para membros superiores e *Special Judo Fitness Test*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Matemática e Estatística da USP pela realização da análise estatística, à FAPESP pelo suporte financeiro, ao Prof. Dr. Emerson Franchini pelas contribuições ao longo do projeto, aos preparadores físicos Marcos Antônio Lopes e Jaime Bragança, aos acadêmicos André Massaru e Milena Bushatsky e aos atletas pela colaboração com este estudo.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. Castarlenas JL, Planas A. Estudio de la estructura temporal del combate de judo. Apunts: Educación Física e Deportes. 1997;47:32-9.
2. Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M, Nishimura K, Ogita F, Miyachi M. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. Med Sci Sports Exerc. 1997;29:390-5.
3. Franchini E, Takito MY, Nakamura FY, Matsushigue KA, Kiss MAPDM. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. J Sports Med PhysFitness. 2003;43:424-31.
4. Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. J Physiol. 2004;558:5-30.
5. Hermansen L, Osnes JB. Blood and muscle pH after maximal exercise in man. J Appl Physiol. 1972;32:304-8.
6. Dawson MJ, Gadian DG, Wilkie DR. Muscular fatigue investigated by phosphorus nuclear magnetic resonance. Nature. 1978;274:861-6.
7. Costill DL, Verstappen F, Kuipers E, Janssen E, Fink W. Acid-base balance during repeated bouts of exercise: influence of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Int J Sports Med. 1984;5:228-31.
8. Wijnen S, Verstappen F, Kuipers E. The influence of intravenous NaHCO<sub>3</sub>-administration on interval exercise: acid-base balance and endurance. Int J Sports Med. 1984;5:130-2.
9. Robertson RJ, Falkel JE, Drash AL, Swank AM, Metz KF, Spungen SA, et al. Effect of induced alkalosis on physical work capacity during arm and leg exercise. Ergonomics. 1987;30:9-31.
10. Bouissou P, Defer G, Guezennec CY, Estrade PY, Serrurier B. Metabolic and blood catecholamine responses to exercise during alkalosis. Med Sci Sports Exerc. 1988;20:228-32.
11. Lavender G, Bird SR. Effect of sodium bicarbonate ingestion upon repeated sprints. Br J Sports Med. 1989;23:41-5.
12. McNaughton LR. Bicarbonate ingestion: effects of dosage on 60 s cycle ergometry. J Sports Sci. 1992;10:415-23.
13. McNaughton LR. Sodium bicarbonate ingestion and its effects on anaerobic exercise of various durations. J Sports Sci. 1992;10:425-35.
14. Granier PL, Dobouchaud H, Mercier BM, Mercier JG, Ahmaid S, Préfaut CG. Effect of NaHCO<sub>3</sub> on lactate kinetics in forearm muscles during leg exercise in man. Med Sci Sports Exerc. 1996;28:692-7.
15. Kindermann W, Keul J, Huber G. Physical exercise after induced alkalosis (bicarbonate or tris-buffer). Europ J Appl Physiol. 1977;37:197-204.
16. Horswill CA, Costill DL, Fink WJ, Flynn MG, Kirwan JP, Mitchell JB, et al. Influence of sodium bicarbonate on sprint performance: relationship to dosage. Med Sci Sports Exerc. 1988;20:566-9.
17. Linderman J, Kirk L, Musselman BD, Dolinar BD, Fahey TD. The effects of sodium bicarbonate and pyridoxine-alpha-ketoglutarate on short-term maximal exercise capacity. J Sports Sci. 1992;10:243-53.
18. Pierce EF, Eastman NW, Hammer W, Lynn TD. Effect of induced alkalosis on swimming time trials. J Sports Sci. 1992;10:255-9.
19. Webster MJ, Webster MN, Crawford RE, Gladden B. Effect of sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance. Med Sci Sports Exerc. 1993;25:960-5.
20. Tiryaki GR, Atterbom HA. The effects of sodium bicarbonate and sodium citrate on 600 m running time. J Sports Med Phys Fitness. 1995;35:194-8.
21. Wilkes D, Gledhill N, Smyth R. Effect of acute induced metabolic alkalosis on 800m racing. Med Sci Sports Exerc. 1983;15:277-80.
22. Franchini E, Nakamura FY, Takito MY, Kiss MAPDM. Efeito do tipo de recuperação após uma luta de judô sobre o lactato sanguíneo e sobre o desempenho anaeróbico. Corpoconsciência. 2001;7:23-9.
23. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982;14:377-87.
24. Hickner RC, Horswill CA, Welker J, Roemich JN, Costill DL. Test development for the study of physical performance in wrestlers following weight loss. Int J Sports Med. 1991;12:557-62.
25. Franchini E. Tipo de recuperação após a luta, diminuição do lactato e desempenho posterior: implicações para o judô [Tese (doutorado em Educação Física)]. São Paulo: EEFÉ-USP, 2005.
26. Portington KJ, Pascoe DD, Webster MJ, Anderson LH, Rutland RR, Gladden LB. Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. Med Sci Sports Exerc. 1998;30:523-8.
27. Stephens TJ, McKenna MJ, Canny BJ, Snow RJ, McConnell GK. Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. Med Sci Sports Exerc. 2002;34:614-21.
28. Robergs R, Hutchinson K, Hendee S, Madden S, Siegler J. Influence of pre-exercise acidosis and alkalosis on the kinetics of acid-base recovery following intense exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2005;14:59-74.
29. Mainwood GW, Cechetto D. The effect of bicarbonate concentration on fatigue and recovery in isolated rat diaphragm muscle. Can J Physiol Pharmacol. 1980; 58:624-32.
30. Mainwood GW, Worsley-Brown PA. The effect of extracellular pH and buffer concentration on the efflux of lactate from frog sartorius muscle. J Physiol. (London) 1975;250:1-22.
31. Brooks GA, Dubouchard H, Brown M, Sicurello JP, Butz CE. Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. Proc Natl Acad Sci. 1999;96:1129-34.
32. Kozac-Collins K, Burke ER, Schoene RB. Sodium bicarbonate does not improve performance in women cyclists. Med Sci Sports Exerc. 1994;26:1510-5.
33. Poulus AJ, Docter HJ, Westra HG. Acid-base balance and subjective feelings of fatigue during physical exercise. Europ J Appl Physiol. 1974;33:207-13.