

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

**MARCELO MARTINS KALYTCZAK**

**BICARBONATO DE SÓDIO E FADIGA MUSCULAR EM INDIVÍDUOS  
TREINADOS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO, CRUZADO,  
PLACEBO CONTROLADO E DUPLO CEGO**

**São Paulo, SP  
2018**

**MARCELO MARTINS KALYTCZAK**

**BICARBONATO DE SÓDIO E FADIGA MUSCULAR EM INDIVÍDUOS  
TREINADOS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO, CRUZADO,  
PLACEBO CONTROLADO E DUPLO CEGO**

Tese apresentada à Universidade Nove de  
Julho para obtenção do título de Doutor  
em Ciências da Reabilitação

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Politti

**São Paulo, SP  
2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Kalytczak, Marcelo Martins.

Bicarbonato de sódio e fadiga muscular em indivíduos treinados: um ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo controlado e duplo cego. / Marcelo Martins Kalytczak. 2018.

92 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2018.

Orientador (a): Dr. Fabiano Politti.

1. Bicarbonato de Sódio. 2. Fadiga Muscular. 3. Desenvolvimento de Força. 4. Vias Motoras. 5. Eletromiografia de Superfície. 6. Alcalose Metabólica.

I. Politti, Fabiano.            II. Título.

CDU 615.8

São Paulo, 18 de dezembro de 2018.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno (a): Marcelo Martins Kalytczak

Título da Tese: "Bicarbonato de Sódio E Fadiga Muscular: Um Estudo Cruzado, Randomizado, Placebo Controlado, Blindado e Duplo Cego".

Presidente: PROF. DR. FABIANO POLITTI



Membro: PROFA. DRA. SIMONE DAL CORSO



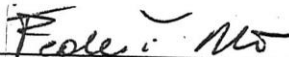
Membro: PROF. DR. GERSON DOS SANTOS LEITE



Membro: PROF. DR. AYLTON JOSÉ FIGUEIRA JUNIOR



Membro: PROF. DR. FEDERICO ALETTI



## DEDICATÓRIA

*À toda a minha família e aos amigos que fizeram e fazem parte da minha (agora razoavelmente longa), e intensa trajetória de vida.*

*Aos meus pais que sempre me apoiaram. Em especial à minha mãe Tania Regina, a quem dedico todos os meus esforços na tentativa de retribuir todo o amor e carinho. Sua força e persistência me servem de incentivo para buscar a perseverança.*

*À minha garota Juliana Dragoni Kalytczak, pela paciência durante todo este longo processo e por me encorajar com doses de incentivo sempre que o pessimismo povoava os meus pensamentos.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus, pela essência de vida depositada em mim, que tem sido usado com coragem para questionar paradigmas e descobrir novas possibilidades para pesquisar e para viver.

Aos meus pais Ivan e Tania, e a todos os meus familiares que mesmo a distância me deram apoio e incentivo durante todo esse período.

À minha esposa Juliana Dragoni Kalytczak pela parceria durante toda a realização do processo de doutoramento e, principalmente nas coletas de dados do protocolo experimental. Por sua paciência e apoio dados sempre que necessário.

Ao professor Dr. Fabiano Politti pelos ensinamentos não só acadêmicos, mas também lições de vida que serviram como exemplo. Por ter me concedido essa grande oportunidade, e pelo seu comprometimento que me fez o considerar mais que somente um orientador, meu amigo.

Ao professor Dr. Danilo Sales Bocalini, pesquisador e amigo que iniciou o projeto e incentivou a sua continuação.

Ao professor Dr. Paulo Roberto Garcia Lucareli pela disponibilidade em me auxiliar sempre que encontrava dificuldades.

A professora Dra. Daniela Biasotto-Gonzalez, pela paciência para explicação de dúvidas que surgiram durante as coletas e durante o desenvolvimento da escrita.

Aos amigos (as) Rafael Ambrósio Battazza, que dividiu comigo as alegrias e frustrações a cada minuto de coleta de dados; Fernanda Colella Antoniali, pela proatividade na orientação e programação do protocolo do equipamento de coleta; Magnum Portugal, Douglas Sita, Christian e todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram na realização do projeto de pesquisa e concretização dessa tese de doutorado.

Aos amigos (as) Marcos Paunksnis, Karina Moyano, Bruna Massaroto, Cintia Lopes, Leticia Delgado, Diogo Orlandeti, Jonatas Bezerra, Luciana Barcala, Bonfim e todos os membros da família NAPAM que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento acadêmico.

Aos professores e amigos Daniel Takeshi Ito, Cezar Casarin, Mateus Elias Pacheco e por me despertarem o interesse pela pesquisa através da experiência que obtive como monitor das disciplinas de Anatomia Humana e Cinesiologia durante a graduação. Aos professores e amigos Frank Shiguemitsu Suzuki e Rui Anderson Monteiro pelo incentivo ao ingresso e apoio durante todo o mestrado e também no doutorado.

A todos amigos, pela disposição e energia que me permitiram continuar acreditando que todo o esforço valia a pena.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pelo importante de apoio financeiro com o Programa de Suporte a Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP) durante a realização da pesquisa (número do processo 1595117).

À Universidade Nove de Julho por abrir suas portas e possibilitar a obtenção do título de doutor em Ciências da Reabilitação.

## **EPÍGRAFE**

*"Uma vez que você tenha experimentado voar, você andarรก pela terra com seus olhos voltados para c茅u, pois lรก vocę esteve e para lรก vocę desejarรก voltar."*

*Leonardo da Vinci*



## RESUMO

O surgimento precoce dos sintomas da fadiga muscular pode ser um fator determinante na definição do resultado em uma competição esportiva sendo, dessa maneira, o uso do bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) uma alternativa utilizada para retardar os efeitos dessa condição fisiológica. Portanto, os objetivos do estudo foram: (1) investigar os protocolos de teste e os procedimentos de análise do sinal EMG utilizados para avaliar os efeitos do uso de  $\text{NaHCO}_3$  na atividade muscular e na validade de seus resultados e; (2) avaliar o efeito imediato da ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  sobre força, atividade muscular e percepção subjetiva de esforço e dor de indivíduos treinados submetidos a um protocolo de fadiga para membros inferiores. Trata-se de um ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo controlado e duplo cego composto por 12 indivíduos do sexo masculino, (média  $\pm$  DP; idade  $28.67 \pm 6.08$  anos; massa corporal  $82.78 \pm 9,60$  kg; estatura  $1.78 \pm 0.09$  m; índice de massa corporal  $26.51 \pm 2.26$  kg), praticantes regulares de treinamento resistido com experiência de  $6.54 \pm 3.00$  anos, que participaram voluntariamente dos testes em duas condições, sendo: i) experimental (EXP) que ingeriu  $0,3\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  e, ii) placebo (PLA) que ingeriu mesma quantidade de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Eletromiografia, força, pH, lactato e questionários de percepção de dor, esforço e recuperação foram coletados durante a realização de protocolo dinâmico intermitente e de alta intensidade em dinamômetro isocinético. ANOVA de medidas repetidas foi utilizada para análise estatística dos dados obtidos e a comparação entre os grupos, considerando o valor de  $p < 0,05$ . Os resultados do estudo 1 não demonstraram a existência de um método de análise do sinal EMG que possa ser recomendado como padrão para identificar alterações na atividade muscular após a ingestão de  $\text{NaHCO}_3$ . No estudo 2 não foi encontrada diferenças significativas entre as condições estudadas. Os dados obtidos no estudo 2 não apresentaram diferenças significativas entre as condições estudadas. A ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  elevou os valores do pH, entretanto não foram observadas diferenças na atividade eletromiográfica, no pico de torque e na percepção subjetiva de esforço, recuperação e dor dos indivíduos. Os resultados demonstram que ingestão de  $0,3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de  $\text{NaHCO}_3$  não confere aumento de força, alteração de atividade muscular e percepção de esforço e dor em indivíduos treinados durante a realização de um exercício intermitente de alta intensidade em dinamômetro isocinético.

**Palavras-chave:** Bicarbonato de sódio; fadiga muscular; desenvolvimento de força; vias motoras; eletromiografia de superfície; alcalose metabólica.

## ABSTRACT

The early onset of muscle fatigue symptoms may be a determining factor in the definition of the result in a competition and, thus, the use of sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ) is an alternative used to delay the effects of this physiological condition. Therefore, the objectives of the study were: (1) to investigate the test protocols and EMG signal analysis procedures used to evaluate the effects of  $\text{NaHCO}_3$  use on muscle activity and the validity of its results; (2) to assess the immediate effect of  $\text{NaHCO}_3$  intake on trained subjects undergoing a lower limb fatigue protocol. It is a randomized, crossover, placebo-controlled, double-blind clinical trial of 12 male subjects (mean  $\pm$  SD, age  $28.67 \pm 6.08$  years, body mass  $82.78 \pm 9.60$  kg, height  $1.78 \pm 0.09$  m; Body mass index  $26.51 \pm 2.26$  kg), regular resistance training practitioners with experience of  $6.54 \pm 3.00$  years, who participated voluntarily of the tests in two conditions, being: i) experimental (EXP) that ingested  $0.3 \text{ g.Kg}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  and (ii) placebo (PLA) who ingested the same amount of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ). Electromyography, strength, pH, lactate and questionnaires of perception of pain, effort and recovery were collected during the intermittent and high intensity dynamic isokinetic dynamometer protocol. ANOVA of repeated measures was used for statistical analysis of the data obtained and the comparison between the groups, considering the value of  $p < 0.05$ . The results of study 1 did not demonstrate the existence of an EMG signal analysis method that can be recommended as a standard to identify changes in muscle activity after  $\text{NaHCO}_3$  intake. In study 2, no significant differences were found between the conditions studied. Intake of  $\text{NaHCO}_3$  increased pH values, however, no differences in electromyographic activity, peak torque and subjective perception of exercise, recovery and pain were observed. The results demonstrate that intake of  $0.3 \text{ g.kg}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  does not result in increased strength, altered muscle activity and perceived exertion and pain in individuals trained during the performance of an intermittent high intensity exercise in isokinetic dynamometer.

**Keywords:** Sodium bicarbonate; muscle fatigue; force development; motorways; surface electromyography; metabolic alkalosis.

## SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA .....	3
TERMO DE APROVAÇÃO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
DEDICATÓRIA .....	2
AGRADECIMENTOS.....	3
EPÍGRAFE.....	2
RESUMO .....	2
ABSTRACT .....	3
LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	2
<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 Fadiga Muscular.....	17
1.2 Aspectos bioquímicos da fadiga muscular e o NaHCO <sub>3</sub> como agente tamponante	18
1.3 Eletromiografia .....	20
1.4 Carga interna do exercício: Escalas de Percepção Subjetiva .....	21
1.5 Justificativa .....	22
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>24</b>
2.1 Geral.....	24
2.2 Específicos .....	24
Estudo 1.....	24
Estudo 2.....	24
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 Delineamento do estudo .....	25
Tipo do estudo .....	25
Local de realização do estudo.....	25
3.2 Aspectos Éticos.....	25

3.3	Medidas de desfecho .....	26
3.4	Hipóteses .....	26
3.5	Estruturação da amostra .....	27
	Critérios de inclusão .....	27
	Critérios de exclusão.....	27
3.6	Instrumentos de medida e avaliações .....	28
	Avaliação antropométrica .....	28
	Análise de força .....	29
	Eletromiografia de superfície .....	30
	Determinação das concentrações de lactato sanguíneo .....	30
	Determinação do pH sanguíneo.....	31
	Escala de Percepção Subjetiva de Esforço - PSE.....	31
	Escala Numérica Verbal de Dor - ENVD .....	31
3.7	Procedimentos experimentais .....	32
	Protocolo de familiarização.....	32
	Randomização .....	33
	Protocolo de Suplementação .....	34
	Coleta e registro dos dados.....	36
	Teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) .....	37
	Teste em contração dinâmica (Isotônica).....	37
3.8	Processamento dos dados .....	40
	EMG.....	40
	Força .....	41
3.9	Análise estatística.....	41
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
4.1	Estudo 1 – Revisão Sistemática .....	42
4.2	Estudo 2 – Ensaio Clínico Randomizado .....	57

<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	79
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	80
<b>6. ANEXOS</b> .....	87
6.1 Anexo 1 – TCLE.....	87
6.2 Anexo 2 - Escala de Percepção Subjetiva de Esforço.....	90
6.3 Anexo 3 - Escala Numérica Verbal de Dor – ENVD.....	91
6.4 Anexo 4 - Controle de Randomização .....	92

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Protocolo de familiarização .....	33
<b>Figura 2:</b> Fluxograma do estudo.....	34
<b>Figura 3:</b> Substâncias Placebo ( $\text{CaCO}_3$ ) e Bicarbonato de Sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ).....	35
<b>Figura 4:</b> Protocolo experimental .....	39
<b>Figura 5:</b> Análise dos dados EMG.....	40
<b>Figura 6:</b> Análise dos dados dinamométricos .....	41
<b>Figura 7:</b> Submissão do artigo de revisão .....	42

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

**A/D:** Analógico / Digital

**Ag/AgCl:** Prata / Cloreto de prata

**ATP:** Trifosfato de adenosina

**BS:** Bicarbonato de Sódio

**CAAE:** Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

**CaCO<sub>3</sub>:** Carbonato de Cálcio

**CIVM:** Contração Isométrica Voluntária Máxima

**cm:** Centímetro

**CNS:** Conselho Nacional de Saúde

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono

**COEP/ UNINOVE:** Comitê de Ética em Pesquisa – Uninove

**Coren-SP:** Conselho Regional de Enfermagem

**DI:** Dinamômetro Isocinético

**DPOC:** Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

**EIAS:** Espinha Ilíaca Antero Superior

**EMG:** Eletromiografia

**ENVD:** Escala Numérica Verbal de Dor

**EXP:** Grupo experimental (NaHCO<sub>3</sub>)

**FFT:** Transformada Rápida de Fourier

**FI<sub>nms</sub><sup>5</sup>:** Índice espectral de fadiga

**FMD:** Frequência Mediana

**H<sup>+</sup>:** Íons de Hidrogênio

**H<sub>2</sub>O:** Água

**H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:** Ácido Carbônico

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:** Bicarbonato

**Hz:** Hertz

**IMC:** Índice de Massa Corporal

**IPAQ:** Questionário Internacional de Atividade Física

**K<sup>+</sup>:** Potássio

**Kg:** Quilograma

**La:** Lactato sanguíneo

**m:** Metro

**MID:** Membro Inferior Dominante

**μV:** Milivolts

**NaHCO<sub>3</sub>:** Bicarbonato de sódio

**NAPAM:** Núcleo de Apoio a Pesquisa em Análise do Movimento

**Nm:** Newton-metro

**Pi:** Fosfato Inorgânico

**PLA:** Grupo placebo

**pH:** Potencial de Hidrogênio

**PSD:** Percepção Subjetiva de Dor

**PSE:** Percepção Subjetiva de Esforço

**PSR:** Percepção Subjetiva de Recuperação

**PT:** Pico de torque

**RF:** Reto femoral

**RMS:** Root Mean Square (Raiz Quadrada Média)

**s:** Segundos

**sEMG:** Eletromiografia de superfície

**SENIAM:** Surface EMG for a Non-Invasive Assessment os Muscles

**TCLE:** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**VL:** Vasto Lateral

**VM:** Vasto Medial

**WHO:** World Health Organization



# 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

## 1.1 Fadiga Muscular

O processo de Fadiga Muscular estimulado pelo exercício tem sido tema de grande relevância e interesse no meio acadêmico por décadas, entretanto, apesar do tempo investido nas investigações científicas acerca deste fenômeno, alguns pontos ainda permanecem incertos, entre eles a definição do termo <sup>(1)</sup>.

O conceito de fadiga é muito amplo e possui diferentes significados de acordo com a área de estudo que a utiliza, no entanto, a maior parte dos pesquisadores a descrevem como um fenômeno subjetivo, multifatorial, cuja gênese envolvem aspectos físicos, cognitivos e emocionais <sup>(2)</sup>. Diante dessa polissemia, a utilização do termo necessita de maior compreensão e critério para que erros de interpretações sejam evitados <sup>(3)</sup>, então, para descrever os processos de perda da capacidade funcional na realização de exercícios, será utilizado o termo fadiga muscular.

A definição mais aceita para o termo no meio acadêmico aponta para a incapacidade de realizar ou manter uma determinada força <sup>(4)</sup>, no entanto, a literatura científica traz diversas definições e entendimentos para o fenômeno. Essas interpretações estão atreladas ao tipo de abordagem que se faz sobre o assunto.

No campo das avaliações biomecânicas os efeitos clássicos estão atrelados ao declínio do desempenho mecânico do músculo durante a realização de uma tarefa. Nesta abordagem, a definição mais coerente para tal fenômeno é a que descreve a fadiga muscular como a incapacidade do sistema neuromuscular de gerar, manter ou sustentar um determinado nível de força em decorrência de um conjunto de alterações ocasionadas pelo exercício intenso e/ou prolongado <sup>(5,6)</sup>.

A contração muscular envolve muitos processos que vão desde o controle cortical no cérebro até a formação de pontes cruzadas nas unidades contráteis das fibras musculares. Nesse percurso, inúmeros mecanismos fisiológicos e ainda, a motivação estão associados a execução da tarefa. Portanto, a fadiga muscular pode ser decorrente de alterações em qualquer um dos processos envolvidos, ou pela combinação entre vários desses processos. Essa condição complexa e multifatorial demandou uma divisão didática para melhor análise dos processos deste fenômeno em fadiga central e periférica <sup>(7)</sup>.

A primeira, também descrita como fatores centrais da fadiga muscular, é caracterizada por alterações nos processos fisiológicos que ocorrem no sistema nervoso central. Estes processos incluem alterações na geração do comando central para a execução da tarefa e nas transmissões via medula espinal e motoneurônios envolvidos na

ativação muscular <sup>(1,8)</sup>. O declínio de força muscular decorrente de uma redução de impulso neural é um processo característico de alterações dos fatores centrais da fadiga muscular <sup>(9)</sup>.

Um mecanismo inibitório do sistema nervoso central pode ser desencadeado por neurônios aferentes sensíveis a alta concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) intramuscular e variações mecânicas inerentes ao exercício, estes neurônios são classificados como III e IV <sup>(10)</sup>. Além disso, fatores motivacionais e condições limitantes da tarefa podem exercer influência sobre os mecanismos de fadiga muscular <sup>(1)</sup>.

Já a fadiga muscular periférica, envolve as alterações ocorridas em regiões distais a junção neuromuscular. Nesse caso a perda da capacidade contrátil está relacionada ao aumento das concentrações de metabólitos, subprodutos da glicólise anaeróbia, causadores da acidose metabólica intramuscular, que pode comprometer todo o mecanismo contrátil <sup>(11)</sup>.

Diante deste fenômeno complexo e multifatorial, com perspectivas de abordagens a fatores neurais, mecânicos (relação com as condições da tarefa), fisiológicos (demanda bioenergética) e seus consequentes subprodutos metabólicos, portanto bioquímicos, encontrar uma estratégia que seja capaz de manter o desempenho, retardando o processo de fadiga em atletas torna-se um grande desafio.

## **1.2 Aspectos bioquímicos da fadiga muscular e o $NaHCO_3$ como agente tamponante**

Diversos fatores podem influenciar o desempenho do indivíduo durante o exercício, entre estes destaca-se a fadiga muscular, que pode ser determinante na definição do vencedor em algumas modalidades que requerem ao máximo as capacidades físicas do atleta.

Dentre estas modalidades esportivas, destacam-se aquelas compostas por tarefas intermitentes, as quais são caracterizadas por movimentos repetidos de alta intensidade e de curta duração, intercalados por pequenos intervalos de recuperação <sup>(12)</sup>. Tarefas com essas características demandam rápida síntese de energia que ocorre, predominantemente, por contribuição da via glicolítica anaeróbia <sup>(13)</sup>.

Os subprodutos liberados por essa via bioenergética durante o intenso processo de ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) geram implicações em tal processo. Dentre os metabólitos pode-se destacar os íons de hidrogênio ( $H^+$ ), fosfato inorgânico ( $P_i$ ) e potássio ( $K^+$ ), além do aumento exponencial da produção e acúmulo de lactato <sup>(7)</sup>. Entretanto, o

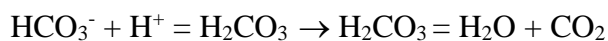
considerável aumento nas concentrações de  $H^+$  que resulta em acidificação intracelular, parece contribuir para a instauração do processo de fadiga muscular <sup>(11,13)</sup>.

As reações bioquímicas para a pronta ressíntese de ATP são possibilitadas pela atuação das enzimas fosfofrutoquinase e glicogênio fosforilase, que aceleram o processo de transferência de energia. No entanto, sua função é inibida pelo aumento na concentração de  $H^+$ , já que o pH intracelular é um dos fatores que regulam a sua atividade <sup>(14)</sup>. A acidose intracelular tende a comprometer a sincronia de produção energética e, por conseguinte, a manutenção do mecanismo contrátil durante uma tarefa de alta intensidade.

A exemplo de outros íons presentes no organismo, um controle entre a produção e a remoção de  $H^+$  é necessário para o equilíbrio ácido-base e a homeostase. O organismo possui mecanismos reguladores para a remoção de  $H^+$  e o controle do pH intra e extracelular, entre eles os sistemas químicos de tamponamento, a regulação respiratória e a regulação renal.

Os processos químicos atuam como tampões e caracterizam a primeira linha de defesa na regulação do equilíbrio ácido-base. Essas substâncias são capazes de se ligar ao  $H^+$  com reação reversível <sup>(13,15)</sup>. Entretanto, a busca por intervenções eficazes para a regulação do pH e controle do equilíbrio ácido-base, tem despertado grande interesse de pesquisadores envolvidos com a biodinâmica do movimento e o desempenho humano.

O sistema tampão extracelular mais efetivo é o bicarbonato ( $HCO_3^-$ ), substância produzida e liberada pelos rins. A ingestão de bicarbonato de sódio ( $NaHCO_3$ ) eleva as concentrações de  $HCO_3^-$  no sangue e a capacidade de tamponamento para o controle do equilíbrio ácido-base <sup>(15,16)</sup>. Nesta reação, o  $HCO_3^-$  se liga a um próton de hidrogênio para formar o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), em seguida, a nova molécula se dissocia em água ( $H_2O$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), conforme apresentado a seguir:



A ação do agente tamponante diminui a concentração de  $H^+$  a partir da transformação deste em um componente que pode ser mais facilmente eliminado.

Por meio deste mecanismo, a ingestão de  $NaHCO_3$  tende a aumentar o desempenho em exercícios de alta intensidade, pois o tamponamento extracelular aumenta o pH extracelular que estimula um efluxo de íons de  $H^+$  pelo gradiente de concentração, prorrogando assim o início dos efeitos da fadiga muscular <sup>(17,18)</sup>.

### 1.3 Eletromiografia

A eletromiografia (EMG) caracteriza-se pela interpretação da função muscular por meio da captura e análise dos sinais elétricos emanados pelo músculo durante a contração <sup>(19)</sup>. No caso da eletromiografia de superfície (sEMG), os sinais são registrados de forma objetiva por um método não invasivo durante uma solicitação muscular isométrica, realização de uma tarefa dinâmica, ou mesmo durante o repouso <sup>(20)</sup>.

Suas possibilidades de aplicação vão desde os estudos de verificação das adaptações musculares ao treinamento de força e resistência muscular <sup>(21)</sup>, avaliações comparativas de solicitação muscular entre variações de exercícios de agachamento e abdominais em indivíduos saudáveis <sup>(22,23)</sup>, análise e comparação do comportamento muscular entre indivíduos saudáveis e com dor <sup>(24)</sup> e comparação entre as fases de contração durante o teste de salto <sup>(25)</sup>, até a utilização da ferramenta como *biofeedback* incorporada a programas de exercícios <sup>(26)</sup> e em tratamentos para o aumento da resposta eletromiográfica em indivíduos com lesão medular completa <sup>(27)</sup>.

Em relação a pesquisa da fadiga muscular e aos possíveis efeitos da ingestão NaHCO<sub>3</sub>, vários estudos têm utilizado a EMG para investigar se essa intervenção também reflete na atividade muscular durante a realização de tarefas estáticas e/ou dinâmicas. No entanto, divergências nos resultados entre os estudos <sup>(28-30)</sup> não permitem afirmar se a EMG é uma forma segura de avaliar os efeitos do NaHCO<sub>3</sub> em relação à função muscular.

Além das diferenças metodológicas entre os estudos (e.g. diferentes tipos de contração, número de repetições e tempo de contração), o uso de diferentes parâmetros e formas de processamento do sinal EMG <sup>(31-33)</sup> também podem ser considerados como uma possível justificativa para as diferentes respostas observadas na atividade muscular após a ingestão de NaHCO<sub>3</sub>.

Para análise do sinal EMG após o uso do NaHCO<sub>3</sub>, têm sido considerados os parâmetros extraídos no domínio do tempo e da frequência <sup>(29,30,32,34)</sup>. Em geral, diferentes técnicas para detecção, decomposição, processamento e classificação do sinal EMG apresentam vantagens e desvantagens em relação a extração de informações neuromusculares durante a execução de uma tarefa <sup>(35)</sup>. Dessa maneira, definir o parâmetro EMG a ser utilizado para analisar a resposta fisiológica de um músculo durante uma determinada tarefa, é um fator importante a ser considerado na análise do sinal EMG. No caso específico da suplementação com NaHCO<sub>3</sub>, não foi encontrado nenhuma recomendação em relação aos procedimentos metodológicos a serem adotados para o uso

da EMG como ferramenta de avaliação dos efeitos dessa intervenção na atividade muscular.

Embora a literatura não permita identificar uma metodologia de análise do sinal EMG que possa identificar alterações na atividade muscular após ingestão de  $\text{NaHCO}_3$ , a investigação desse parâmetro se faz necessária para o entendimento do fenômeno e as implicações eletrofisiológicas causadas pela utilização da substância ergogênica.

Dessa maneira, a análise do sinal EMG após a ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  em indivíduos treinados durante a realização de uma tarefa intermitente e de alta intensidade capaz de induzir a fadiga pode revelar informações importantes acerca de um possível mecanismo inibitório do sistema nervoso central desencadeado pela alta concentração intramuscular de íons de  $\text{H}^+$ .

#### **1.4 Carga interna do exercício: Escalas de Percepção Subjetiva**

A carga é a principal variável moduladora de intensidade de um exercício e, a adequada manipulação e controle permitem adequar o estímulo aos objetivos previamente definidos <sup>(36)</sup>. O monitoramento da carga interna do exercício pode ser feito por meio da aplicação de escalas de percepção das sensações vivenciadas pelos indivíduos submetidos a este.

Diferentes escalas foram desenvolvidas para mensuração da percepção subjetiva, como escalas para avaliação da percepção subjetiva de esforço (PSE), da percepção subjetiva de dor (PSD), e da percepção subjetiva de recuperação (PSR) <sup>(37-39)</sup>.

A PSE representa a resposta dos diferentes sistemas corporais ao estresse imposto pelo esforço físico. É baseada na mensuração individual do estresse fisiológico durante a atividade, bem como após o estímulo e, pode ser conceituada como a intensidade subjetiva de esforço, tensão, desconforto e/ou sentidos pelo indivíduo durante a execução de exercícios físicos aeróbios ou anaeróbios <sup>(40,41)</sup>.

Dentre as diversas possibilidades de aplicação, a PSE pode ser utilizada em testes de esforço e na prescrição de exercício, e estabelecem a relação entre um estímulo e uma resposta, oferecendo um índice de esforço percebido (número/valor) que representa o grau de sobrecarga e tensão vivenciado durante o trabalho físico e estimado de acordo com um método classificatório específico.

De modo geral, pode se dizer que quanto maior a carga utilizada, maior o índice de esforço percebido relatado e menor a variabilidade das respostas entre os indivíduos. À medida que o custo metabólico do trabalho mecânico é aumentado, maior precisão

pode ser atingida <sup>(40,41)</sup>. De uma perspectiva prática, a avaliação da carga interna por métodos não invasivos pode auxiliar no planejamento do treinamento e indicar as adaptações do indivíduo, além de se destacar pelo baixo custo, ausência de limitações práticas quanto a utilização, fácil aplicação e interpretação <sup>(40,42)</sup>.

Investigações acerca dos valores da PSD e PSR também tem sido alvo de interesse em pesquisas no meio esportivo <sup>(43,44)</sup>. Em relação a PSR, a qualidade da recuperação é referida pelo próprio indivíduo a partir da indicação em uma escala adaptada para este fim <sup>(37)</sup>.

A PSD tem sido utilizada para avaliar a dor muscular durante o exercício <sup>(43)</sup> e a dor muscular de início tardio <sup>(44)</sup>. Dentre os instrumentos utilizados, destaca-se a escala numérica verbal de dor (ENVD), em que os avaliados estimam subjetivamente a percepção de dor em resposta ao esforço. É uma escala validade em português <sup>(45)</sup> que consiste em uma reta, com valores de 0 a 10, cujas extremidades possuem uma descrição de possíveis situações (sem dor e pior dor já sentida, respectivamente).

Investigações acerca dos efeitos da alcalose induzida pela ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  sobre a percepção de esforço são encontradas em pequeno número e com resultados conflitantes <sup>(46-48)</sup>. Além disso, investigações dos efeitos dessa suplementação sobre a percepção de dor são inexistentes na literatura.

## 1.5 Justificativa

A fadiga muscular configura-se como um fenômeno complexo, multifatorial e tarefa-dependente que pode ter origem em um ou em vários processos fisiológicos, centrais e/ou periféricos <sup>(7,49)</sup>.

Em tarefas com predominância do sistema glicolítico, a acidose metabólica causada pelo aumento exponencial de  $\text{H}^+$  tem sido apontado como fator limitante do mecanismo contrátil do músculo pela implicação nos processos de fornecimento de energia <sup>(50,51)</sup>.

Diante disso, o  $\text{NaHCO}_3$  tem sido utilizado como suplemento nutricional com vistas a um possível efeito ergogênico baseado em sua capacidade de tamponamento extracelular e, por consequência a atenuação de alterações bruscas de pH intracelular, responsável pelo processo de fadiga muscular. Adicionalmente, configura-se como uma estratégia de baixo custo, fácil manipulação e não pertencente ao grupo das substâncias proibidas pela agência mundial de controle *antidoping* <sup>(52)</sup>.

No entanto, ainda existe a necessidade de melhor compreensão dos efeitos dos alcalóides sobre os parâmetros bioquímicos, eletrofisiológicos, psicofisiológicos e sobretudo mecânicos do desempenho no exercício que, justificam o desenvolvimento deste estudo. A investigação das alterações agudas e simultâneas desencadeadas por uma suplementação experimental de  $\text{NaHCO}_3$  durante o processo de fadiga muscular pode auxiliar no entendimento do mecanismo deste fenômeno e revelar informações importantes acerca de um possível mecanismo inibitório do sistema nervoso central desencadeado pela alta concentração intramuscular de íons de  $\text{H}^+$  <sup>(10)</sup>.

Embora o efeito ergogênico da substância já tenha sido apontado <sup>(16,18)</sup>, ainda não foram investigadas as influências da ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  sobre o comportamento da atividade muscular durante a realização de um protocolo composto por exercício intermitente e de alta intensidade realizado em dinamômetro isocinético.

Contudo, os resultados desse estudo poderão indicar se a ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  por indivíduos praticantes de modalidades semelhantes ao protocolo utilizado no presente estudo, como o exercício contra resistência, pode ou não retardar o efeito da fadiga muscular durante o treinamento.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar os efeitos imediatos da ingestão de bicarbonato de sódio na atividade muscular por meio da eletromiografia de superfície nos momentos pré, durante e após protocolo de fadiga para membro inferior em indivíduos treinados.

### **2.2 Específicos**

- Investigar os efeitos agudos da ingestão de bicarbonato de sódio sobre a atividade eletromiográfica (Revisão sistemática);
- Analisar a força de contração muscular por meio de dinamômetro isocinético nos momentos pré, durante e após protocolo de fadiga para membro inferior em indivíduos treinados, após a ingestão de bicarbonato de sódio;
- Analisar parâmetros bioquímicos (pH e lactato) por meio de amostra sanguínea nos momentos pré, durante e após protocolo de fadiga para membro inferior em indivíduos treinados, após a ingestão de bicarbonato de sódio;
- Analisar os efeitos psicofisiológicos, por meio de questionários de percepção subjetiva de esforço e dor nos momentos pré, durante e após protocolo de fadiga para membro inferior em indivíduos treinados, após a ingestão de bicarbonato de sódio.

### **Estudo 1**

A eletromiografia pode ser usada como ferramenta para analisar o efeito da ingestão de bicarbonato de sódio na contração muscular? Uma revisão sistemática

### **Estudo 2**

Avaliar o efeito imediato da ingestão de bicarbonato de sódio em indivíduos treinados durante e após serem submetidos a um protocolo de fadiga para membro inferior, por meio de parâmetros biomecânicos (força), eletrofisiológico (atividade muscular), bioquímico (pH e lactato) e psicofisiológicos (percepção subjetiva de esforço e dor).



### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Delineamento do estudo**

##### **Tipo do estudo**

Trata-se de um ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo controlado e duplo cego. O desenho cruzado característico deste estudo é necessário para que possam ser excluídos possíveis vieses decorrentes das variações individuais uma vez que, cada indivíduo ingeriu bicarbonato de sódio  $\text{NaHCO}_3$  (Grupo Experimental: EXP) ou carbonato de cálcio  $\text{CaCO}_3$  (Grupo placebo: PLA) de acordo com prévia randomização.

##### **Local de realização do estudo**

O estudo foi desenvolvido, analisado e processado no Núcleo de Apoio à Pesquisa em Análise do Movimento (NAPAM) da Universidade Nove de Julho, unidade Vila Maria, situada na Rua Prof.<sup>a</sup> Maria José Barone Fernandez nº 300, Vila Maria, São Paulo.

A coleta dos dados e a análise das variáveis bioquímicas foram realizadas, respectivamente, no Laboratório do Movimento Humano e no Laboratório de Fisiologia Translacional da Universidade São Judas Tadeu, unidade Mooca, situada na Rua Taquari nº 546, Mooca, São Paulo.

#### **3.2 Aspectos Éticos**

O presente estudo foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Nove de Julho de acordo com o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 72591417.7.10015511. O mesmo foi analisado e aprovado conforme parecer nº 2.291.349.

A participação efetiva no estudo ocorreu somente após os voluntários tomarem conhecimento dos objetivos e dos procedimentos da pesquisa a partir de leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e receberem as instruções verbais necessárias. Aos participantes foi solicitado o preenchimento e assinatura do TCLE (Anexo 1), conforme as Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa envolvendo Seres Humanos, presentes na resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

### 3.3 Medidas de desfecho

O desfecho primário do estudo consiste investigação do efeito imediato da ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  sobre a amplitude (RMS), a frequência mediana (FMD), o índice espectral de fadiga ( $\text{FI}_{\text{nms}}^5$ ) do sinal EMG e; o pico de torque (PT) do músculo quadríceps durante e após execução de protocolo de fadiga muscular no dinamômetro isocinético.

O desfecho secundário consiste no efeito imediato da ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  sobre os efeitos bioquímicos (pH e lactato) e psicofisiológicos (questionários de percepção subjetiva de esforço e dor) durante e após protocolo de fadiga muscular no dinamômetro isocinético.

### 3.4 Hipóteses

O desenvolvimento do presente estudo ocorreu a partir da elaboração seguinte pergunta: A ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  pode aumentar a resistência a fadiga muscular e o desempenho de homens adultos treinados durante a realização de um protocolo de alta intensidade em dinamômetro isocinético?

A reflexão e discussão a partir de estudos anteriores e conhecimentos prévios sobre o tema possibilitou a elaboração das seguintes hipóteses:

i) Os parâmetros bioquímicos (pH e Lactato) deverão apresentar valores mais elevados no grupo experimental em comparação com o grupo placebo. O valor de pH deverá estar aumentado devido a maior capacidade de tamponamento causado pela ingestão de  $\text{NaHCO}_3$ , assim como as concentrações de lactato sanguíneo, devido ao seu maior efluxo estimulado pela alteração do pH extracelular.

ii) O grupo experimental deverá apresentar valores de pico de torque superiores ao apresentado pelo grupo placebo, durante a realização do teste dinâmico e do teste isométrico.

iii) O grupo experimental deverá apresentar alterações no comportamento da atividade eletromiográfica (amplitude e frequência do sinal) em relação ao grupo placebo, durante a realização do teste dinâmico e do teste isométrico.

iv) Os parâmetros psicofisiológicos (PSE e PSD) devem sofrer alterações a partir da ingestão de  $\text{NaHCO}_3$ , uma vez que a alteração do equilíbrio ácido básico pode estar associada a presença acentuada de sensações de dor e esforço.

### **3.5 Estruturação da amostra**

A amostra de conveniência foi composta por 12 indivíduos, formada por estudantes do curso de Graduação em Educação Física das universidades Nove de Julho e São Judas Tadeu e por praticantes de musculação matriculados nas academias localizadas nos arredores das instituições de ensino envolvidas no desenvolvimento do estudo (acima descritas). Os voluntários foram recrutados a partir de convites verbais realizados nas salas de aula dos cursos de graduação e nas academias e, todos os indivíduos recrutados se enquadraram nos critérios de inclusão descritos a seguir.

O número de participantes que compuseram a presente pesquisa foi definido a partir de investigação de estudos prévios presentes na revisão sistemática (estudo 1). Os estudos que investigaram os efeitos do  $\text{NaHCO}_3$  sobre a atividade eletromiográfica foram compostos por amostras entre 6 e 11 participantes <sup>(32,33)</sup>. Além disso, o procedimento invasivo necessário nas coletas de amostras de sangue e o alto custo de análises bioquímicas configuram um fator limitante do número de participantes.

#### **Critérios de inclusão**

Homens adultos com idade entre 20 e 42 anos, fisicamente ativos, praticantes de treinamento de força na modalidade musculação por, no mínimo 12 meses, e com rotina semanal de treino com exercícios para membros inferiores.

#### **Critérios de exclusão**

Indivíduos com diagnóstico clínico de Diabetes Mellitus, doenças respiratórias (asma, DPOC), doença renal, doenças metabólicas, distúrbio no equilíbrio ácido-base, doenças reumatológicas, gota, alterações cardiovasculares, tabagistas, etilistas, com histórico de cirurgias de membros inferiores ou qualquer tipo de desordem articular e/ou musculoesquelética que pudesse comprometer a execução do protocolo do estudo. Também foram excluídos os indivíduos que faziam utilização contínua de algum tipo de medicamento, uso de suplementação alimentar hiperproteica, suplementação de creatina ou usuários de esteroides anabolizantes há menos de três anos.

**Tabela 1:** Caracterização da amostra (n =12)

Variáveis	Média ± DP
<b>Idade (anos)</b>	28,67 ± 6,08
<b>Massa corporal (kg)</b>	82,78 ± 9,60
<b>Estatura (m)</b>	1,78 ± 0,09
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	26,51 ± 2,26
<b>Gordura corporal (%)</b>	12,54 ± 3,97
<b>Tecido isento de gordura (kg)</b>	72,27 ± 8,12
<b>Densidade corporal (g/ml)</b>	1,08 ± 0,01
<b>Somatória de dobras (cm)</b>	86,50 ± 25,78
<b>Circunferência da coxa (cm)</b>	58,42 ± 4,50
<b>Circ. Corrigida - muscularidade (cm)</b>	24,88 ± 9,20
<b>Tempo de prática (anos)</b>	6,54 ± 3,00

**IMC:** Índice de Massa Corporal. **DP:** Desvio Padrão.

### 3.6 Instrumentos de medida e avaliações

#### Avaliação antropométrica

A mensuração da massa corporal e da estatura dos participantes foi realizada a partir da utilização de uma balança mecânica modelo 31 Filizola® (Indústrias Filizola S.A., SP, Brasil), com limite máximo de carga até 150 quilogramas (Kg) e precisão de 0,1 Kg para a medida de massa, e limite máximo de até 2 metros (m) com precisão de 0,01 m para a estatura. O Índice de massa corporal (IMC) foi calculado através da equação  $\text{Kg/m}^2$  (massa / estatura × estatura).

A mensuração da espessura das dobras cutâneas foi realizada por meio de um plicômetro *Cescorf*®. A composição corporal dos indivíduos foi determinada a partir da utilização do protocolo de Pollock <sup>(53)</sup> composta pela obtenção dos valores em 7 pontos específicos (subescapular, axilar média, tríceps; coxa; supra-ilíaca; abdome e peitoral), todas localizadas no hemisfério direito do corpo para evitar erros de coleta.

As medidas de circunferência foram realizadas por meio de uma trena antropométrica com fita em fibra de vidro, maleável e inelástica modelo T87 *Wiso*®, com precisão de 0,1 centímetro (cm) e comprimento máximo de 2 metros. As medidas de circunferência e dobra cutânea da coxa direita foram utilizadas para a estimativa da muscularidade, a partir de uma correção pelo valor da camada de gordura e aplicação da seguinte equação <sup>(54)</sup>:

Circunferência corrigida = circunferência em cm - ( $\pi$  x dobra cutânea em cm).

Para evitar possíveis vieses de coleta, todas as avaliações antropométricas foram realizadas pelo mesmo avaliador antes da realização de qualquer tipo de exercício <sup>(55)</sup>.

### **Análise de força**

A aquisição da força do músculo quadríceps e a execução do protocolo de indução à fadiga foi obtida por meio um Dinamômetro Isocinético (DI) modelo System 3 Pro *Biodex*® (Biodex Medical System, Shirley, NY, USA). Um instrumento eletromecânico sincronizado a um microcomputador para o controle, aquisição e avaliação quantitativa dos parâmetros biomecânicos obtidos durante a realização de uma determinada tarefa. O DI é considerado o instrumento de maior confiabilidade, fidedignidade e reprodutibilidade para mensuração do desempenho musculoesquelético <sup>(56)</sup>.

O DI é capaz de registrar os valores de torque, posição, deslocamento e velocidade angular durante a realização de um determinado protocolo, seja estático ou dinâmico. O presente protocolo consistiu da execução de uma tarefa dinâmica composta por 10 séries com dez repetições de extensão (fase concêntrica) e flexão (fase excêntrica) da articulação do joelho, a uma velocidade angular de  $120^{\circ}\text{s}^{-1}$  (radianos por segundo), com intervalo de 1 minuto entre as séries e; de uma tarefa em contração isométrica com o joelho posicionado a  $60^{\circ}$ , para o registro da força máxima de extensão do joelho realizada antes e depois do protocolo dinâmico.

Os participantes foram posicionados sobre o DI com a articulação do quadril formando um ângulo de  $100^{\circ}$ . O encosto do assento foi regulado para melhor acomodar o voluntário e para permitir o apoio das costas, além disso, quatro cintos foram utilizados (dois que iniciam na altura dos ombros e se fixam próximo a linha de cintura do lado oposto, cruzando no centro do tronco; um cinto prende a linha de cintura, passando de um lado ao outro; e um outro cinto menor é utilizado para fixar o membro inferior submetido ao teste, passando na região distal da coxa) para melhor fixação na cadeira e também para evitar movimentos compensatórios e indesejados.

O acessório para realização de testes de flexão e extensão de joelhos, após adaptado ao DI, foi preso à perna do participante dois dedos acima da projeção do osso calcâneo. O eixo do equipamento foi alinhado ao centro articular do joelho (eixo látero-lateral). Todos os valores de posicionamento do participante no equipamento foram

registrados durante a primeira visita para a execução do protocolo de familiarização e, utilizadas para os testes subsequentes.

Antes de iniciar o protocolo de testes e coleta de dados, os pesquisadores tomaram o cuidado de buscar a certificação da fidedignidade dos dados obtidos pelo DI. A verificação completa e calibração equipamento foi realizada por um técnico capacitado enviado pela empresa representante da Biodex System no Brasil. A verificação da calibração foi feita semanalmente pelos pesquisadores para a validação dos sinais biológicos coletados, seguindo as orientações do fabricante.

Os dados obtidos durante os testes foram armazenados no microcomputador sincronizado ao DI, e analisados posteriormente.

### **Eletromiografia de superfície**

Para a captação do sinal eletromiográfico foi utilizado um sistema de aquisição com 16 canais (EMG System do Brasil Ltda®), composto por eletrodos ativos bipolares com ganho de amplificação de 20 vezes, filtro analógico passa banda de 10 a 1000 Hz e modo comum de rejeição de 120 dB, sendo que três canais foram habilitados para a sincronização com o dinamômetro isocinético (*Biodex Medical System, Shirley, NY, USA*). Os sinais EMG foram amostrados com frequência de 2000 Hz, digitalizados por placa de conversão A/D (analógico-digital) com 16 bits de resolução.

Eletrodos de superfície, autoadesivos, descartáveis, Ag/AgCl, com 1 cm de diâmetro (Medi-Trace 200 Kendall Healthcare/ Tyco, Canadá), foram utilizados para captar o sinal EMG dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM).

Após a realização de tricotomia, limpeza e abrasão da pele, os eletrodos foram posicionados com distancia de 2cm (centro a centro) nos locais específicos de acordo com as recomendação do SENIAM (Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles)<sup>(57)</sup>; onde, para RF: ponto médio entre a espinha ílica anterossuperior (EIAS) e a borda superior da patela; VL: terço inferior da distância da EIAS e a borda lateral da patela; e VM: quinto inferior da distância entre a EIAS e o espaço articular medial do joelho.

### **Determinação das concentrações de lactato sanguíneo**

Para determinação das concentrações de lactato sanguíneo [La], amostras de sangue capilar foram coletadas com cateter sob agulha, armazenadas em tubos secos e

analisadas por meio de um lactímetro portátil modelo *Accutrend Lactate*®. As coletadas ocorreram em diferentes momentos: pré ingestão da substância, após ingestão da substância (60 minutos), pré-teste (CIVM-pré), durante a realização do protocolo dinâmico (intervalos entre cada uma das 10 séries), e após o exercício (CIVM-pós). Todas as coletas de sangue foram feitas por uma enfermeira capacitada e registrada no conselho da categoria.

### **Determinação do pH sanguíneo**

Para a determinação do pH, as amostras de sangue armazenadas em tubos secos foram analisadas por meio de pHmetro modelo PG1800 *Gehaka*®. As coletadas para a análise do pH sanguíneo ocorreram nos mesmos momentos: pré ingestão da substância, após ingestão da substância (60 minutos), pré-teste (CIVM-pré), durante a realização do protocolo dinâmico (intervalos entre cada uma das 10 séries), e após o exercício (CIVM-pós).

### **Escala de Percepção Subjetiva de Esforço - PSE**

A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada através da escala adaptada de Borg (1982) com validade para atletas de língua portuguesa<sup>(58)</sup>. Consiste em uma escala graduada de zero a dez pontos com duas ancoras verbais. O valor de zero (0) representa nenhum esforço e o valor dez (10) representa o máximo esforço percebido (Anexo 2). Através da escala, os participantes devem estimar subjetivamente o esforço realizado ao longo do protocolo dinâmico e isométrico. A escala foi aplicada no momento inicial, imediatamente após a realização de cada série (10 séries), e no teste de força ao final.

### **Escala Numérica Verbal de Dor - ENVD**

A Escala Numérica Verbal de Dor (ENVD)<sup>(45)</sup>, já validado em português (Anexo 3) é um instrumento que possibilita a mensuração da intensidade da dor. É representada por uma reta, com valores de 0 a 10, cujas extremidades possuem uma descrição de possíveis situações (sem dor e pior dor já sentida, respectivamente), na qual os participantes foram orientados a indicar qual número representava sua dor ao longo do protocolo de teste.

A escala foi aplicada antes do protocolo, ou seja, antes de qualquer esforço do indivíduo, imediatamente após a realização de cada série (10 séries), 30 minutos e 24 horas pós protocolo de exercício.

### **3.7 Procedimentos experimentais**

#### **Protocolo de familiarização**

Os voluntários selecionados para participação no experimento foram submetidos à uma sessão de familiarização com o ambiente, equipamento e procedimentos adotados, uma semana antes da coleta efetiva dos dados. Nesse momento, os voluntários foram instruídos sobre a realização da tarefa e posicionados sobre o DI. A regulagem e adequação do equipamento de acordo com as proporções corporais de cada participante foram registradas para utilização nas coletas subsequentes.

Antes de iniciar a familiarização, os participantes tomaram conhecimento do procedimento experimental e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido – TCLE (Anexo 1). Além disso, foram solicitados a preencherem uma ficha cadastral com os dados pessoais e submetidos a uma avaliação antropométrica para determinação de massa, estatura, IMC e composição corporal que, posteriormente foram inseridos na ficha de avaliação.

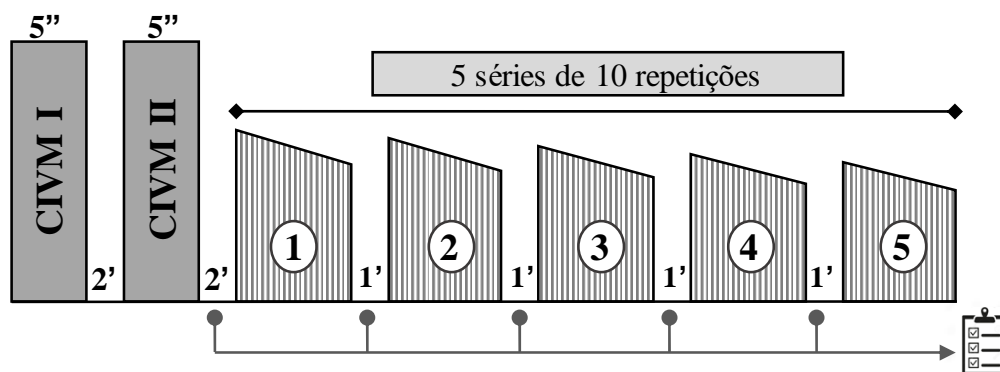
A sessão de familiarização consistiu na execução de um protocolo composto por uma tarefa em contração estática, para aquisição dos valores de força máxima e, uma em contração dinâmica, semelhante ao protocolo experimental efetivo, porém com volume e intensidade reduzidas. Todos os testes foram realizados com o membro inferior dominante (MID), determinado por resposta obtida através de questionamento oral sobre a preferência ao realizar uma tarefa como chutar uma bola <sup>(59)</sup>.

A tarefa estática consistiu na realização de duas contrações isométricas voluntária máxima (CIVM), com o joelho posicionado a 60°, para a familiarização com a execução de máxima força de extensão de joelho por um período de 5". A tarefa dinâmica consistiu na realização de exercício composto por cinco séries de 10 repetições de extensão (fase concêntrica) e flexão (fase excêntrica) do joelho, com velocidade angular de 120°s<sup>-1</sup> e intervalo de recuperação de 1' entre séries (Figura 1).

Durante as etapas de execução do protocolo de familiarização, os participantes eram questionados sobre as dificuldades encontradas, orientados e corrigidos pelos pesquisadores sobre a forma correta de execução dos movimentos. Os pesquisadores realizaram avaliação simultânea do participante através da observação do seu



desempenho e, somente após o consenso dos mesmos, o participante era considerado apto para a execução do protocolo efetivo de coleta de dados.



**Figura 1** Protocolo de familiarização - CIVM: contração isométrica voluntária máxima.



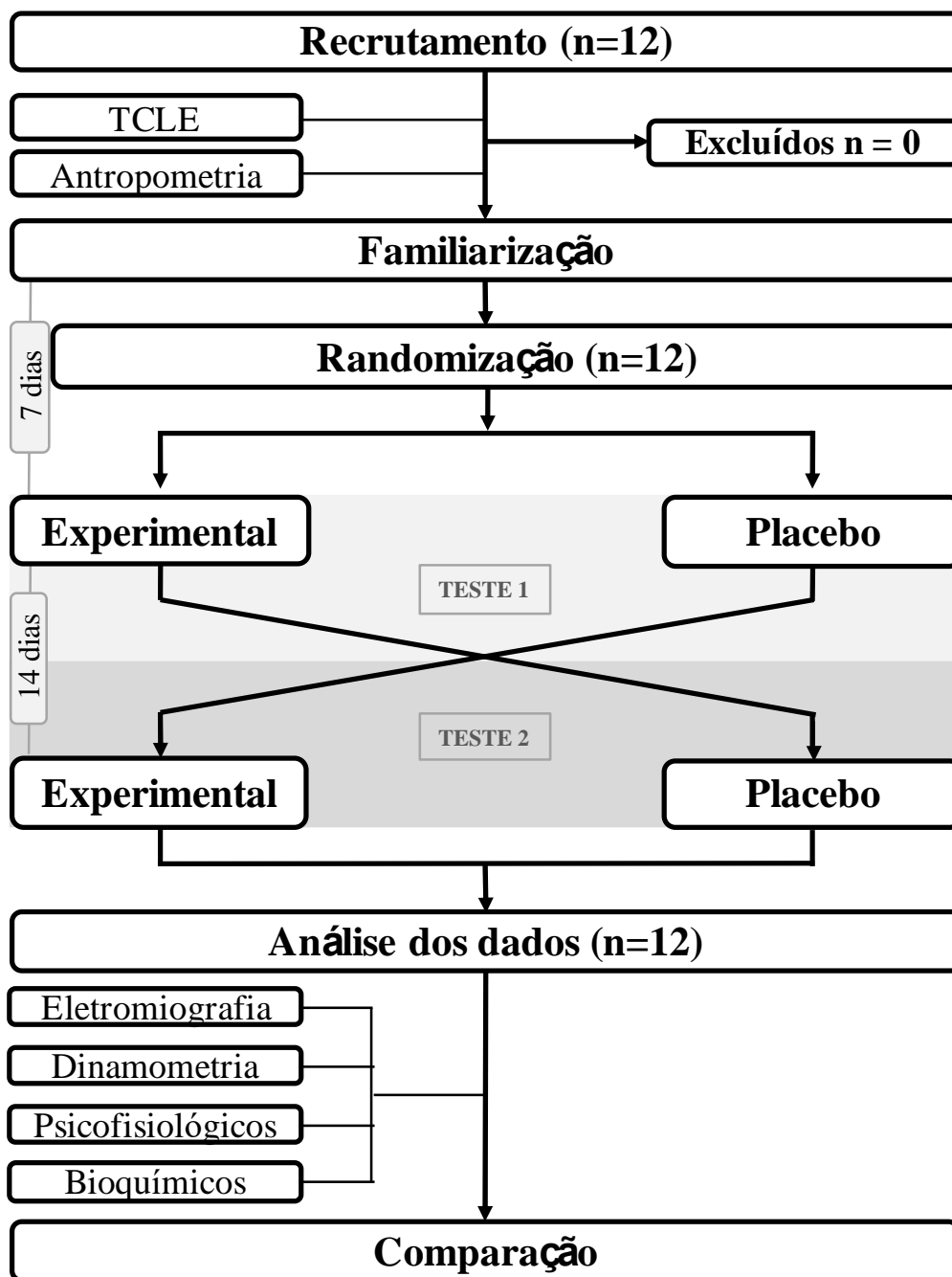
: Questionários de Percepção subjetiva de dor, esforço e recuperação

## Randomização

A aleatorização dos participantes em relação ao EXP e o PLA foi realizada pelo website *randomization.com*. Para excluir possíveis efeitos residuais, denominados de “*carry-over*”, de uma intervenção anterior sobre a outra subsequente, foi incluído um intervalo (*wash-out*) de 14 dias entre cada coleta. A substância ingerida e datas das coletas foram controladas sempre pelo mesmo pesquisador (Anexo 4) <sup>(13)</sup>.

Fizeram parte desta pesquisa 3 (três) diferentes avaliadores (fisioterapeutas, profissionais de Educação Física e alunos de iniciação científica matriculados no curso de graduação em Educação Física) para cada parte do estudo; Avaliador 1: responsável pela triagem, alocação dos voluntários em relação aos grupos e que, não participou das coletas de dados durante os testes; Avaliador 2: responsável pela execução dos testes, coleta dos dados bioquímicos, psicofisiológicos e cego em relação aos grupos; Avaliador 3: responsável pela coleta dos dados de dinamometria e eletromiografia, cego em relação aos grupos; Avaliador 3: responsável pela análise e processamento dos dados, sendo esse também cego em relação aos grupos.

Por se tratar de um estudo clínico randomizado que busca maior transparência e qualidade na pesquisa, nesse estudo foram seguidas as recomendações CONSORT como indicado na Figura 2.



**Figura 2:** Fluxograma do estudo

### Protocolo de Suplementação

Após serem randomizados, os participantes compareceram ao laboratório para o primeiro protocolo de testes efetivo. No momento da chegada, receberam um kit embalado em pacotes de papel pardo e identificados apenas por etiquetas nas cores vermelha ou azul, contendo capsulas com bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) ou substância placebo (carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ )). Dessa maneira, se o voluntário recebeu o

NaHCO<sub>3</sub> na primeira sessão, na segunda o mesmo receberia a substância placebo e vice-versa (Figura 3).



**Figura 3:** Substâncias Placebo (CaCO<sub>3</sub>) e Bicarbonato de Sódio (NaHCO<sub>3</sub>)

Para os procedimentos experimentais, os participantes ingeriram 0.3g/kg de massa corporal de NaHCO<sub>3</sub> ou a mesma quantidade de CaCO<sub>3</sub> (placebo) <sup>(47,60,61)</sup>. As substâncias foram ingeridas por meio de cápsulas gelatinosas divididas em quatro doses iguais com intervalo de 15 minutos (primeira dose 90 minutos antes do início do protocolo experimental dinâmico no DI) e consumidas com 7ml/kg de massa corporal de água. O fracionamento do consumo das cápsulas teve como objetivo diminuir os possíveis distúrbios gastrointestinais <sup>(18)</sup>.

Foi recomendada aos participantes a manutenção de dieta equilibrada (70% de carboidrato, 15% de lipídios e 15% de proteínas) pelo menos 24 horas antes das coletas e, além disso, solicitado aos participantes a não ingestão de cafeína e alimentos picantes por um período de 12 horas antes da realização do procedimento experimental, para evitar qualquer influência da regulação metabólica <sup>(62,63)</sup>. A conformidade com os procedimentos recomendados foi verificada a partir de elaboração de recordatório de 24 horas solicitado a todos os participantes <sup>(64)</sup>.

Para evitar quaisquer alterações glicêmicas entre os participantes e condições de testes foi administrada suplementação de carboidrato a 6% (60g de maltodextrina.L<sup>-1</sup>) de forma fracionada, 60 minutos antes (500 ml), e durante o teste (500 ml) <sup>(65-67)</sup>.

### **Coleta e registro dos dados**

Todos os participantes foram orientados a utilizar shorts, camiseta e tênis adequados para a prática de atividade física nos dias de testes. Esse tipo de vestimenta, além de ser mais confortável para a prática de exercícios, facilitou a colocação dos eletrodos para a captação e registro dos sinais eletromiográficos.

Após a realização de tricotomia, limpeza e abrasão da pele com algodão e álcool 70%, os eletrodos de superfície autoadesivos e descartáveis, Ag/AgCl (Medi-Trace 200 Kendall Healthcare/ Tyco, Canadá) foram colocados nos locais específicos de acordo com as especificações da *Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM), considerando os seguintes músculos: Reto femoral (RF): eletrodo posicionado no ponto médio entre a espinha ilíaca anterossuperior (EIAS) e a borda superior da patela; Vasto lateral (VL): eletrodos posicionados no terço inferior da distância da EIAS e a borda lateral da patela; Vasto medial (VM), eletrodos posicionados no quinto inferior da distância entre a EIAS e o espaço articular medial do joelho <sup>(57)</sup>.

Após a colocação dos eletrodos, os voluntários foram posicionados no assento do DI com a articulação do quadril flexionada, formando um ângulo de 100° (graus) entre a coxa e o tronco. O encosto do assento foi regulado para melhor acomodar o participante e para permitir o apoio das costas, além disso, quatro cintos foram utilizados (dois que iniciam na altura dos ombros e se fixam próximo a linha de cintura do lado oposto, cruzando no centro do tronco; um cinto que prende a linha de cintura, passando de um lado ao outro; e um outro cinto menor, utilizado para fixar o membro inferior submetido ao teste, passando na região distal da coxa) para melhor fixação na cadeira e também para evitar movimentos compensatórios e indesejados.

O acessório para realização de testes de flexão e extensão de joelhos, após acoplado ao DI, foi preso à perna do participante e posicionado dois dedos acima da projeção do osso calcâneo. Além disso, o eixo do equipamento foi alinhado ao centro articular do joelho (eixo látero-lateral).

Todos os valores (distancias e ângulos) de posicionamento do participante no DI registrados durante a primeira visita para a execução do protocolo de familiarização foram utilizados para o posicionamento nos testes efetivos.

A elevação da frequência cardíaca e preparação do sistema locomotor para um melhor desempenho durante a CIVM e a tarefa, foi obtida através da solicitação de um aquecimento específico no próprio DI, através da realização de movimentos de flexão e extensão de joelhos, durante cinco minutos, sem adição de sobrecarga e com velocidade controlada.

A figura 3 apresenta o desenho experimental do teste solicitado no segundo e terceiro dia de visita ao laboratório.

### **Teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM)**

Após a realização das etapas de preparação (composto por colocação dos eletrodos, ajuste e posicionamento no DI) e aquecimento, o participante estava pronto para a realização do teste de força máxima, a primeira etapa do protocolo experimental.

Foram realizadas três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM-PRÉ) pelo membro inferior dominante (MID), durante 5 segundos, no DI, com joelho posicionado a um ângulo de 60°, considerando o ponto de 0° uma extensão total de joelho<sup>(68)</sup>. O tempo de descanso entre as coletas foi de 2 minutos e, durante a execução dos testes os sujeitos foram orientados a posicionar seus braços cruzados a frente do tronco para evitar possíveis auxílios com os membros superiores.

Foi solicitado aos voluntários a realização da maior força possível de extensão de joelho no decorrer de todo o período para o registro dos valores. Durante a execução do teste de CIVM os voluntários foram encorajados através de incentivos verbais sucessivos (força... força... força... vai... vai... vai...), realizados sempre pelo mesmo avaliador.

Após a realização do protocolo isométrico e descanso de 5 minutos em relação ao último esforço, o equipamento era reconfigurado e o participante reposicionado para a realização do teste subsequente.

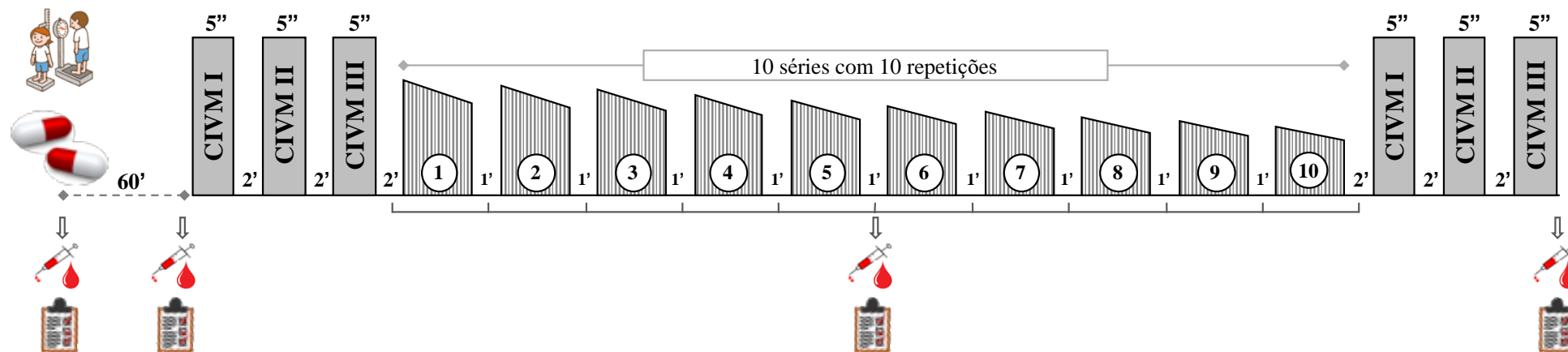
### **Teste em contração dinâmica (Isotônica)**



A Figura 6 demonstra a sequência dos procedimentos realizados durante os testes de contração dinâmica. Esse teste consistiu na execução de 10 séries compostas por dez repetições de extensão (fase concêntrica) e flexão (fase excêntrica) da articulação do joelho, a uma velocidade angular de  $120^{\circ}\text{s}^{-1}$  (radianos por segundo), com intervalo de 1 minuto entre as séries<sup>(69)</sup>.



O movimento articular do joelho em cada uma das repetições da tarefa foi caracterizado por uma amplitude de movimento total de 90°, com limite máximo de 15° de extensão, configurando a amplitude máxima de segurança para exercício em cadeia cinética aberta <sup>(70)</sup>. Essa amplitude foi previamente estabelecida pelos pesquisadores e programada no protocolo de teste por meio do *software Biodex*.

Durante os intervalos de recuperação entre as séries, foram coletadas amostras de sangue e realizada a aplicação de escalas de percepção subjetiva de dor, esforço e recuperação. O procedimento de retirada de sangue foi realizado por uma enfermeira capacitada e registrada no Conselho Regional de Enfermagem (Coren-SP), e as escalas foram aplicadas sempre pelo mesmo avaliador.

Após a realização do teste dinâmico, os voluntários foram submetidos novamente a um teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM-POS) para posterior comparação.



**Figura 4:** Protocolo experimental. CIVM: contração isométrica voluntária máxima. : Ingestão de cápsulas com NaHCO<sub>3</sub> ou placebo. :

Avaliação antropométrica. : Questionários de percepção subjetiva (dor, esforço e recuperação). : Coleta de amostras de sangue.

### 3.8 Processamento dos dados

#### EMG

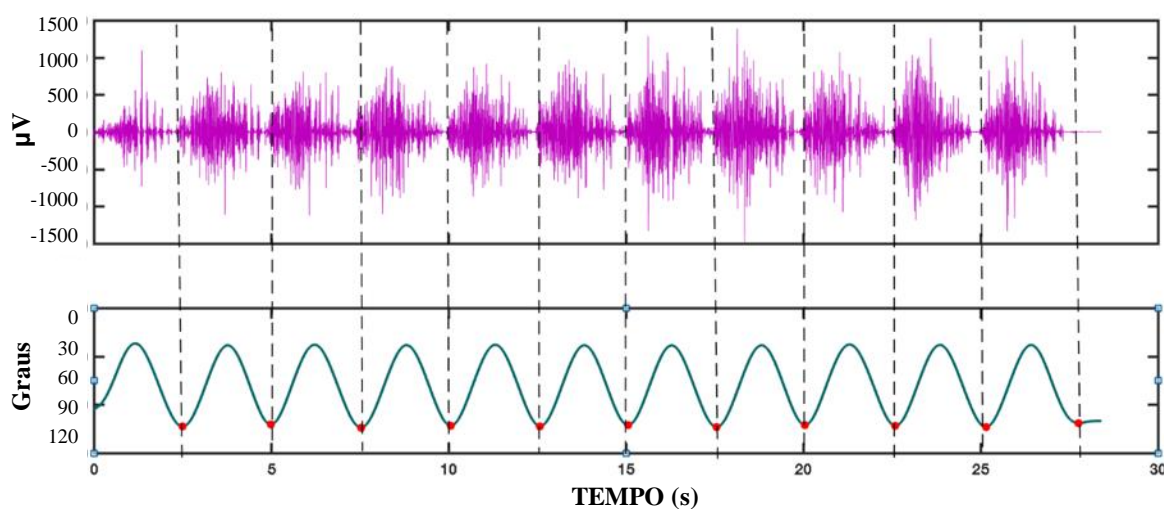
Todos os sinais EMG foram processados e analisados por meio de rotinas previamente desenvolvidas no software MATLAB<sup>®</sup> versão R2010a (The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, EUA).

A atividade EMG obtida durante a realização das CIVMs pré e pós a sessão de testes dinâmicos foram analisados por meio da amplitude do sinal, calculado a partir da raiz quadrada da média (RMS); frequência mediana (FMD) e índice espectral de fadiga ( $FI_{nsm5}$ ) para o tempo de 5 segundos de registro do sinal EMG.

Os ciclos de movimento articular registrado pelo DI durante o teste dinâmico foram utilizados para separar os momentos de início e fim da contração muscular (*burst*) de interesse para análise e comparação. Os parâmetros de análise do sinal (RMS, FMD e  $FI_{nsm5}$ ) foram calculados para cada um dos 10 ciclos de contração concêntrica/excêntrica (Figura 7).

A análise no domínio da frequência do sinal EMG, foi realizada por meio FMD, obtida pela aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) e pelo  $FI_{nsm5}$ <sup>(71)</sup>. O RMS e a FMD foram utilizados por se tratarem de índices tradicionais para análise da fadiga.

O  $FI_{nsm5}$  representa a razão entre diferentes ordens de momentos (-1 e 5) do espectro da potência do sinal EMG e enfatiza o aumento e a diminuição da frequências baixas e altas do espectro analisado<sup>(72)</sup>.



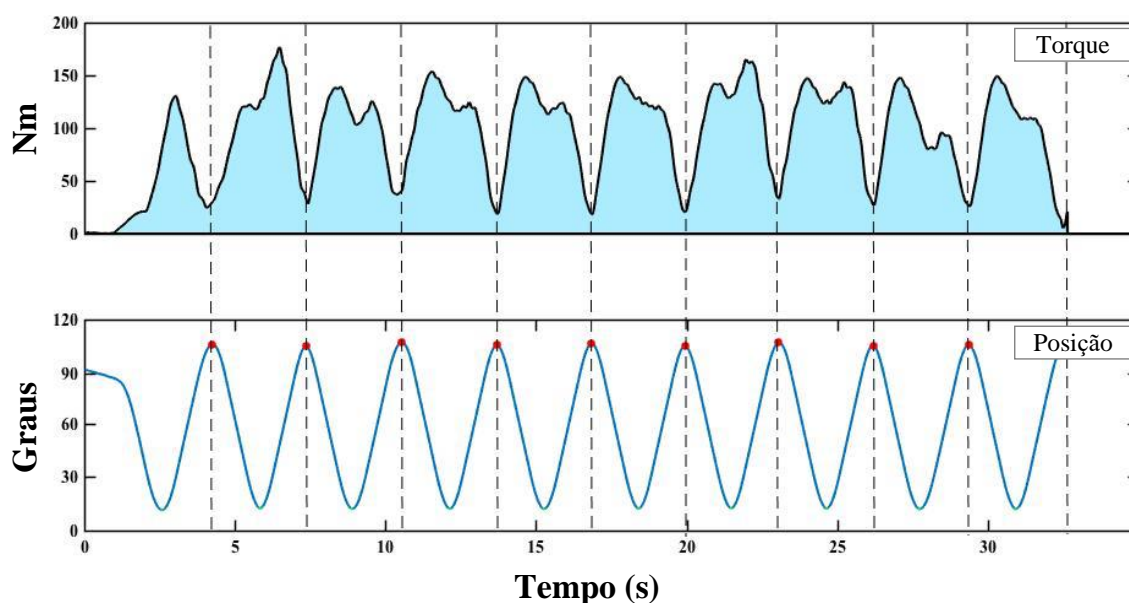
**Figura 5:** Análise dos dados EMG



## Força

Os dados dinamométricos foram processados e analisados por meio de rotinas previamente desenvolvidas no software MATLAB<sup>®</sup> versão R2010a (The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, EUA).

Os valores de pico de torque (PT) obtidos foram separados ciclo a ciclo a partir do movimento articular registrado pelo DI durante a realização do teste dinâmico. Os valores médios dos PTs foram considerados para a comparação entre os indivíduos e grupos (Figura X).



**Figura 6:** Análise dos dados dinamométricos

### 3.9 Análise estatística

A normalidade da distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. A análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas de dois fatores (grupo vs momento pré e pós) foi utilizada para comparar as médias de variáveis bioquímicas entre as condições e, para verificar a influência do uso do NaHCO<sub>3</sub> na fadiga muscular, com ajuste de Bonferroni e teste *post hoc* de Tukey. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Todos os dados foram analisados usando o software SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, EUA).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Estudo 1 – Revisão Sistemática

O estudo 1 foi submetido à revista Science & Sports e encontra-se em processo de revisão (Figura 8).

SCIENCE & SPORTS

Contact us Help ?

home | main menu | submit paper | guide for authors | register | change details | log out

Username: marcelomka@hotmail.com  
Switch To: Author Go to: My EES Hub

Version: EES 2018.9

Submissions Being Processed for Author Marcelo Martins Kalytzcak

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
<a href="#">Action Links</a>		Can electromyography be used as a tool to analyze the effect of sodium bicarbonate supplementation on muscle contraction? A systematic review	Jun 02, 2018	Jun 02, 2018	Submitted to Journal

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

<< Author Main Menu

**Figura 7:** Submissão do artigo de revisão – Estudo 1

## **A eletromiografia pode ser usada como uma ferramenta para analisar o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio na contração muscular? Uma revisão sistemática**

### **Resumo**

Os sinais de eletromiografia (EMG) tem se tornado cada vez mais importantes em diferentes aplicações, incluindo os estudos do sistema neuromuscular durante a realização de tarefas dinâmicas e estáticas, entretanto, seu uso na detecção de alterações musculares após a ingestão de substâncias ergogênicas, como o bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) permanece incerto. O objetivo dessa revisão foi investigar os protocolos de teste e os procedimentos de análise do sinal EMG utilizados para avaliar os efeitos do uso do  $\text{NaHCO}_3$  na atividade muscular e a validade de seus resultados. Os estudos potencialmente elegíveis foram identificados através de pesquisas realizadas nas bases de dados *PubMed*, *Science Direct*, *Medline* e *Scholar Google*. Seis estudos foram incluídos e submetidos a uma avaliação de qualidade de acordo com as orientações do *Consolidated Standards of Reporting Trials* (CONSORT) e da *International Society of Electrophysiology and Kinesiology* (ISEK), todos classificados como “good quality”. Apenas dois estudos mostraram diferenças significativas na atividade muscular após a suplementação com  $\text{NaHCO}_3$ . Os resultados encontrados não permitem afirmar se a EMG pode ou não ser uma ferramenta segura para avaliar os efeitos da suplementação de  $\text{NaHCO}_3$ .

**Palavras-chave:** Bicarbonato de sódio,  $\text{NaHCO}_3$ , Alcalose, Eletromiografia, Fadiga Muscular.

## 1. Introdução

A ingestão de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) tem sido recomendada para o aumento do desempenho atlético em exercícios intermitentes e de alta intensidade <sup>(1)</sup>. A manutenção do equilíbrio ácido-base e a atenuação dos sintomas da fadiga muscular proporcionados pela ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  podem resultar em, aproximadamente 2 a 3% de melhoria das medidas de potência, velocidade e tempo de execução da atividade <sup>(1,2)</sup>, no entanto, os mecanismos fisiológicos desses ganhos ainda não foram esclarecidos.

Alguns estudos têm investigado o efeito da suplementação com  $\text{NaHCO}_3$  no desempenho de desportistas de alto rendimento na tentativa de se esclarecer os mecanismos do efeito dessa intervenção. Dessa maneira, diferentes parâmetros musculares (força, potência e atividade muscular) e metabólicos (pH, bicarbonato, lactato) já foram utilizados para verificar os efeitos do  $\text{NaHCO}_3$  durante a indução de fadiga muscular <sup>(3-6)</sup>.

Em relação aos possíveis efeitos da ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  sobre sua ação fisiológica no músculo, vários estudos têm utilizado a eletromiografia (EMG) para investigar se essa intervenção também reflete na atividade muscular durante a realização de tarefas estáticas e/ou dinâmicas. No entanto, divergências nos resultados entre os estudos <sup>(3,6,7)</sup> não permitem afirmar se a EMG é uma forma segura de avaliar os efeitos do  $\text{NaHCO}_3$  em relação à função muscular.

Além das diferenças metodológicas entre os estudos (e.g. diferentes tipos de contração, número de repetições e tempo de contração), o uso de diferentes parâmetros e formas de processamento do sinal EMG <sup>(5,8,9)</sup> também podem ser considerados como uma possível justificativa para as diferentes respostas observadas na atividade muscular após a suplementação com  $\text{NaHCO}_3$ . Para análise do sinal EMG após o uso do  $\text{NaHCO}_3$ , têm sido considerados os parâmetros extraídos no domínio do tempo e da frequência <sup>(3-6)</sup>. Em geral, diferentes técnicas para detecção, decomposição, processamento e classificação do sinal EMG apresentam vantagens e desvantagens em relação a extração de informações neuromuscular durante a execução de uma tarefa <sup>(10)</sup>. Dessa maneira, definir o parâmetro EMG a ser utilizado para analisar a resposta fisiológica de um músculo durante uma determinada tarefa, é um fator importante a ser considerado na análise do sinal EMG. No caso específico da suplementação com  $\text{NaHCO}_3$ , não foi encontrado nenhuma recomendação em relação aos procedimentos metodológicos a serem adotados para o uso da EMG como ferramenta de avaliação dos efeitos dessa intervenção na atividade muscular.

O objetivo dessa revisão foi investigar os métodos de análise do sinal EMG utilizados para avaliar os efeitos do uso do  $\text{NaHCO}_3$  na atividade muscular e a validade de seus resultados.

## 2. Métodos

### 2.1. Desenho do estudo

Esta é uma revisão sistemática de estudos transversais, realizada para investigar os métodos de análise do sinal EMG utilizados para avaliar os efeitos do uso do  $\text{NaHCO}_3$  na atividade muscular assim como a validade de seus resultados. Este estudo foi desenvolvido de acordo com o *Preferred Reporting Items of Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) <sup>(11)</sup> e o protocolo foi registrado na base de dados PROSPERO (CRD42018093957).

### 2.2. Estratégia de busca

Os estudos potencialmente elegíveis para a elaboração da revisão sistemática foram identificados por meio de buscas conduzidas nas bases de dados *PubMed*, *Science Direct*, *Scopus*, *Medline* e *Scholar Google*, considerando as publicações entre 1980 e 2017.

Os termos bicarbonato de sódio e eletromiografia foram verificados por meio do MeSH (Medical Subject Headings of the National Library of Medicine), e seus respectivos *Entry Terms* foram adicionados aos campos de busca para tornar a pesquisa mais sensível e eficaz. Dessa forma, os termos utilizados na busca foram: *sodium bicarbonate*,  $\text{NaHCO}_3$ , *alkalosis*, *alkaloses*, *electromyography*, *surface electromyography*, *electromyographies*, *electromyogram* e EMG. Resumos de conferências, artigos de revisão e publicações em livros foram excluídos no momento da busca, por meio das ferramentas de refinamento específico de cada base de dados.

A tabela 1 demonstra os resultados das etapas de busca com abordagem sistemática. Os resultados das bases de dados (n = 67) foram exportados para o *citation manager* (Mendeley Ltda®) e analisados posteriormente.

### 2.3. Critérios de inclusão e exclusão

Um processo ordenado foi utilizado para seleção dos estudos que seriam posteriormente analisados. Todas as duplicatas foram identificadas e excluídas e, as etapas seguintes consistiram na exclusão de estudos irrelevantes a partir da verificação dos títulos; leitura dos resumos; e leitura do artigo completo. Durante o processo de leitura foram identificados estudos adicionais citados pelas fontes selecionadas.

Experimentos realizados em animais e estudos com pacientes com qualquer tipo de doença, desordem ou síndrome foram excluídos da revisão (Figura 1). Um estudo clássico <sup>(12)</sup> também foi excluído por não ter sido possível acessar o trabalho na íntegra.

**Tabela 1:** Etapas da pesquisa nas bases de dados eletrônicas

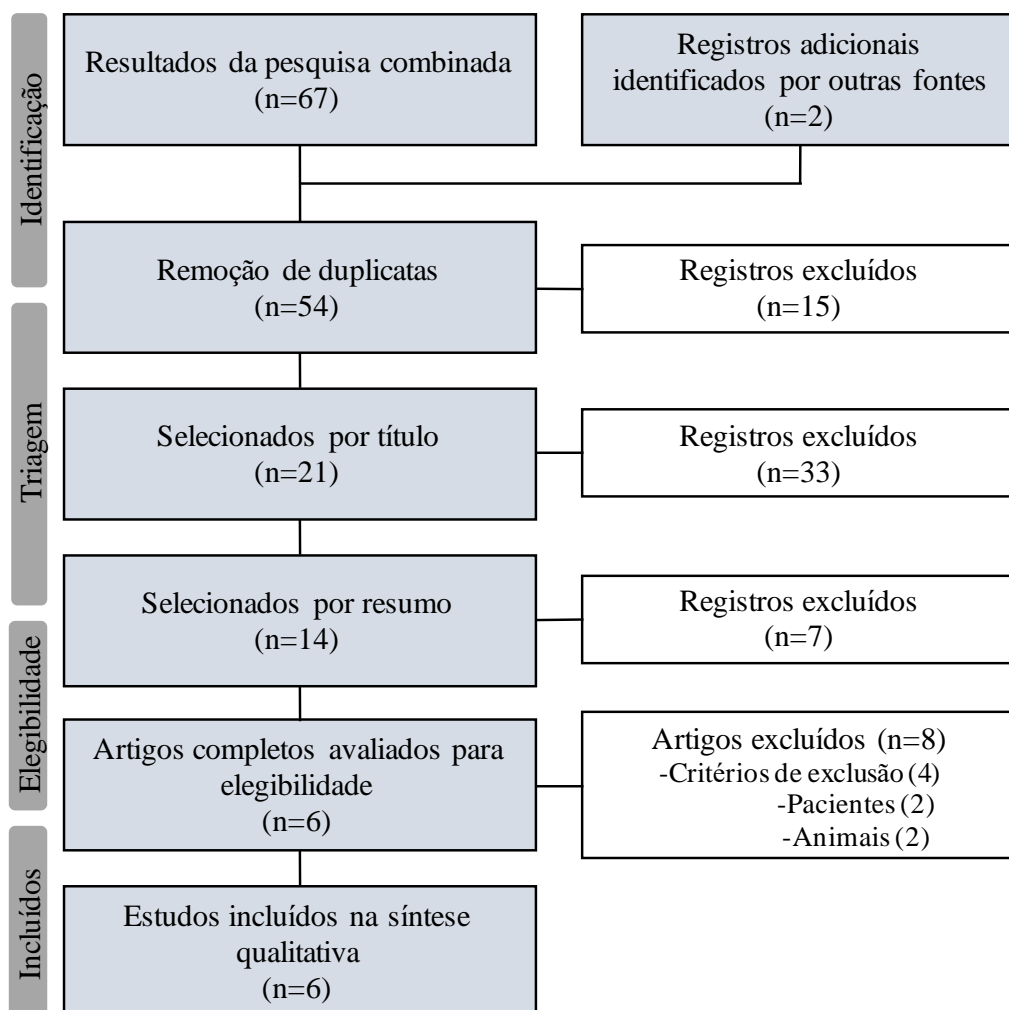
	<b>Termos</b>	<b>PubMed / Medline</b>	<b>Scopus</b>	<b>Science Direct</b>
1.	"sodium bicarbonate" OR "NaHCO <sub>3</sub> " OR "alkalosis" OR "alkaloses"	8.666	20.370	3.420
2.	"electromyography" OR "surface electromyography" OR "electromyographies" OR "electromyogram" OR "EMG"	72.295 <u>22</u>	85.159 <u>41</u>	11.466 <u>4</u>

Resultados das buscas simples (n) e combinadas (n) em bancos de dados eletrônicos.

### 2.4. Avaliação da qualidade

Os estudos selecionados foram submetidos a uma avaliação de qualidade <sup>(13)</sup>, por revisores independentes (M.M.K. e B.M.) que, classificaram cada um dos artigos através de um *checklist* pontuado, contendo itens gerais de acordo com as orientações do CONSORT <sup>(14)</sup> e do ISEK <sup>(15)</sup>. Nos casos em que ocorreram discordância entre os avaliadores, um terceiro revisor (F.P.) foi acionado para concluir a avaliação.

O protocolo de avaliação foi composto por 21 itens que podiam ser pontuados entre 0 e 1 (14 itens) ou entre 0 e 2 (6 itens), com score máximo de 26 pontos. O item nº 10 do protocolo referia-se à frequência de amostragem EMG e, a ausência dessa informação foi considerada como critério de exclusão de estudo (dados suplementares). Os estudos foram classificados em “*very low*”, “*low*”, “*good*”, and “*very good quality*” quando as pontuações alcançadas foram <40%, 40-59%, 60-79% e 80-100% da máxima possível, respectivamente <sup>(13)</sup>. Seis artigos foram avaliados quanto às metodologias (CONSORT) e eletromiografia (ISEK).



**Figura 1.** Fluxograma de pesquisa

**Tabela 2.** Descrição e classificação de qualidade dos estudos

Estudo	Grupos/Protocolo de suplementação	Protocolo de teste	Músculos/EMG variáveis	Desfechos / Resultados	Conclusões	Qualidade
Matsuura et al. (2007)	<b>ALK:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (NaHCO <sub>3</sub> ) <b>PLA:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (CaCO <sub>3</sub> )	<b>Sprints Repetidos de Ciclismo</b> _ 10 x 10" sprint ciclismo com 8 (30") e 2 (360") recuperação. _ Carga resistiva [N] 0.075. MC.9.81. _ em uma bicicleta ergométrica.	VL / RMS MPF	<b>RMS (%):</b> ALK = PLA (p > 0.05); <b>MPF (%):</b> ALK = PLA (p > 0.05); ALK e PLA diminuiram no 3º e 7º sprint (p < 0.05) <b>PPO:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>MPO:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>BpH:</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>HCO3 (mmol/l):</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>BLa (mmol/l):</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>Na+ (mmol/l):</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>VO2 (ml.min-1):</b> ALK = PLA (p > 0.05)	O NaHCO <sub>3</sub> não afetou a atividade sEMG durante os RCSs.	Good
Hunter et al. (2009)	<b>ALK:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (NaHCO <sub>3</sub> ) <b>PLA:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (CaCO <sub>3</sub> )	<b>Procedimento experimental</b> _ MVCs (3x7", 60" recuperação) # _ Teste em cicloergômetro (50min - 105% limiar lactato) _ MVCs (3x7" - 60" recuperação) # _ MVC (50" contração isométrica sustentada)  # estimulação elétrica em um dos MVCs.	VL / RMS MFCV	<b>RMS (mV):</b> ALK = PLA (p > 0.05); <b>MFCV (ms): 50" sustentada:</b> PLA < ALK (p < 0.05), com ambas condições em declínio (p < 0.01); <b>Pos-Ex MVC:</b> ALK ↑ ; PLA ↓; <b>CAR:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>Force (N): 50" sustentada:</b> ALK = PLA (p > 0.05); <b>20-50" normalizado :</b> PLA>ALK (P < 0.05) <b>RPE:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>BpH:</b> ALK > PLA (p < 0.01) <b>BE (mmol):</b> ALK > PLA (p < 0.01) <b>HCO3 (mmol):</b> ALK > PLA (p < 0.01) <b>BLa:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>FC:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>VO2:</b> ALK = PLA (p > 0.05)	A alcalose metabólica induzida resultou em uma maior velocidade de condução da fibra muscular devido ao aumento do pH extracelular após o ciclo submáximo prolongado.	Good
Yamanaka et al. (2011)	<b>ALK:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (NaHCO <sub>3</sub> ) <b>PLA:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (CaCO <sub>3</sub> )	<b>Exercício incremental</b> <i>Teste para determinar taxa máxima de trabalho (WRmax)</i> <b>Exercício intenso</b> aquecimento a 20W por 6 min. <b>IE:</b> 2 min (105-110% da WRmax, a 60 rpm.) Pós- <b>IE:</b> recuperação em 20W por 30 min.	VL / iEMG	<b>iEMG:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>ESL:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>BpH:</b> ALK > PLA (P < 0.05) <b>HCO3 (mmol.l):</b> ALK > PLA (P < 0.05) <b>BLa(mmol.l):</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>K+ (mmol.l-1):</b> ALK<PLA (P<0.05) <b>PCO2 (mmHg):</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>PO2 (mmHg):</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>VCO2 (ml.min-1):</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>VO2 (ml.min-1):</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>Ventilation - VE (l.min-1):</b> ALK = PLA (p > 0.05)	O NaHCO <sub>3</sub> não afetou a resposta ventilatória, a iEMG e o ESL durante a EI e a subsequente recuperação ativa. A resposta ventilatória após a EI foi correlacionada com a ESL.	Good



Estudo	Grupos/Protocolo de suplementação	Protocolo de teste	Músculos/EMG variáveis	Desfechos / Resultados	Conclusões	Qualidade
Siegler et al. (2013)	<b>ALK:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (NaHCO <sub>3</sub> ) <b>PLA:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (CaCO <sub>3</sub> )	<b>Protocolo de ciclismo, intermitente e de alta intensidade</b>  _ <b>MVC</b> _ <b>Aquecimento</b> _ <b>Teste Experimental:</b> Esforços Repetidos a 120% PPO com cadência mantida a 90 rpm por 30", intercalados por 30" de recuperação ativa até a falha.	VL e VM/ RMS	<b>sEMGave:</b> 0-25ms: ALK = PLA (p > 0.05); 0-50ms: ALK > PLA (p < 0.04); 0-75ms: ALK > PLA (p < 0.05); 0-100ms: -ALK = PLA (p > 0.05); 0-200ms: ALK > PLA (p < 0.05) <b>sEMGmaxrise:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>sEMGaverise:</b> 0-25ms: ALK > PLA (p < 0.04); 0-50ms: ALK > PLA (p < 0.02) <b>sEMGmax:</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>Fmax (N):</b> Antes do exercício: ALK = PLA (p > 0.05); Durante o exercício: Em ambas condições houve queda significativa na Fmax ALK = PLA (p > 0.05). <b>RFDmax (N/s):</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>RFD 0-25 ms:</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>Tempo até a falha (s):</b> ALK = PLA (p > 0.05) <b>BpH:</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>HCO3 (mmol/l):</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>BLa (mmol/l):</b> ALK > PLA (p < 0.05) <b>BE (meq/l):</b> ALK > PLA (p < 0.05)	A alcalose exerce um efeito diferencial na fadiga durante episódios repetidos de exercícios de alta intensidade. A alcalose reduziu o declínio na taxa máxima de produção de força e ativação muscular durante o período inicial de uma contração máxima, mas não teve efeito na produção de Fmax e ativação muscular máxima.	Good
Siegler et al. (2014)	<b>ALK:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (NaHCO <sub>3</sub> ) <b>ACD:</b> 0.2 g.kg <sup>-1</sup> MC (NH <sub>4</sub> Cl) <b>PLA:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (CaCO <sub>3</sub> )	<b>Protocolo de teste</b>  _ 9 contrações isométricas submáximas de flexão plantar durante 1 min. 55% da MVC (3" contração, 3" rec.) _ <b>MVC:</b> 3-4 segundos Realizado até a falha.	VL / M-wave amplitude	<b>M-max (mV)</b> <b>SOL:</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05); <b>MG:</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>SOLmax (%):</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>MGmax (%):</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>SOLRERmax (%):</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>SOLRERave:</b> 0-50ms: ALK = PLA = ACD (p > 0.05); 0-100 ms: ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>MGRERmax (%) and MGRERave (%):</b> 0-50: ALK = PLA = ACD (p > 0.05); 0-100 ms: ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>VA (%):</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>MVC (N):</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>MVC RFDmax (N/s-1):</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>MVCRFDmax 0-50 ms (N/s):</b> ALK=PLA=ACD (p> 0.05) <b>MVCRFDmax 0-100ms (N/s):</b> ALK=PLA=ACD (p>0.05) <b>Tempo até a falha (s):</b> ALK = PLA = ACD (p > 0.05) <b>HCO3 (mmol/l):</b> ALK > PLA (p<0.05); PLA > ACD (p<0.05) <b>BE (meq/l):</b> ALK > PLA (p<0.05); PLA > ACD (p<0.05)	A fadiga associada a contrações isométricas intermitentes para a falha da tarefa não é afetada por alterações no pH do sangue. Embora tanto os fatores centrais como os periféricos tenham mediado a fadiga, nenhum deles foi influenciado independentemente por mudanças no pH. A fadiga neste contexto foi específica para o SOL, como indicado por um efeito diferencial entre SOL e MG em V/M e taxas de aumento de EMG.	Good

Estudo	Grupos/Protocolo de suplementação	Protocolo de teste	Músculos/EMG variáveis	Desfechos / Resultados	Conclusões	Qualidade
Siegler and Marshall (2015) Homens (n=11)	<b>ALK:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (NaHCO <sub>3</sub> ) <b>PLA:</b> 0.3 g.kg <sup>-1</sup> MC (CaCO <sub>3</sub> )  Cápsulas gelatinosas divididas em três doses iguais (90, 60 e 30 min antes do teste)  Método randomizado e duplo cego.	<b>Aquecimento</b> _ <b>MVC</b> <b>Protocolo de teste</b> _ <b>MVC:</b> 2 min de contração; 2 min recuperação em isquemia (oclusão com manguito); 1 min MVC + oclusão com manguito.  Realizado em dinamômetro isocinético	VL e VM / M-wave amplitude	<b>VLmax (%) - MVC:</b> ALK = PLA (p> 0.05); <b>Cuff:</b> ALK = PLA (p> 0.05); <b>MVC+cuff:</b> ALK = PLA (p> 0.05) <b>VMmax (%) - MVC:</b> PLA (n.a.) e ALK (n.a.); <b>Cuff:</b> ALK = PLA (p> 0.05); <b>MVC+cuff:</b> PLA (n.a.) e ALK (n.a.) <b>VL RERmax (%) - MVC:</b> PLA (n.a.) and ALK (n.a.); <b>Cuff:</b> ALK = PLA (p> 0.05); <b>MVC+cuff:</b> PLA (n.a.) e ALK (n.a.) <b>VM RERmax (%) - MVC:</b> PLA (n.a.) e ALK (n.a.); <b>Cuff:</b> ALK = PLA (p> 0.05); <b>MVC+cuff:</b> PLA (n.a.) e ALK (n.a.) <b>VA (%): MVC:</b> ALK = PLA (p> 0.05); <b>Período de isquemia:</b> PLA (57 ±8); ALK (76 ± 5); P < 0.05. <b>MVT (Nm):</b> ALK = PLA (p> 0.05) <b>RTDmax (Nm/s):</b> ALK > PLA (p < 0.01) <b>BpH:</b> ALK > PLA (p < 0.001) <b>HCO<sub>3</sub> (mmol/l):</b> ALK > PLA (p < 0.001) <b>BE (meq/l):</b> ALK > PLA (p < 0.001)	A alcalose metabólica preserva melhor a ativação voluntária após 2min de CVM seguida de isquemia. Embora o pH não tenha afetado outras medidas de ativação muscular (EMG/M) ou índices periféricos de fadiga (por exemplo, contração potenciada de repouso ou torque máximo), a taxa de desenvolvimento de torque foi maior imediatamente após o exercício fatigante durante a alcalose.	Good

**ACD:** Acidose; **ALK:** Alcalose; **BE:** base excess; **BF:** Bíceps femoral; **Bla:** Lactato sanguíneo; **BpH:** pH sanguíneo; **CAR:** Taxa de ativação central; **Cuff:** Oclusão vascular com manguito; **ESL:** Percepção de esforço local; **FC:** Frequência cardíaca; **Fmax:** Produção de força; **GMax:** Glúteo máximo; **HCO<sub>3</sub>:** Bicarbonato; **iEMG:** Integral do sinal EMG; **IpH:** pH intramuscular; **K+:** Potássio sanguíneo; **MC:** Massa corporal; **MFCV:** Velocidade de condução da fibra muscular; **MG:** Gastrocnêmio medial; **MGmax:** Máxima sEMG de gastrocnêmio medial; **MGRErave:** Taxa de elevação do sinal sEMG do Gastrocnêmio medial; **MGRErmax:** Máxima taxa de elevação do sinal sEMG do Gastrocnêmio medial; **M-max:** M-wave; **MPF:** frequência média de potência; **MPO:** Potência média; **MVC:** Contração voluntária máxima; **MVC RFDmax:** máxima taxa de desenvolvimento de força; **MVT:** Máxima produção de torque voluntário; **Na+:** Sódio; **PCO<sub>2</sub>:** CO<sub>2</sub> pressão parcial; **PEMG:** EMG potência; **PLA:** Placebo; **PO<sub>2</sub>:** O<sub>2</sub> pressão parcial; **PPO:** Pico de potência; **RFD:** Taxa de desenvolvimento de força; **RFDmax:** Máxima Taxa de desenvolvimento de força; **RMS:** Raiz quadrada média; **RPE:** Escala de percepção de esforço; **RTDmax:** Máxima taxa de desenvolvimento de torque; **s:** segundos; **sEMGave:** Amplitude média do RMS sEMG; **sEMGaverise:** Taxa média de elevação sEMG; **sEMGmax:** Amplitude do pico RMS sEMG; **sEMGmaxrise:** Máxima taxa de aumento sEMG; **SOL:** Sóleo; **SOLmax:** Máxima sEMG sóleo; **SOLRErave:** Taxa de aumento sEMG Sóleo; **SOLRErmax:** Máxima taxa de aumento sEMG Sóleo; **VA:** Ativação voluntária; **VE:** Ventilação **VL:** Vasto Lateral; **VLmax:** Máxima amplitude sEMG de VL; **VL RERmax:** Máxima taxa de aumento sEMG VL; **VM:** Vasto medial; **VMmax:** Máxima amplitude sEMG VM; **VM RERmax:** Máxima taxa de aumento sEMG VM; **VCO<sub>2</sub>:** CO<sub>2</sub> saída; **VO<sub>2</sub>:** Captação de oxigênio.

### 3. Resultados

Os estudos incluídos nessa revisão verificaram a influência da suplementação de  $\text{NaHCO}_3$  em variáveis de desempenho como tempo de exercício, força e potência, medidas bioquímicas, respiratórias, psicofisiológicas e atividade muscular. Para a realização dos testes, foram utilizadas amostras pequenas, com  $n$  entre 6 e 11 participantes, compostas principalmente por homens adultos (média  $24,6 \pm 4,0$  anos), saudáveis, ativos <sup>(3-5,9,16)</sup> ou atletas da modalidade triatlo <sup>(6)</sup>.

Todos os estudos utilizaram protocolo de suplementação de  $0.3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de massa corporal de  $\text{NaHCO}_3$  para induzir a alcalose. A ingestão da substância foi fracionada entre 3 a 8 doses, com intervalo de  $45 \pm 15$  minutos antes do início exercício <sup>(1,17)</sup>. Quantidades iguais foram adotadas para a substância placebo ( $\text{CaCO}_3$ ) nos seis estudos incluídos na revisão <sup>(3-6,9,16)</sup>. Em um dos estudos <sup>(16)</sup>, foi administrado  $\text{NH}_4\text{Cl}$  para induzir acidose, e a dose ingerida foi de  $0.2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Como protocolo para indução da fadiga muscular foram utilizados testes em cicloergômetros <sup>(3-6)</sup>, dinamômetro isocinético <sup>(9)</sup> e um ergômetro customizado <sup>(16)</sup>, para indução a fadiga e para aquisição de valores de desempenho.

A atividade do músculo vasto lateral (VL) foi verificada em 6 estudos <sup>(3-6,16)</sup> enquanto que o vasto medial (VM) foi analisado em dois estudos <sup>(4,9)</sup> sendo que Siegler et al. (2013) utilizou a média do valor obtido entre os músculos VL e VM como forma de representar a atividade do músculo quadríceps.

Para a análise da amplitude do sinal EMG foram encontrados estudos que utilizaram RMS <sup>(4-6)</sup>, integrated EMG (iEMG) <sup>(3)</sup> e M-wave <sup>(9,16)</sup> enquanto que para a análise no domínio da frequência foi utilizada a mean power frequency (MPF) <sup>(5)</sup>. Um estudo analisou a velocidade de condução da fibra muscular (MFCV) <sup>(6)</sup>.

Apenas dois estudos apresentaram diferenças significativas na atividade muscular após suplementação com  $\text{NaHCO}_3$  <sup>(4,6)</sup>. O grupo ALK demonstrou maior valor de MFCV do que PLA, entretanto nenhuma diferença foi encontrada quando analisado o sinal RMS <sup>(6)</sup>. Em outro estudo <sup>(4)</sup>, foram demonstradas diferenças de atividade muscular entre os grupos analisados (ALK e PLA) para a média do sinal EMG (EMGave), taxa de elevação máxima do sinal EMG (EMGmaxrise), e para a taxa média de elevação do sinal EMG (EMGaverise).

Os demais estudos selecionados na revisão não apresentaram nenhuma diferença significativa na atividade muscular entre os grupos analisados. Todos os estudos

selecionados nessa revisão, demonstraram aumento significativo nas concentrações séricas de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), e pH após a ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  <sup>(3-6,9,16)</sup>.

#### 4. Discussão

Nessa revisão sistemática foram identificadas as publicações mais relevantes que utilizaram o sinal EMG como ferramenta para avaliar os efeitos do uso do  $\text{NaHCO}_3$  na atividade muscular. A metodologia, os resultados e a qualidade formal dos estudos foram analisadas para um melhor entendimento sobre em que condições metodológicas a EMG pode ser uma ferramenta confiável e válida para avaliar o efeito da suplementação com  $\text{NaHCO}_3$  na atividade muscular.

A avaliação na qualidade dos estudos teve como foco principal os métodos de medição utilizada e o processamento de dados uma vez que, esses procedimentos podem influenciar diretamente nos resultados <sup>(10,18)</sup>. Dessa maneira, os estudos que não apresentaram informações sobre frequência de amostragem foram excluídos dessa revisão <sup>(7,8,19)</sup>. A avaliação metodológica rigorosa permitiu que fossem selecionados seis estudos <sup>(3-6,9,16)</sup>, sendo todos avaliados como “boa qualidade”.

O objetivo dos estudos de EMG incluídos nesta revisão foram semelhantes no que diz respeito ao uso do  $\text{NaHCO}_3$  para melhora do desempenho muscular, mas não no desenho do estudo. Todos os protocolos de testes para avaliar o efeito dessa suplementação na atividade muscular foram diferentes (Tabela 2). As características dos participantes dos estudos foram heterogêneas, descritas como indivíduos ativos ou praticantes de diferentes modalidades esportivas em diferentes níveis de desempenho. O tamanho da amostra não foi calculado para nenhum estudo. O número de participantes foi diferente entre os estudos (6 a 11), compostos principalmente por homens adultos, jovens ativos ou atletas, o que significa que os resultados desta revisão devem ser interpretados especificamente para homens dessa faixa etária.

Vários métodos de medição e processamento de dados do sinal EMG foram usadas nas publicações e essa condição, dificulta a avaliação e a comparação dos resultados apresentados entre os estudos. Para a análise do sinal EMG no domínio do tempo, a amplitude do sinal EMG foi analisada por diferentes parâmetros sendo esses o RMS, iEMG, *EMG average* e *M-wave* <sup>(3-6,9,16)</sup>. Na análise no domínio da frequência o MPF foi o único parâmetro utilizado <sup>(5)</sup>. A MFCV também foi verificada em um estudo <sup>(6)</sup>. Em relação ao processamento do sinal EMG as principais diferenças encontradas entre os estudos foram a variação entre 25 ms e 200ms no tempo de janelamento do sinal <sup>(4)</sup>, e os

critérios para cálculo do RMS (média da janela móvel ou apenas valor) <sup>(4-6)</sup> e da *M-wave* amplitude (valor máximo e taxa máxima de aumento de sEMG) <sup>(9,16)</sup>.

Todos os estudos <sup>(3-6,9,16)</sup> apresentaram diferença significativa na concentração de  $\text{HCO}_3^-$  e no pH sanguíneo decorrente da suplementação com  $\text{NaHCO}_3$  nos indivíduos que constituíram o grupo experimental, assim como a atenuação no declínio da taxa de desenvolvimento de força (RFDmax) <sup>(4)</sup> e maior taxa de desenvolvimento de torque (RTDmax) <sup>(9)</sup>. No entanto, essas alterações não refletiram em melhora de medidas de desempenho como força máxima, potência e tempo de execução do exercício <sup>(4-6,9,16)</sup>.

Em relação à atividade muscular, apenas dois estudos demonstram alteração nos parâmetros EMG, no qual sugerem ser consequentes da suplementação com  $\text{NaHCO}_3$  <sup>(4,6)</sup>. No entanto, esses resultados devem ser interpretados com cuidado, devido às diferentes formas de processamento do sinal EMG descritas. No estudo de Hunter et al. 2009, foi encontrada diferença significativa para a MFCV enquanto que, para o RMS nenhuma mudança foi encontrada após o uso do  $\text{NaHCO}_3$ . Siegler et al (2013), analisaram os intervalos de tempo 0–25, 0–50, 0–100, e 0–200 ms desde o início dos respectivos sinais sEMG e, encontram diferentes respostas para cada variável eletromiográfica estudada (sEMGave, sEMGmaxrise, sEMGaverise) para cada intervalo de tempo (Tabela 2). Dessa maneira, é necessário considerar que esses resultados não são suficientes para descrever se a análise da amplitude do sinal é mais consistente do que técnicas baseadas na medição da MFCV.

Sabe-se que os incrementos da carga de trabalho e o tempo dos protocolos podem afetar os resultados das detecções do sinal EMG <sup>(20)</sup>. Portanto, os diferentes tipos de testes e cargas de trabalho entre os estudos (Tabela 2), praticamente não permitem descrever se os resultados observados com EMG foram influenciados pelos métodos de análise do sinal EMG ou pelo próprio protocolo de teste. Além disso, os testes foram realizados apenas nos membros inferiores e somente com os músculos VL e VM foram avaliados com a EMG sendo que, em um estudo, foi considerada a média da atividade EMG entre esses dois músculos <sup>(4)</sup>, enquanto que para outros quatro estudos somente a atividade EMG do músculo VL foi avaliada <sup>(3,5,6,16)</sup>. Dessa maneira, no caso específico do quadríceps, é importante destacar que sua função pode ser dividida entre suas quatro porções. Além disso, em estudo anterior já foi demonstrado que o VL é o músculo que apresenta maior dificuldade na detecção dos limiares de fadiga <sup>(21)</sup> e essa condição foi justificada pelas diferenças na distribuição de fibras de VL entre indivíduos <sup>(22)</sup>. Portanto, é importante considerar que o modelo muscular (padrão) não está estabelecido e que, mais

músculos do membro inferior poderiam ser explorados em estudos futuros bem como, os músculos dos membros superiores.

Contudo, embora os artigos tenham sido classificados com “boa qualidade” metodológica, a heterogeneidade nos métodos de análise do sinal EMG e dos protocolos de teste, somados à falta de cálculo amostral e o fato de ter sido encontrada diferença nos resultados de apenas dois estudos <sup>(4,6)</sup>, não permite afirmar se a EMG pode ou não ser uma ferramenta segura para avaliar os efeitos do NaHCO<sub>3</sub>. Além disso, é preciso considerar a possibilidade de que o ganho no desempenho muscular sugerido com o uso dessa suplementação, não seja suficiente para também provocar mudanças no sinal EMG, assim como já observado em algumas medidas de desempenho, tais como força máxima e tempo de execução da atividade <sup>(4-6,9,16)</sup>.

Dessa maneira, como essa revisão revelou grande variação na medição e processamento de dados EMG e nos protocolos de teste (tabela 2), pesquisas adicionais são necessárias e recomendadas, em relação ao desenvolvimento de diferentes métodos de análise do sinal e de protocolos de teste que permitam avaliar os efeitos dessa suplementação na atividade muscular com maior segurança. Além disso, é recomendado que estudos futuros incluam o cálculo amostral e a investigação novos grupos musculares, inclusive de membros superiores nos testes e que sigam todas as recomendações da ISEK <sup>(15)</sup> referentes à coleta e processamento dos sinais EMG.

## 5. Conclusões

Dentro dos estudos revisados, foi possível encontrar seis artigos classificados com boa qualidade metodológica, porém, somente dois estudos apresentaram mudanças na atividade EMG após a ingestão de NaHCO<sub>3</sub>. A variabilidade nos métodos de medição e processamento de dados do sinal EMG, assim como nos protocolos de testes, não permitiu identificar uma metodologia de análise do sinal EMG que possa ser recomendada como padrão para identificar mudanças na atividade muscular após a suplementação com NaHCO<sub>3</sub>. Para que a EMG possa ser recomendada como uma ferramenta adicional não invasiva segura para detectar possíveis mudanças na atividade muscular pós o uso do NaHCO<sub>3</sub> é necessário que novos estudos sejam realizados considerando previamente o cálculo do tamanho da amostra, a análise de novos grupos musculares localizados nos membros inferiores e superiores, além dos músculos vasto lateral e vasto medial já descritos nessa revisão.

## 6. Referências Bibliográficas

1. Carr AJ, Hopkins WG, Gore CJ. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: A meta-analysis. *Sport Med.* 2011;41(10):801–14.
2. Peart DJ, Siegler JC, Vince R V. Practical recommendations for coaches and athletes: A meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1975–83.
3. Yamanaka R, Yunoki T, Arimitsu T, Lian C-S, Yano T. Effects of sodium bicarbonate ingestion on EMG, effort sense and ventilatory response during intense exercise and subsequent active recovery. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(5):851–8.
4. Siegler JC, Marshall PWM, Raftery S, Brooks C, Dowswell B, Romero R, et al. The differential effect of metabolic alkalosis on maximum force and rate of force development during repeated, high-intensity cycling. *J Appl Physiol.* 2013;115(11):1634–40.
5. Matsuura R, Arimitsu T, Kimura T, Yunoki T, Yano T. Effect of oral administration of sodium bicarbonate on surface EMG activity during repeated cycling sprints. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101(4):409–17.
6. Hunter AM, de Vito G, Bolger C, Mullany H, Galloway SDR. The effect of induced alkalosis and submaximal cycling on neuromuscular response during sustained isometric contraction. *J Sports Sci.* 2009;27(12):1261–9.
7. Bouissou P, Estrade PY, Goubel F, Guezennec CY, Serrurier B. Surface EMG power spectrum and intramuscular pH in human vastus lateralis muscle during dynamic exercise. *J Appl Physiol.* 1989;67(3):1245–9.
8. Housh TJ, deVries HA, Johnson GO, Evans SA, McDowell S. The effect of ammonium chloride and sodium bicarbonate ingestion on the physical working capacity at the fatigue threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991;62(3):189–92.
9. Siegler JC, Marshall P. The effect of metabolic alkalosis on central and peripheral mechanisms associated with exercise-induced muscle fatigue in humans. *Exp Physiol.* 2015;100(5):519–30.
10. Reaz MBI, Hussain MS, Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: Detection, processing, classification and applications. *Biol Proced Online.* 2006;8(1):11–35.
11. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Altman D, Antes G, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. Vol. 6, *PLoS Medicine.* 2009.
12. Kostka CE, Cafarelli E. Effect of pH on sensation and vastus lateralis electromyogram during cycling exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1982;52(5):1181–5.
13. Ertl P, Kruse A, Tilp M. Detecting fatigue thresholds from electromyographic signals: A systematic review on approaches and methodologies. *J Electromyogr Kinesiol.* 2016;30:216–30.

14. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *PLoS Med.* 2010;7(3):1–7.
15. Merletti R. Standards for Reporting EMG Data. In: Standards for Reporting EMG Data. Politecnico di Torino, Italy: International Society of Electrophysiology and Kinesiology; 1999.
16. Siegler JC, Marshall P, Pouslen MK, Nielsen NPB, Kennedy D, Green S. The effect of pH on fatigue during submaximal isometric contractions of the human calf muscle. *Eur J Appl Physiol.* 2014;115(3):565–77.
17. Siegler JC, Marshall PWM, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic Performance. *Sport Med - Open.* 2016;2(1):41.
18. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13(2):135–63.
19. Browne S, Renfree A. Exercise performance and neuromuscular activity at a fixed level of RPE following manipulation of peripheral physiological status. *J Hum Sport Exerc.* 2013;8(3 SUPPL):820–8.
20. Stastny P, Gołaś A, Błazek D, Maszczyk A, Wilk M, Pietraszewski P, et al. A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLoS One.* 2017;12(2):1–16.
21. Helal JN, Guezennec CY, Goubel F. The aerobic-anaerobic transition: re-examination of the threshold concept including an electromyographic approach. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987;56(6):643–9.
22. Hug F, Laplaud D, Savin B, Grélot L. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 90 (5-6) :643–6.



## 4.2 Estudo 2 – Ensaio Clínico Randomizado

**A ingestão de bicarbonato de sódio promove alterações no desempenho, atividade muscular e força de indivíduos treinados durante a realização de tarefa intermitente e intensa em dinamômetro isocinético? Ensaio clínico randomizado, cruzado e duplo cego**

### Resumo

O objetivo desse estudo foi verificar se a ingestão de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) promove alterações no desempenho, atividade muscular e força de indivíduos treinados durante a realização de tarefa intermitente e intensa em dinamômetro isocinético (DI). Doze homens adultos treinados participaram desse ensaio clínico randomizado cruzado e duplo cego. Cada participante recebeu dois tipos de intervenção com 14 dias de intervalo entre as condições, sendo essas: alcalose (ALK) no qual foram administradas cápsulas gelatinosas contendo  $0,3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de  $\text{NaHCO}_3$  e placebo (PLA) no qual recebeu cápsulas com  $0,3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de Carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Como desfechos foram considerados: atividade eletromiográfica (EMG) do músculo quadríceps, pico de torque, pH, lactato e questionários de percepção de esforço, recuperação e dor, que foram coletados durante a realização de protocolo dinâmico intermitente e de alta intensidade no DI. ANOVA de medidas repetidas não demonstrou diferença significativa entre as condições para nenhum dos desfechos analisados. Nesse estudo foi verificado que a ingestão de bicarbonato de sódio não promove alteração na atividade muscular, força do músculo quadríceps, percepção de esforço, recuperação e dor em indivíduos treinados durante a realização de um exercício intermitente de alta intensidade em dinamômetro isocinético.

**Palavras-chave:** Eletromiografia; dinamômetro isocinético; bicarbonato de sódio, desempenho; fadiga muscular

## 1. Introdução

A ingestão de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) tem sido recomendada como agente ergogênico para a melhora do desempenho atlético em modalidades esportivas e exercícios compostos por tarefas de curta duração e alta intensidade <sup>(18)</sup>. Entretanto, o potencial efeito auxiliar da substância tem sido alvo de investigações por décadas, a partir de pesquisas com diferentes protocolos de estudo e modalidades esportivas como: natação <sup>(73-76)</sup>, corrida <sup>(77-79)</sup>, remo <sup>(80-82)</sup>, judô <sup>(47,83)</sup>, *CrossFit* <sup>(84)</sup> e *wrestling* <sup>(84)</sup>.

Embora já tenham sido descritos efeitos positivos do uso do  $\text{NaHCO}_3$  por meio de parâmetros sanguíneos e desempenho, assim como ganhos específicos dos diferentes tipos de treinamentos e modalidades esportivas <sup>(47,74,75,77)</sup>, as condições experimentais, fatores técnicos, táticos e/ou psicológicos não permitem um entendimento claro sobre as respostas fisiológicas em relação ao uso desse suplemento.

Em geral, os protocolos de testes mais utilizados apresentam característica intermitente e de alta intensidade, como em modalidades esportivas <sup>(47,75)</sup> e em exercícios contra resistência (ECR) utilizados em treinamentos de força <sup>(48,85-88)</sup>. No entanto, as diferentes condições experimentais podem estar relacionadas com os resultados conflitantes entre esses estudos uma vez que, nenhum protocolo de teste verificou a influência da ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  em um instrumento de medição controlado e de alta confiabilidade como dinamômetro isocinético (DI) <sup>(56,89)</sup>.

O uso desse equipamento tem se demonstrado importante nas análises de medidas de desempenho após ingestão de  $\text{NaHCO}_3$ , durante contrações isométricas <sup>(33)</sup>, e em protocolos de potencia e *endurance* de membros inferiores <sup>(60)</sup>. Entretanto, ainda não foram investigados os efeitos da ingestão do  $\text{NaHCO}_3$  durante a realização de um protocolo intermitente e de alta intensidade no DI. A resposta para essa questão pode contribuir para o melhor entendimento dos efeitos do uso do  $\text{NaHCO}_3$  em modalidades esportivas e exercícios contra resistência com essas características.

Diante disso, o objetivo desse estudo foi verificar se a ingestão de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) promove alterações no desempenho, atividade muscular e força de indivíduos treinados durante a realização de tarefa intermitente e intensa em dinamômetro isocinético (DI).

## 2. Métodos

### Participantes

Doze homens (média  $\pm$  DP; idade  $28.67 \pm 6.08$  anos; massa corporal  $82.78 \pm 9,60$  kg; estatura  $1.78 \pm 0.09$  m; índice de massa corporal  $26.51 \pm 2.26$  kg), praticantes regulares de treinamento resistido com experiência de  $6.54 \pm 3.00$  anos, participaram voluntariamente deste ensaio clínico após assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa, conforme parecer nº 2.291.349.

Fizeram parte dos critérios de exclusão da amostra os indivíduos com diagnóstico clínico de diabetes mellitus, doenças respiratórias (asma, DPOC), doença renal, doenças metabólicas, distúrbio no equilíbrio ácido-base, doenças reumatológicas, gota, alterações cardiovasculares, tabagistas, etilistas, com histórico de cirurgias de membros inferiores ou qualquer tipo de desordem articular e/ou musculoesquelética que pudesse comprometer a execução do protocolo do estudo. Também foram excluídos os indivíduos que faziam utilização contínua de algum tipo de medicamento, uso de suplementação alimentar hiperproteica, suplementação de creatina ou usuários de esteroides anabolizantes.

### Suplementação

Na chegada ao laboratório os participantes receberam embalagens de papel pardo contendo cápsulas com a substância experimental ou placebo, identificadas apenas por etiquetas nas cores vermelha ou azul em que, nem avaliador e nem avaliado sabiam de qual substância se tratava.

As condições foram randomizadas e, dessa forma, os participantes ingeriram  $0,3\text{g.Kg}$  de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) para a condição experimental (ALK) ou dose equivalente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) para a condição placebo (PLA), administradas em cápsulas gelatinosas fracionada em quatro doses iguais, 90 minutos antes do teste, e ingeridas com água ( $7\text{ ml/kg}$  de massa corporal) <sup>(18)</sup>.

Foi recomendada aos participantes a manutenção de dieta equilibrada (70% de carboidrato, 15% de lipídios e 15% de proteínas) pelo menos 24 horas antes das coletas e, além disso, solicitado aos participantes a não ingestão de cafeína e alimentos picantes por um período de 12 horas antes da realização do procedimento experimental, para evitar qualquer influência da regulação metabólica <sup>(62,63)</sup>. A conformidade com os

procedimentos recomendados foi verificada a partir de elaboração de recordatório de 24 horas solicitado a todos os participantes <sup>(64)</sup>.

Para evitar quaisquer alterações glicêmicas entre os participantes e condições de testes foi administrada suplementação de carboidrato a 6% (60g de maltodextrina. L-1) de forma fracionada, 60 minutos antes (500 ml), e durante o teste (500 ml) <sup>(65-67)</sup>.

## **Protocolo Experimental**

O estudo caracterizado por um ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo controlado e duplo cego foi composto por três etapas (em dias distintos), sendo: (1) avaliações e protocolo de familiarização; (2 e 3) teste em condição placebo ou experimental em ordem aleatorizada de acordo com prévia randomização (*randomization.com*). Para excluir possíveis efeitos residuais da substância testada (*carry-over*) foi incluído um intervalo (*wash-out*) de 14 dia entre as etapas 2 e 3.

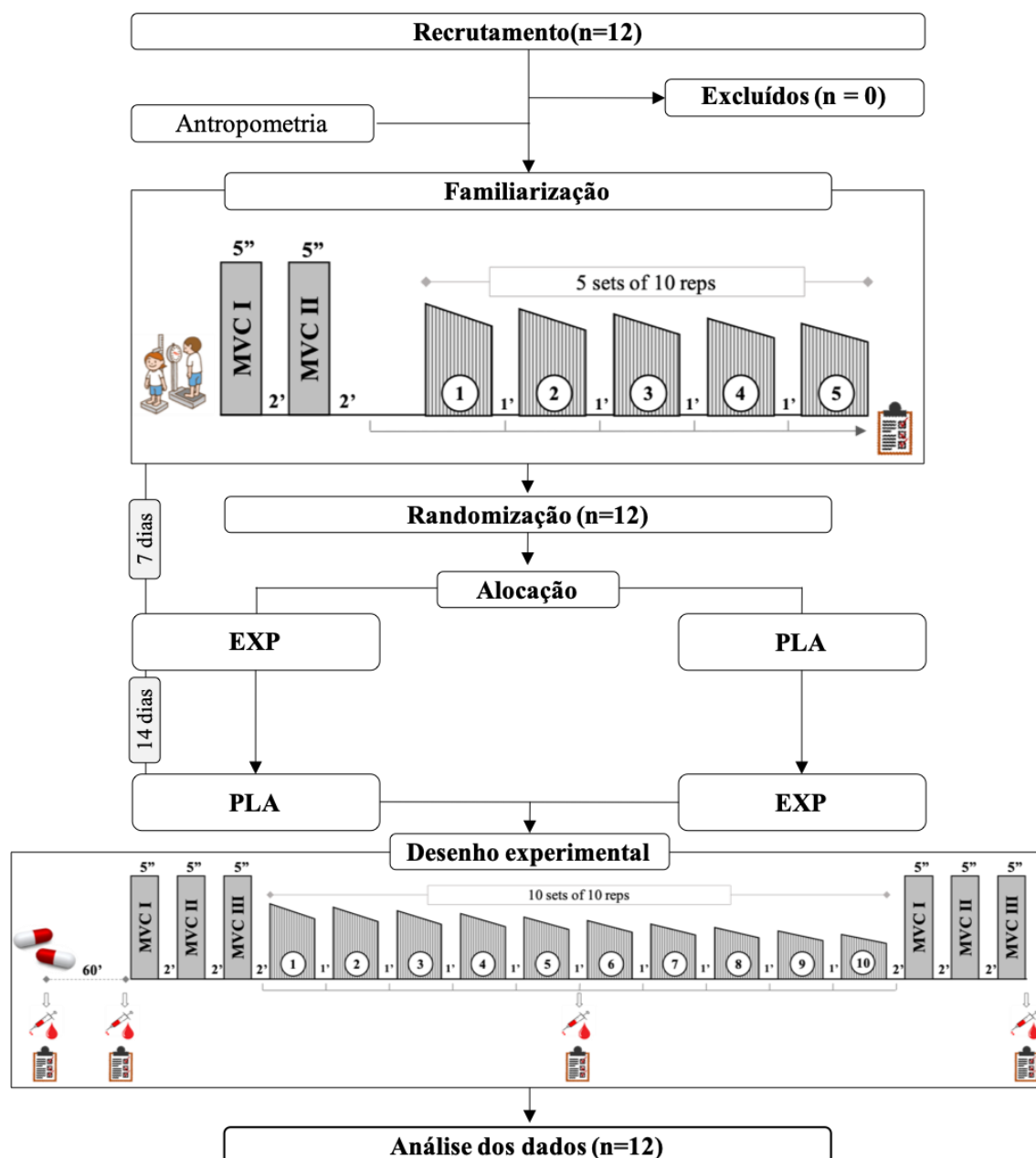
Fizeram parte desta pesquisa três diferentes avaliadores; Avaliador 1: responsável pela triagem, alocação dos voluntários em relação aos grupos e que, não participou das coletas de dados durante os testes; Avaliador 2: responsável pela execução dos testes, coleta dos dados bioquímicos, psicofisiológicos e cego em relação aos grupos; Avaliador 3: responsável pela coleta dos dados de dinamometria, eletromiografia e, responsável pela análise e processamento dos dados, sendo esse também cego em relação aos grupos.

Durante a primeira visita, os voluntários selecionados para participação no estudo foram submetidos a uma avaliação antropométrica e a uma sessão de familiarização com o dinamômetro isocinético, bem como com o teste experimental e os procedimentos de coleta adotados, uma semana antes do procedimento efetivo.

A sessão de familiarização consistiu na execução de um protocolo composto por uma tarefa em contração estática, para aquisição dos valores de força máxima e, uma em contração dinâmica, semelhante ao protocolo experimental efetivo, porém com volume e intensidade reduzidas (Figura 1). Todos os testes foram realizados com o membro inferior dominante (MID), determinado por resposta obtida através de questionamento oral <sup>(59)</sup>.

O protocolo experimental efetivo consistiu na realização de um teste de força máxima inicial (MVC-pré), um teste dinâmico (DIN-teste) e um teste de força máxima ao final (MVC-pós) (Figura 1). Tanto o MVC-pré como o MVC-pós foram compostos por três contrações isométricas máximas dos músculos extensores de joelho do MID, com o indivíduo sentado no DI, quadril a 120° e joelho a 60° <sup>(68)</sup>, com os braços cruzados a frente do corpo e intervalo de recuperação entre séries de 2 minutos. O teste dinâmico,

composto por uma tarefa intermitente e de alta intensidade <sup>(12,69)</sup>, consistiu na execução de 10 séries com 10 repetições de extensão (fase concêntrica) e flexão (fase excêntrica) da articulação do joelho, com velocidade angular de  $120^{\circ}\text{s}^{-1}$ , e intervalo de 1 minuto para recuperação entre as séries. A amplitude de movimento articular durante a realização do protocolo foi de  $90^{\circ}$ , com limite máximo de  $15^{\circ}$  na extensão <sup>(70)</sup>. Todos os testes de força foram precedidos por um breve aquecimento geral e um específico realizado no próprio equipamento durante cinco minutos.



**Figura 1:** Fluxograma do estudo e protocolo experimental. Legenda: MVC – Contração Voluntária Máxima; ALK – Grupo Alcalose (experimental); PLA – Grupo Placebo.

## **Instrumentos de medidas e avaliações**

A aquisição e registro de força do músculo quadríceps durante a execução do protocolo de indução à fadiga, bem como a realização do protocolo de familiarização foi obtida por meio um Dinamômetro Isocinético Biodex System 3 Pro (Biodex Medical System, Shirley, NY, USA). Um instrumento eletromecânico sincronizado a um microcomputador para o controle, aquisição e avaliação quantitativa dos parâmetros biomecânicos de maior confiabilidade, fidedignidade e reprodutibilidade para mensuração do desempenho musculoesquelético <sup>(56,89)</sup>. A verificação da calibração foi feita semanalmente pelos pesquisadores para a validação dos sinais biológicos coletados, seguindo as orientações do fabricante.

Para a captação do sinal eletromiográfico foi utilizado um sistema de aquisição com 16 canais (EMG System do Brasil Ltda®), composto por eletrodos ativos bipolares com ganho de amplificação de 20 vezes, filtro analógico passa banda de 10 a 1000 Hz e modo comum de rejeição de 120 dB, sendo que três canais foram habilitados para a sincronização com o dinamômetro isocinético (Biodex Medical System, Shirley, NY, USA). Os sinais EMG foram amostrados com frequência de 2000 Hz, digitalizados por placa de conversão A/D (analógico-digital) com 16 bits de resolução.

Eletrodos de superfície, autoadesivos, descartáveis, Ag/AgCl, com 1 cm de diâmetro (Medi-Trace 200 Kendall Healthcare/ Tyco, Canadá), foram utilizados para captar o sinal EMG dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM).

Após a realização de tricotomia, limpeza e abrasão da pele, os eletrodos foram posicionados com distância de 2cm (centro a centro) nos locais específicos de acordo com as recomendação do SENIAM (Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles) (HERMENS et al., 2000); onde, para RF: ponto médio entre a espinha ilíaca anterossuperior (EIAS) e a borda superior da patela; VL: terço inferior da distância da EIAS e a borda lateral da patela; e VM: quinto inferior da distância entre a EIAS e o espaço articular medial do joelho.

As amostras de sangue para medidas de lactato, pH e glicose foram coletas por uma enfermeira capacitada e registrada no Conselho Regional de Enfermagem e, as escalas de percepção subjetiva de esforço e recuperação foram aplicadas sempre pelo mesmo avaliador, ambos nos momentos pré-ingestão da substância, pré-teste, nos intervalos de recuperação entre as séries e, pós teste.

## Processamento dos dados

Todos os dados registrados (dinamométricos e sinais EMG) foram processados e analisados por meio de rotinas previamente desenvolvidas no software MATLAB® versão R2010a (The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, EUA).

Os valores de pico de torque (PT) foram separados ciclo a ciclo a partir do deslocamento do DI durante a realização do teste dinâmico. Os valores médios dos PTs foram considerados para a comparação entre os indivíduos e grupos.

A atividade EMG obtida durante a realização das MVC's pré e pós a sessão de testes dinâmicos foram analisados por meio da amplitude do sinal, calculado a partir da raiz quadrada da média (RMS); frequência mediana (FMD) e índice espectral de fadiga ( $FI_{nsm5}$ ) para o tempo de 5 segundos de registro do sinal EMG.

Os ciclos de deslocamento do DI durante o teste dinâmico foram utilizados para separar os momentos de início e fim da contração muscular (*burst*) de interesse para análise e comparação. Os parâmetros de análise do sinal (RMS, FMD e  $FI_{nsm5}$ ) foram calculados para cada um dos 10 ciclos de contração concêntrica/excêntrica.

A análise no domínio da frequência do sinal EMG, foi realizada por meio FMD, obtida pela aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) e pelo  $FI_{nsm5}$  (DIMITROV et al., 2006). O RMS e a FMD foram utilizados por se tratarem de índices tradicionais para análise da fadiga. O  $FI_{nsm5}$  representa a razão entre diferentes ordens de momentos (-1 e 5) do espectro da potência do sinal EMG e enfatiza o aumento e a diminuição da frequências baixas e altas do espectro analisado <sup>(72)</sup>.

## Análise Estatística

A normalidade da distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. A análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas de dois fatores (grupo vs momento pré e pós) foi utilizada para verificar a influência do uso do  $NaHCO_3$  na fadiga muscular, com ajuste de Bonferroni e teste post hoc de Tukey. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Todos os dados foram analisados usando o software SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, EUA).

### 3. Resultados

#### Parâmetros sanguíneos

Os valores obtidos por análise de amostras sanguíneas demonstram que o  $\text{NaHCO}_3$  foi eficaz na alteração do pH, apesar de não apresentar diferença significativa entre as condições estudadas ( $p > 0.05$ ) (Tabela 1).

Ao final do teste, os valores de pH no grupo ALK se mostraram maiores em relação ao momento pré ingestão ( $F = 3,452$ ;  $p = 0,040$ ;  $\eta^2 = 0,136$ ). No entanto, não houve diferença entre as condições alcalose e placebo. Os valores médios de ALK se mantiveram mais elevados em comparação com o grupo PLA durante toda a execução do teste dinâmico, no entanto, nenhuma diferença entre os grupos foi observada ( $F=0,430$ ;  $p = 0,918$ ;  $\eta^2 = 0,019$ ). Nenhuma diferença foi observada para o lactato e glicemia entre os grupos estudados (Figura 4).

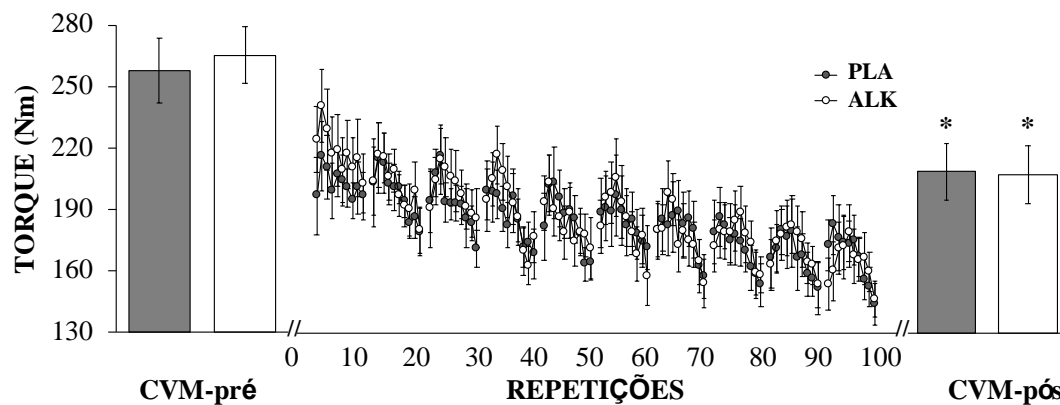
**Tabela 1:** Diferenças das médias entre as concentrações sanguíneas pré e pós ingestão de  $\text{NaHCO}_3$  ou placebo.

	PLA		EXP		Anova		
	$\Delta \pm DP$	(IC95%)	$\Delta \pm DP$	(IC95%)	F	p	Eta
<b>pH</b>	0,01 $\pm$ 0,05	(-0,09 to 0,11)	0,06 $\pm$ 0,04	(-0,03 to 0,16)	2,79	0,11	0,11
<b>Lactato</b> (mmol/L)	0,13 $\pm$ 0,75	(-0,60 to 0,34)	0,35 $\pm$ 0,35	(-0,37 to 1,07)	0,04	0,85	0,00
<b>Glicemia</b> (mg/dL)	4,58 $\pm$ 5,90	(-7,67 to 16,84)	0,41 $\pm$ 6,10	(-12,25 to 13,08)	0,34	0,57	0,02

#### Força

O pico de torque apresentou declínio durante a realização das séries do protocolo dinâmico e no MVC-pós para ambas as condições ( $p < 0,05$ ). Entretanto, não foram observadas diferenças entre as condições ALK e PLA durante a realização do teste dinâmico (ANOVA:  $F = 1,011$ ;  $p = 0,433$ ;  $\eta^2 = 0,044$ ), e dos testes isométricos CVM pré e pós (ANOVA:  $F = 0,559$ ;  $p = 0,463$ ;  $\eta^2 = 0,025$ ), demonstrando que os indivíduos apresentam comportamento semelhante, independente da substância ingerida (Figura 2).



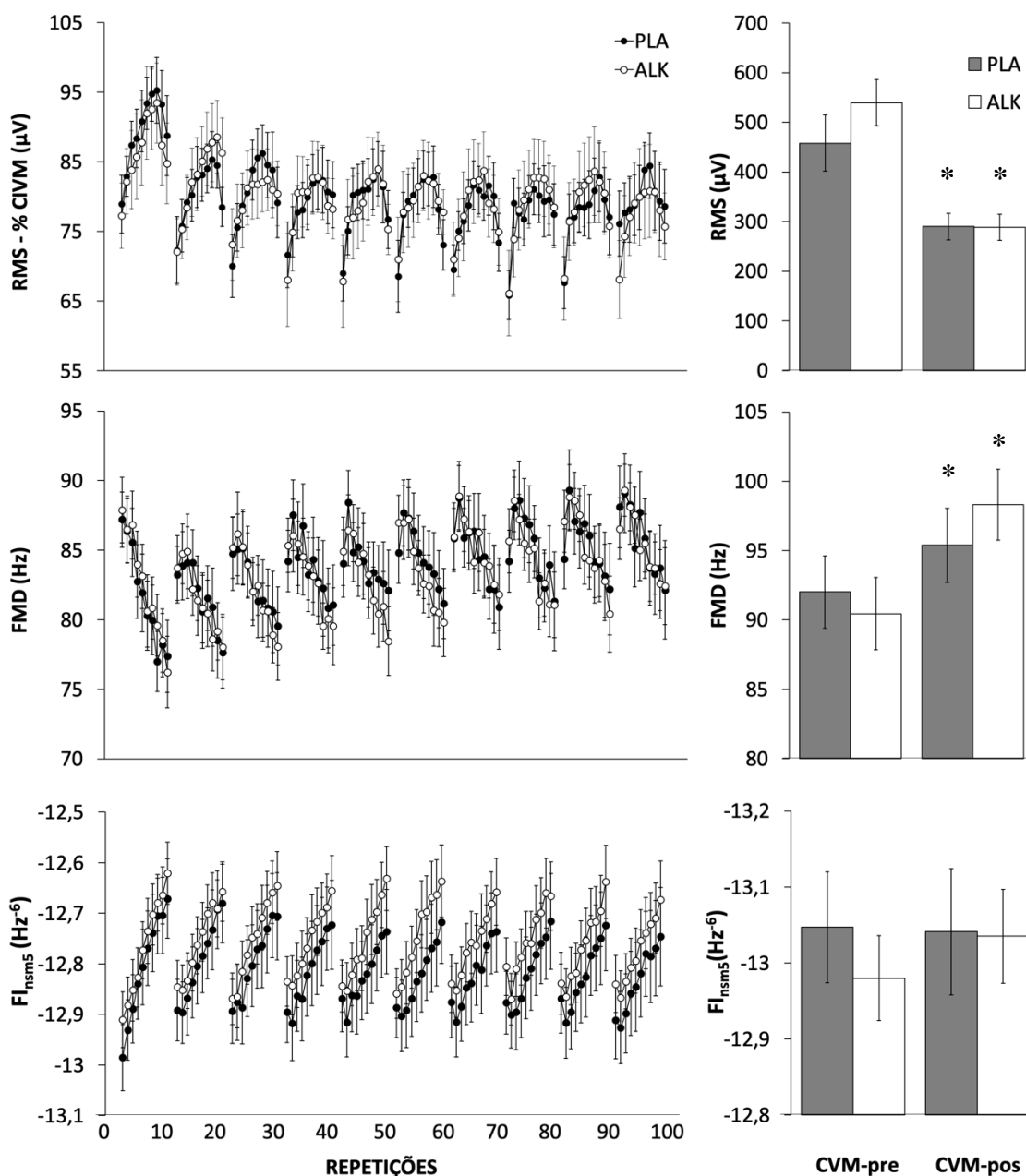


**Figura 2:** Média e erro padrão dos picos de torque durante a execução da CVM-pré, CVM-pos e do protocolo dinâmico de indução a fadiga. (\*) indica diferença entre momentos pré e pós ( $p < 0,05$ ).

### Eletromiografia

As análises da RMS, FMD e do  $FI_{nms5}$  do sinal EMG coletados em MVC pré e pós não apresentaram diferença significativa ( $p > 0.05$ ) entre as condições PLA e ALK.

No protocolo dinâmico, a comparação da amplitude do sinal eletromiográfico (RMS) entre os grupos estudados não apresentou diferença significativa (ANOVA:  $F = 0,488$ ;  $p = 1,00$ ;  $\eta^2 = 0,022$ ) entre as condições. Esses mesmos resultados foram observados para a frequência mediana do sinal eletromiográfico (FDM) (ANOVA:  $F = 0,731$ ;  $p = 0,977$ ;  $\eta^2 = 0,032$ ), e para o índice espectral de fadiga ( $FI_{nms5}$ ) (ANOVA:  $F = 0,417$ ;  $p = 1,000$ ;  $\eta^2 = 0,019$ ) (Figura 3).

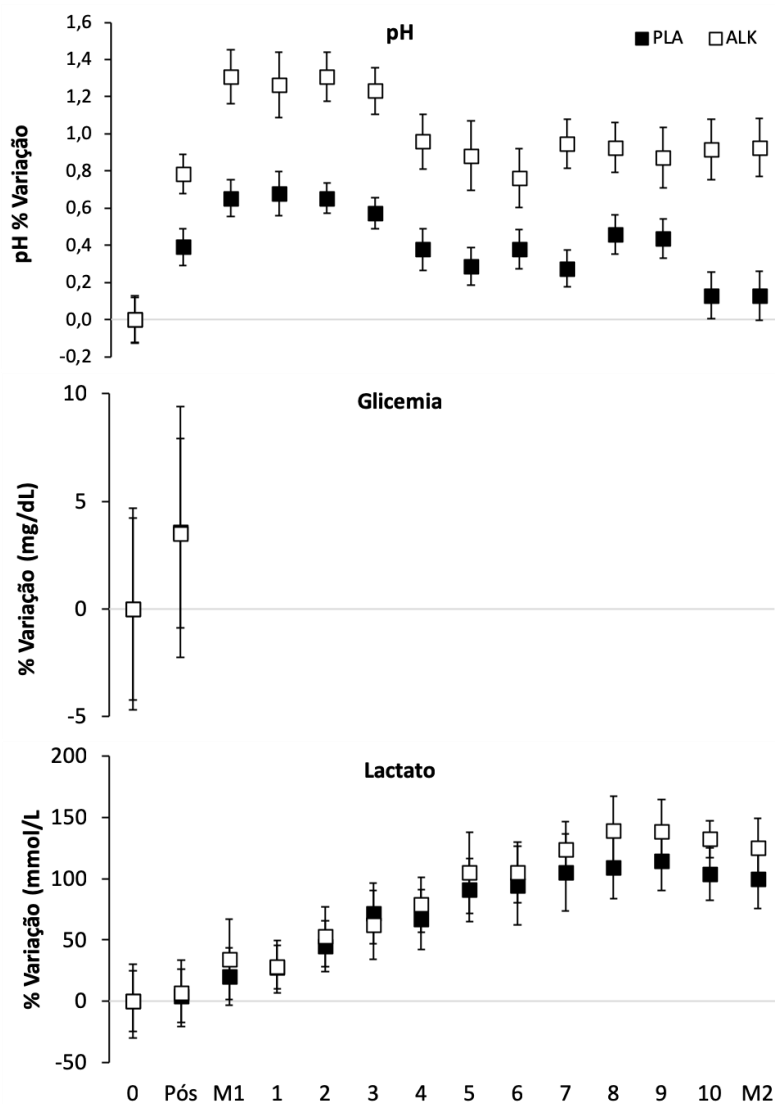


**Figura 3:** Média e erro padrão da amplitude (RMS), Frequência Mediana (FMD) e do Índice Espectral de Fadiga ( $FI_{nms5}$ ) do sinal EMG durante a execução das contrações voluntária máxima pré (CVM-pré) e pós (CVM-pós) e do protocolo dinâmico de indução a fadiga. (\*) indica diferença entre momentos pré e pós ( $p < 0,05$ ).

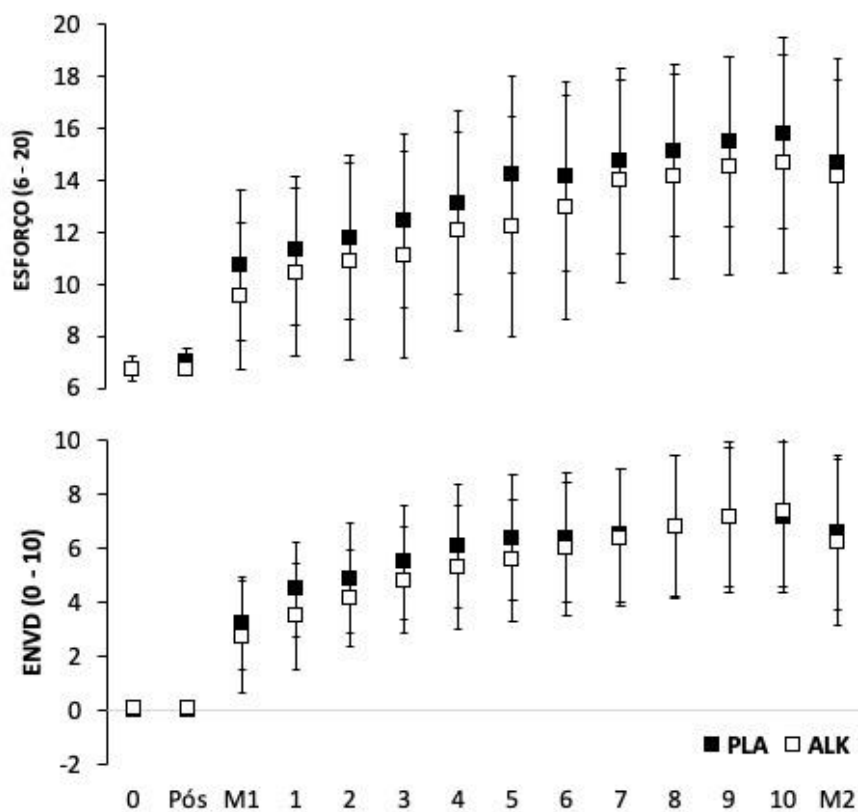
### Parâmetros Psicofisiológicos

Os valores da percepção de esforço dos participantes, mensurada pela escala de *Borg*, aumentaram até o nível intenso em ambas as condições ao longo da realização do protocolo de testes ( $p < 0,05$ ), porém não houve diferença entre ALK e PLA (ANOVA:  $F = 0,565$ ;  $p = 0,892$ ;  $\eta^2 = 0,025$ ).

Inversamente proporcional ao esforço referido, os participantes demonstraram queda acentuada na percepção de recuperação no decorrer do protocolo independentemente da condição ( $p < 0,05$ ), porém sem diferença entre ALK e PLA (ANOVA:  $F = 0,794$ ;  $p = 0,666$ ;  $\eta^2 = 0,035$ ). A percepção de dor dos participantes, avaliada durante a execução de todo o protocolo de testes por meio da escala numérica verbal de dor (ENVD), não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as condições estudadas (ANOVA:  $F = 0,687$ ;  $p = 0,763$ ;  $\eta^2 = 0,030$ ).



**Figura 4:** Percentual de variação da média e desvio padrão das variáveis sanguíneas nos momentos 0: pré ingestão; Pós: pós ingestão; M1: CVM pré; 1, 2, 3, 4...: séries do protocolo dinâmico e; M2: CVM pós.



**Figura 5:** Média e desvio padrão das variáveis psicofisiológicas nos momentos 0: pré ingestão; Pós: pós ingestão; M1: CVM pré; 1, 2, 3, 4...: séries do protocolo dinâmico e; M2: CVM pós.

#### 4. Discussão

A possibilidade de que a ingestão de bicarbonato de sódio pudesse contribuir para melhora de desempenho e efeitos positivos em medidas de percepção do indivíduo relacionadas a fadiga muscular previamente descritas em estudos anteriores <sup>(18,46,47,85)</sup>, não foi confirmada com o uso de um protocolo de exercícios intermitentes e de alta intensidade

A acidose intramuscular está associada ao processo de fadiga decorrente da prática modalidades esportivas ou de programas de exercícios de alto volume e intensidades <sup>(85,90)</sup>, indicando um potencial ergogênico do NaHCO<sub>3</sub> para exercícios intermitentes e intensos, como os exercícios contra resistência.

Assim como nos estudos anteriores, a dose ingerida (0,3g.kg de NaHCO<sub>3</sub>) mostrou-se eficaz na indução da alcalose metabólica, demonstrado por meio de análise de valores de pH ao longo do protocolo. Embora não tenham sido mensuradas concentrações de bicarbonato sanguíneo [HCO<sub>3</sub>-] ao longo da realização dos testes, evidências apontam para a capacidade de elevação desse agente tamponante e consequente elevação do pH no sangue a partir da ingestão de NaHCO<sub>3</sub> <sup>(18,47,61,91)</sup>.

Apesar desse potencial aumento da ação do principal sistema tampão sanguíneo, os resultados obtidos no presente estudo demonstram que a ingestão de NaHCO<sub>3</sub> não confere benefícios adicionais a indivíduos treinados durante a realização de um exercício de alta intensidade em dinamômetro isocinético. Os dados do estudo demonstraram comportamento semelhante entre as condições estudadas (ALK e PLA) para os valores de força, atividade eletromiográfica, percepção de esforço, recuperação e dor.

Os achados relacionados ao desempenho muscular corroboram com estudos anteriores que analisaram os efeitos da substância em exercícios contra resistência utilizados em treinamento de força e que, não foram observadas elevação da força em exercícios de supino e puxada <sup>(92)</sup>, torque e atividade muscular em cadeira extensora <sup>(86)</sup>. Entretanto, aumentos no número de repetições foram relatados em exercícios semelhantes, tais como agachamentos, *leg press* e extensão de joelhos <sup>(48,85)</sup>. Além disso, valores aumentados de pico de torque e trabalho total foram observados em indivíduos suplementados durante a realização de exercícios de força e *endurance* em dinamômetro isocinético, respectivamente <sup>(60)</sup>.

Apesar da grande variação nos protocolos de testes, é possível perceber que aqueles compostos por exercícios que mobilizam maior quantidade de massa muscular (agachamentos e *leg press*) <sup>(48,85)</sup>, bem como aqueles com variáveis de carga mais intensas

(números de repetição e/ou sobrecarga elevados) <sup>(60)</sup>, estão mais propensos a revelar o potencial efeito ergogênico do NaHCO<sub>3</sub>.

Em relação a atividade muscular, os resultados desse estudo são semelhantes aos descritos de pesquisas anteriores <sup>(29,30,32,93)</sup> ou seja, o uso desse suplemento não reflete na atividade EMG muscular (Figura 3).

Os resultados obtidos a partir da aplicação de escalas de percepção subjetiva de esforço, recuperação e dor demonstraram um comportamento semelhante entre as condições analisadas (Figura 4b).

Menores valores de percepção das sensações de esforço e dor na condição ALK eram esperados, em decorrência do efeito da ingestão de NaHCO<sub>3</sub> no tamponamento dos íons de H<sup>+</sup> <sup>(46,51)</sup>, entretanto essa hipótese não foi confirmada. Ambos apresentaram aumento significativo em relação a medida inicial, porém sem nenhuma diferença entre as condições.

Assim como observado nas medidas de esforço, os valores de percepção de recuperação também não apresentaram diferenças entre as condições estudadas. Essa variável pode estar relacionada ao esforço percebido e, portanto, o comportamento foi semelhante.

O protocolo de teste do presente estudo foi composto por exercício intermitente de alta intensidade <sup>(12,69)</sup>, confirmada pela percepção de esforço referida pelos participantes (Figura 4b). O mesmo demonstrou ser eficaz na indução da fadiga muscular, considerando a significativa queda nos valores de pico de torque observados durante os exercícios dinâmico e isométrico (pós teste) para ambas as condições analisadas (Figura 2). As características do teste utilizado e variáveis indicativas de eficácia, somados ao instrumento de medição controlado e alta confiabilidade utilizado no registro das medidas de desempenho <sup>(56,89)</sup>, configuram alto rigor metodológico para a obtenção de informações importantes para o melhor entendimento dos efeitos do uso do NaHCO<sub>3</sub> em modalidades esportivas e exercícios contra resistência com essas características.

O tempo de intervalo para recuperação entre as séries foi calculado para possibilitar a coleta de amostras de sangue para as medidas necessárias e, apesar de estar dentro dos limites para um treinamento contra resistência <sup>(36,94)</sup>, pode ser considerado uma limitação do estudo, visto que uma tarefa intermitente requer intervalos muitas vezes mais curtos para recuperação. Além disso, a mobilização de pequena quantidade de massa muscular demandada pelo exercício de extensão (fase concêntrica) e flexão (fase excêntrica) de joelho, pode ser insuficiente para promover alterações metabólicas capazes de evidenciar o efeito ergogênico do NaHCO<sub>3</sub>.

## **5. Conclusões**

Nesse estudo foi verificado que a ingestão de bicarbonato de sódio não promove alteração na atividade muscular, força do músculo quadríceps, percepção de esforço, recuperação e dor em indivíduos treinados durante a realização de um exercício intermitente de alta intensidade em dinamómetro isocinético.

## 6. Referências Bibliográficas

1. Enoka RM. Mechanisms of muscle fatigue: Central factors and task dependency. *J Electromyogr Kinesiol.* 1995;5(3):141–9.
2. Faria DDC de, Pimenta CA de M. Fadiga em pacientes com câncer avançado : conceito , avaliação e intervenção. *Rev Bras Cancerol.* 2002;48(4):577–83.
3. Mota DDCDF, Cruz DDALM Da, Pimenta CADM. Fadiga: uma análise do conceito. *Acta Paul Enferm.* 2005;18(3):285–93.
4. Edwards RH. Human muscle function and fatigue. Vol. 82, Ciba Foundation symposium. 1981. p. 1–18.
5. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 1992;72(5):1631–48.
6. Green HJ. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *J Sports Sci.* 1997;15(3):247–56.
7. Ament W, Verkerke G. Exercise and fatigue. *Sports Medicine.* 2009.
8. Latash ML. Base neurofisiológica do movimento. 2nd ed. São Paulo: Phorte; 2015. 472 p.
9. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001;81(4):1725–89.
10. Sinoway LI, Hill JM, Pickar JG, Kaufman MP. Effects of contraction and lactic acid on the discharge of group III muscle afferents in cats. *J Neurophysiol.* 1993;69(4):1053–9.
11. Juel C. Muscle pH regulation: Role of training. In: *Acta Physiologica Scandinavica.* 1998. p. 359–66.
12. Dipla K, Tsirini T, Zafeiridis A, Manou V, Dalamitros, Kellis E, et al. Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. *Eur J Appl Physiol.* 2009.
13. Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced Metabolic Alkalosis Affects Muscle Metabolism and Repeated-Sprint Ability. *Med Sci Sport Exerc.* 2004;36(5):807–13.
14. Maughan R, Gleeson M, Greenhaff PL. Bioquímica do Exercício e do Treinamento. Barueri - SP: Manole; 2000. 240 p.
15. Adrogué H, Adrogué H. Acid-Base physiology. *Respir Care.* 2001;46(4):328–41.
16. Peart DJ, Siegler JC, Vince R V. Practical recommendations for coaches and athletes: Ameta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *J os Strength Cond Res.* 2012;26(7):1975–83.



17. Requena B, Zabala M, Padiá P, Feriche B. Sodium bicarbonate and sodium citrate: ergogenic aids? *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):213–24.
18. Carr AJ, Hopkins WG, Gore CJ. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: A meta-analysis. *Sport Med*. 2011;41(10):801–14.
19. Basmajian J V, De Luca CJ. *Muscles alive: their functions revealed by electromyography*. 5th ed. Williams and Wilkins. Baltimore: Williams and Wilkins; 1985.
20. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*. 1997;13(2):135–63.
21. Felici F. Neuromuscular responses to exercise investigated through surface EMG. *J Electromyogr Kinesiol*. 2006 Dec;16(6):578–85.
22. Escamilla RF, Zheng N, Macleod TD, Edwards WB, Imamura R, Hreljac A, et al. Patellofemoral joint force and stress during the wall squat and one-leg squat. *Med Sci Sports Exerc*. 2009 Apr;41(4):879–88.
23. Escamilla RF, Babb E, DeWitt R, Jew P, Kelleher P, Burnham T, et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: implications for rehabilitation and training. *Phys Ther*. 2006;86(5):656–71.
24. Kalytczak MM, Lucareli PRG, dos Reis AC, Bley AS, Biasotto-Gonzalez DA, Correa JCF, et al. Kinematic and electromyographic analysis in patients with patellofemoral pain syndrome during single leg triple hop test. *Gait Posture*. 2016;49.
25. Kalytczak MM, Lucareli PRG, dos Reis AC, Bley AS, Biasotto-Gonzalez DA, Correa JCF, et al. Female PFP patients present alterations in eccentric muscle activity but not the temporal order of activation of the vastus lateralis muscle during the single leg triple hop test. *Gait Posture*. 2018;62.
26. Dursun N, Dursun E, Kiliç Z. Electromyographic biofeedback–controlled exercise versus conservative care for patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001 Dec;82(12):1692–5.
27. De Biase MEM, Politti F, Palomari ET, Barros-Filho TEP, De Camargo OP. Increased EMG response following electromyographic biofeedback treatment of rectus femoris muscle after spinal cord injury. *Physiotherapy*. 2011 Jun;97(2):175–9.
28. Bouissou P, Estrade PY, Goubel F, Guezennec CY, Serrurier B. Surface EMG power spectrum and intramuscular pH in human vastus lateralis muscle during dynamic exercise. *J Appl Physiol*. 1989;67(3):1245–9.
29. Hunter AM, de Vito G, Bolger C, Mullany H, Galloway SDR. The effect of induced alkalosis and submaximal cycling on neuromuscular response during sustained isometric contraction. *J Sports Sci*. 2009;27(12):1261–9.
30. Yamanaka R, Yunoki T, Arimitsu T, Lian C-S, Yano T. Effects of sodium bicarbonate ingestion on EMG, effort sense and ventilatory response during intense exercise and subsequent active recovery. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(5):851–8.
31. Housh TJ, deVries HA, Johnson GO, Evans SA, McDowell S. The effect of ammonium chloride and sodium bicarbonate ingestion on the physical working capacity

- at the fatigue threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62(3):189–92.
32. Matsuura R, Arimitsu T, Kimura T, Yunoki T, Yano T. Effect of oral administration of sodium bicarbonate on surface EMG activity during repeated cycling sprints. *Eur J Appl Physiol*. 2007;101(4):409–17.
33. Siegler JC, Marshall P. The effect of metabolic alkalosis on central and peripheral mechanisms associated with exercise-induced muscle fatigue in humans. *Exp Physiol*. 2015;100(5):519–30.
34. Siegler JC, Marshall PWM, Raftery S, Brooks C, Dowswell B, Romero R, et al. The differential effect of metabolic alkalosis on maximum force and rate of force development during repeated, high-intensity cycling. *J Appl Physiol*. 2013;115(11):1634–40.
35. Reaz MBI, Hussain MS, Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: Detection, processing, classification and applications. *Biol Proced Online*. 2006;8(1):11–35.
36. Kraemer WJ, Ratamess NA. *Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription*. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2004.
37. Kenttä G, Hassmén P. *Overtraining and recovery. A conceptual model*. Sports Medicine. 1998.
38. Jensen MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain*. 1986;
39. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. *A New Approach to Monitoring Exercise Training*. *J Strength Cond Res*. 2001.
40. Borg G. The psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc*. 1982;
41. Noble BJ. *Clinical applications of perceived exertion*. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1982.
42. Kelly VG, Coutts AJ. *Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports*. *Strength Cond J*. 2007;
43. Hosseinzadeh M, Andersen OK, Arendt-Nielsen L, Madeleine P. Pain sensitivity is normalized after a repeated bout of eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013;
44. Cruz dos Santos RR, Rodrigues Rossi R, Campos Caldas EC. *Perception of Delayed Onset Muscle Soreness in Children and Adults Trained, Submitted to a Training Session of Force Eccentric*. *Int J Sport Sci*. 2016;2(2):23–6.
45. Ferreira-Valente MA, Pais-Ribeiro JL, Jensen MP. *Validity of four pain intensity rating scales*. *Pain*. 2011;152(10):2399–404.
46. Krstrup P, Ermidis G, Mohr M. *Sodium bicarbonate intake improves high-intensity intermittent exercise performance in trained young men*. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015;12(1):1–7.

47. Artioli GG, Gualano B, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AW, Lancha AH. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007.
48. Duncan MJ, Weldon A, Price MJ. The effect of sodium bicarbonate ingestion on back squat and bench press exercise to failure. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1358–66.
49. Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *J Appl Physiol.* 2007;
50. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994;
51. Amann M. Central and peripheral fatigue: Interaction during cycling exercise in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;
52. World Anti-Doping Agency. World Anti-Doping Code International Standard: Prohibited List 2016. World Anti-Doping. 2016;
53. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40(03):497–504.
54. Gurney JM, Jelliffe DB. Arm anthropometry in nutritional assesment: monogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle ans fat mass. *Am J Clin Nutr.* 1973;26:912–5.
55. Martins A, Ceschini F, Battazza R, Rodriguez D, Allegretti G, Bocalini DS, et al. A Low-Volume Weight Training Protocol Reduces Abdominal Fat and Increases Muscle Strength in 12 Weeks. *J Exerc Physiol.* 2016;19(1):96–106.
56. Keskula DR, Dowling JS, Davis VL, Finley PW, Dell’omo DL. Interrater reliability of isokinetic measures of knee flexion and extension. *J Athl Train.* 1995;30(2):167–70.
57. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000 Oct;10(5):361–74.
58. Cavasini SM, Matsudo VK. Novos achados da escala brasileira de percepção subjetiva de esforço. In: CELAFISCS - Dez Anos de Contribuição as Ciências do Esporte. Primeira. São Caetano do Sul - SP; 1986.
59. Ayotte NW, Stetts DM, Keenan G, Greenway EH. Electromyographical analysis of selected lower extremity muscles during 5 unilateral weight-bearing exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Feb;37(2):48–55.
60. Coombes J, McNaughton LR. Effects of bicarbonate ingestion on leg strength and power during isokinetic knee flexion and extension. *J Strength Cond Res.* 1993; 7(4):241–9.
61. Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on [HCO<sub>3</sub>-], pH, and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011.
62. Westerterp-Plantenga M, Diepvens K, Joosen AMCP, Bérubé-Parent S, Tremblay

- A. Metabolic effects of spices, teas, and caffeine. *Physiol Behav.* 2006;
63. Maughan RJ, King DS, Lea T. Dietary Supplements. *J SportsSci.* 2004;22:95–113.
64. Gough LA, Rimmer S, Osler CJ, Higgins MF. Ingestion of sodium bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>) following a fatiguing bout of exercise accelerates postexercise acid-base balance recovery and improves subsequent high-intensity cycling time to exhaustion. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017.
65. Haff GG, Koch a J, Potteiger J a, Kuphal KE, Magee LM, Green SB, et al. Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. Vol. 10, *International journal of sport nutrition and exercise metabolism.* 2000. p. 326–39.
66. Bacurau RFP, Bassit R a, Sawada L, Navarro F, Martins E, Costa Rosa LFBP. Carbohydrate supplementation during intense exercise and the immune response of cyclists. *Clin Nutr.* 2002;21(5):423–9.
67. Aoki MS, Pontes Junior FL, Navarro F, Uchida MC, Bacurau RFP. Suplementação de carboidrato não reverte o efeito deletério do exercício de endurance sobre o subsequente desempenho de força. *Rev Bras Med do Esporte.* 2003;9(5):282–7.
68. Gayda M, Choquet D, Ahmaidi S. Effects of exercise training modality on skeletal muscle fatigue in men with coronary heart disease. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(2):32–9.
69. Suzuki FS, Kalytczak MM, Casarin CAS, Serra AJ, Evangelista AL, Marchetti PH, et al. Physical activity level does not influence the neuromuscular fatigue in adults. *Rev Bras Med Esporte Rev Bras Med Esporte –.* 2016 Apr;22(2):97–101.
70. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews J R, et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):556–69.
71. Dimitrov G V., Arabadzhiev TI, Mileva KN, Bowtell JL, Crichton N, Dimitrova NA. Muscle fatigue during dynamic contractions assessed by new spectral indices. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(11):1971–9.
72. González-Izal M, Malanda A, Navarro-Amézqueta I, Gorostiaga EM, ... Izquierdo M. EMG spectral indices and muscle power fatigue during dynamic contractions. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(2):233–40.
73. Zajac A, Cholewa J, Poprzecki S, Waśkiewicz Z, Langfort J. Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes. *J Sport Sci Med.* 2009;
74. Lindh AM, Peyrebrune MC, Ingham SA, Bailey DM, Folland JP. Sodium bicarbonate improves swimming performance. *Int J Sports Med.* 2008;
75. Siegler JC, Gleadall-Siddall DO. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2010;
76. Gao J, Costill DL, Horswill CA, Park SH. Sodium bicarbonate ingestion improves performance in interval swimming. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988;

77. Price MJ, Simons C. The effect of sodium bicarbonate ingestion on high-intensity intermittent running and subsequent performance. *J Strength Cond Res.* 2010.
78. Van Montfoort MCE, Van Dieren L, Hopkins WG, Shearman JP. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate lactate, and chloride on sprint running. *Med Sci Sport Exerc.* 2004.
79. Price MJ, Cripps D. The effects of combined glucose-electrolyte and sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise performance. *J Sports Sci.* 2012;
80. Driller MW, Gregory JR, Williams AD, Fell JW. The effects of chronic sodium bicarbonate ingestion and interval training in highly trained rowers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013.
81. Kupcis PD, Slater GJ, Pruscino CL, Kemp JG. Influence of sodium bicarbonate on performance and hydration in lightweight rowing. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012.
82. Hobson RM, Harris RC, Martin D, Smith P, Macklin B, Elliott-Sale KJ, et al. Effect of sodium bicarbonate supplementation on 2000-m rowing performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014.
83. Artioli GG, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AC, Gualano B, Lancha AH. A ingestão de bicarbonato de sódio pode contribuir para o desempenho em lutas de judô? *Rev Bras Med do Esporte.* 2006;12(6):371–5.
84. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Podgórski T, Zawieja BE, Michalowska P, Lłoniewski I, et al. The effect of a new sodium bicarbonate loading regimen on anaerobic capacity and wrestling performance. *Nutrients.* 2018;10(5):1–16.
85. Carr BM, Webster MJ, Boyd JC, Hudson GM, Scheett TP. Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(3):743–52.
86. Siegler JC, Marshall PWM, Finn H, Cross R, Mudie K. Acute attenuation of fatigue after sodium bicarbonate supplementation does not manifest into greater training adaptations after 10-weeks of resistance training exercise. *PLoS One.* 2018;13(5):1–18.
87. Webster MJ, Webster MN, Crawford RE, Gladden BL. Effect os sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(8):960–5.
88. Portington KJ, Pascoe DD, Webster MJ, Anderson LH, Rutland R, Gladden LB. Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):523–8.
89. Drouin JM, Valovich-McLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(1):22–9.
90. Lambert CP, Flynn MG. Fatigue during high-intensity intermittent exercise: Application to bodybuilding. *Sports Medicine.* 2002.
91. Siegler JC, Marshall PWM, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic

Performance. *Sport Med - Open*. 2016;2(1):41.

92. Materko W, Santos E, Novaes J. Effect of Bicarbonate Supplementation on the Muscular Strength. *Med Sci Sport Exerc*. 2008;11(5):25–33.

93. Siegler JC, Marshall P, Pouslen MK, Nielsen NPB, Kennedy D, Green S. The effect of pH on fatigue during submaximal isometric contractions of the human calf muscle. *Eur J Appl Physiol*. 2014;115(3):565–77.

94. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sport Exerc By Am Coll Sport Med*. 2009.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo reúne informações que demonstram que a ingestão de bicarbonato de sódio é uma estratégia inócua para a melhora do desempenho, atividade muscular e das respostas relacionadas a carga interna dos exercícios. Nesse estudo foi verificado que a ingestão de bicarbonato de sódio não promove alteração na atividade muscular, força do músculo quadríceps, percepção de esforço, recuperação e dor em indivíduos treinados durante a realização de um exercício intermitente de alta intensidade em dinamômetro isocinético.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Enoka RM. Mechanisms of muscle fatigue: Central factors and task dependency. *J Electromyogr Kinesiol.* 1995;5(3):141–9.
2. Faria DDC de, Pimenta CA de M. Fadiga em pacientes com câncer avançado: conceito , avaliação e intervenção. *Rev Bras Cancerol.* 2002;48(4):577–83.
3. Mota DDCDF, Cruz DDALM Da, Pimenta CADM. Fadiga: uma análise do conceito. *Acta Paul Enferm.* 2005;18(3):285–93.
4. Edwards RH. Human muscle function and fatigue. Vol. 82, Ciba Foundation symposium. 1981. p. 1–18.
5. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 1992;72(5):1631–48.
6. Green HJ. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *J Sports Sci.* 1997;15(3):247–56.
7. Ament W, Verkerke G. Exercise and fatigue. *Sports Medicine.* 2009.
8. Latash ML. Base neurofisiológica do movimento. 2nd ed. São Paulo: Phorte; 2015. 472 p.
9. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001;81(4):1725–89.
10. Sinoway LI, Hill JM, Pickar JG, Kaufman MP. Effects of contraction and lactic acid on the discharge of group III muscle afferents in cats. *J Neurophysiol.* 1993;69(4):1053–9.
11. Juel C. Muscle pH regulation: Role of training. In: *Acta Physiologica Scandinavica.* 1998. p. 359–66.
12. Dipla K, Tsirini T, Zafeiridis A, Manou V, Dalamitros, Kellis E, et al. Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. *Eur J Appl Physiol.* 2009.
13. Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced Metabolic Alkalosis Affects Muscle Metabolism and Repeated-Sprint Ability. *Med Sci Sport Exerc.* 2004;36(5):807–13.
14. Maughan R, Gleeson M, Greenhaff PL. Bioquímica do Exercício e do Treinamento. Barueri - SP: Manole; 2000. 240 p.
15. Adrogué H, Adrogué H. Acid-Base physiology. *Respir Care.* 2001;46(4):328–41.
16. Peart DJ, Siegler JC, Vince R V. Practical recommendations for coaches and athletes: Ameta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1975–83.
17. Requena B, Zabala M, Padiá P, Feriiche B. Sodium bicarbonate and sodium



citrate: ergogenic aids? *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):213–24.

18. Carr AJ, Hopkins WG, Gore CJ. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: A meta-analysis. *Sport Med.* 2011;41(10):801–14.

19. Basmajian J V, De Luca CJ. *Muscles alive: their functions revealed by electromyography.* 5th ed. Williams and Wilkins. Baltimore: Williams and Wilkins; 1985.

20. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13(2):135–63.

21. Felici F. Neuromuscular responses to exercise investigated through surface EMG. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006 Dec;16(6):578–85.

22. Escamilla RF, Zheng N, Macleod TD, Edwards WB, Imamura R, Hreljac A, et al. Patellofemoral joint force and stress during the wall squat and one-leg squat. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Apr;41(4):879–88.

23. Escamilla RF, Babb E, DeWitt R, Jew P, Kelleher P, Burnham T, et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: implications for rehabilitation and training. *Phys Ther.* 2006;86(5):656–71.

24. Kalytczak MM, Lucareli PRG, dos Reis AC, Bley AS, Biasotto-Gonzalez DA, Correa JCF, et al. Kinematic and electromyographic analysis in patients with patellofemoral pain syndrome during single leg triple hop test. *Gait Posture.* 2016;49.

25. Kalytczak MM, Lucareli PRG, dos Reis AC, Bley AS, Biasotto-Gonzalez DA, Correa JCF, et al. Female PFP patients present alterations in eccentric muscle activity but not the temporal order of activation of the vastus lateralis muscle during the single leg triple hop test. *Gait Posture.* 2018;62.

26. Dursun N, Dursun E, Kiliç Z. Electromyographic biofeedback–controlled exercise versus conservative care for patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001 Dec;82(12):1692–5.

27. De Biase MEM, Politti F, Palomari ET, Barros-Filho TEP, De Camargo OP. Increased EMG response following electromyographic biofeedback treatment of rectus femoris muscle after spinal cord injury. *Physiotherapy.* 2011 Jun;97(2):175–9.

28. Bouissou P, Estrade PY, Goubel F, Guezennec CY, Serrurier B. Surface EMG power spectrum and intramuscular pH in human vastus lateralis muscle during dynamic exercise. *J Appl Physiol.* 1989;67(3):1245–9.

29. Hunter AM, de Vito G, Bolger C, Mullany H, Galloway SDR. The effect of induced alkalosis and submaximal cycling on neuromuscular response during sustained isometric contraction. *J Sports Sci.* 2009;27(12):1261–9.

30. Yamanaka R, Yunoki T, Arimitsu T, Lian C-S, Yano T. Effects of sodium bicarbonate ingestion on EMG, effort sense and ventilatory response during intense exercise and subsequent active recovery. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(5):851–8.

31. Housh TJ, deVries HA, Johnson GO, Evans SA, McDowell S. The effect of ammonium chloride and sodium bicarbonate ingestion on the physical working capacity

- at the fatigue threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62(3):189–92.
32. Matsuura R, Arimitsu T, Kimura T, Yunoki T, Yano T. Effect of oral administration of sodium bicarbonate on surface EMG activity during repeated cycling sprints. *Eur J Appl Physiol*. 2007;101(4):409–17.
33. Sieglar JC, Marshall P. The effect of metabolic alkalosis on central and peripheral mechanisms associated with exercise-induced muscle fatigue in humans. *Exp Physiol*. 2015;100(5):519–30.
34. Sieglar JC, Marshall PWM, Raftery S, Brooks C, Dowswell B, Romero R, et al. The differential effect of metabolic alkalosis on maximum force and rate of force development during repeated, high-intensity cycling. *J Appl Physiol*. 2013;115(11):1634–40.
35. Reaz MBI, Hussain MS, Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: Detection, processing, classification and applications. *Biol Proced Online*. 2006;8(1):11–35.
36. Kraemer WJ, Ratamess NA. *Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription*. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2004.
37. Kenttä G, Hassmén P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Medicine*. 1998.
38. Jensen MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain*. 1986.
39. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. *J Strength Cond Res*. 2001.
40. Borg G. The psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc*. 1982.
41. Noble BJ. Clinical applications of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1982.
42. Kelly VG, Coutts AJ. Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports. *Strength Cond J*. 2007.
43. Hosseinzadeh M, Andersen OK, Arendt-Nielsen L, Madeleine P. Pain sensitivity is normalized after a repeated bout of eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013.
44. Cruz dos Santos RR, Rodrigues Rossi R, Campos Caldas EC. Perception of Delayed Onset Muscle Soreness in Children and Adults Trained, Submitted to a Training Session of Force Eccentric. *Int J Sport Sci*. 2016;2(2):23–6.
45. Ferreira-Valente MA, Pais-Ribeiro JL, Jensen MP. Validity of four pain intensity rating scales. *Pain*. 2011;152(10):2399–404.
46. Krstrup P, Ermidis G, Mohr M. Sodium bicarbonate intake improves high-intensity intermittent exercise performance in trained young men. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015;12(1):1–7.

47. Artioli GG, Gualano B, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AW, Lancha AH. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007.
48. Duncan MJ, Weldon A, Price MJ. The effect of sodium bicarbonate ingestion on back squat and bench press exercise to failure. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1358–66.
49. Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *J Appl Physiol.* 2007.
50. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994.
51. Amann M. Central and peripheral fatigue: Interaction during cycling exercise in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2011.
52. World Anti-Doping Agency. World Anti-Doping Code International Standard: Prohibited List 2016. World Anti-Doping, 2016.
53. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40(03):497–504.
54. Gurney JM, Jelliffe DB. Arm anthropometry in nutritional assesment: monogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle ans fat mass. *Am J Clin Nutr.* 1973;26:912–5.
55. Martins A, Ceschini F, Battazza R, Rodriguez D, Allegretti G, Bocalini DS, et al. A Low-Volume Weight Training Protocol Reduces Abdominal Fat and Increases Muscle Strength in 12 Weeks. *J Exerc Physiol.* 2016;19(1):96–106.
56. Keskula DR, Dowling JS, Davis VL, Finley PW, Dell’omo DL. Interrater reliability of isokinetic measures of knee flexion and extension. *J Athl Train.* 1995;30(2):167–70.
57. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000 Oct;10(5):361–74.
58. Cavasini SM, Matsudo VK. Novos achados da escala brasileira de percepção subjetiva de esforço. In: CELAFISCS - Dez Anos de Contribuição as Ciências do Esporte. Primeira. São Caetano do Sul - SP; 1986.
59. Ayotte NW, Stetts DM, Keenan G, Greenway EH. Electromyographical analysis of selected lower extremity muscles during 5 unilateral weight-bearing exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Feb;37(2):48–55.
60. Coombes J, McNaughton LR. Effects of bicarbonate ingestion on leg strength and power during isokinetic knee flexion and extension. *J Strength Cond Res.* 1993;7(4):241–9.
61. Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>], pH, and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011.
62. Westerterp-Plantenga M, Diepvens K, Joosen AMCP, Bérubé-Parent S, Tremblay

A. Metabolic effects of spices, teas, and caffeine. *Physiol Behav.* 2006.

63. Maughan RJ, King DS, Lea T. Dietary Supplements. *J Sports Sci.* 2004;22:95–113.
64. Gough LA, Rimmer S, Osler CJ, Higgins MF. Ingestion of sodium bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>) following a fatiguing bout of exercise accelerates postexercise acid-base balance recovery and improves subsequent high-intensity cycling time to exhaustion. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017.
65. Haff GG, Koch a J, Potteiger J a, Kuphal KE, Magee LM, Green SB, et al. Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. Vol. 10, *International journal of sport nutrition and exercise metabolism.* 2000. p. 326–39.
66. Bacurau RFP, Bassit R a, Sawada L, Navarro F, ... Costa Rosa LFBP. Carbohydrate supplementation during intense exercise and the immune response of cyclists. *Clin Nutr.* 2002;21(5):423–9.
67. Aoki MS, Pontes Junior FL, Navarro F, Uchida MC, Bacurau RFP. Suplementação de carboidrato não reverte o efeito deletério do exercício de endurance sobre o subsequente desempenho de força. *Rev Bras Med do Esporte.* 2003;9(5):282–7.
68. Gayda M, Choquet D, Ahmaidi S. Effects of exercise training modality on skeletal muscle fatigue in men with coronary heart disease. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(2):32–9.
69. Suzuki FS, Kalytczak MM, Casarin CAS, Serra AJ, Evangelista AL, Marchetti PH, et al. Physical activity level does not influence the neuromuscular fatigue in adults. *Rev Bras Med Esporte Rev Bras Med Esporte –.* 2016 Apr;22(2):97–101.
70. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews J R, et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):556–69.
71. Dimitrov G V., Arabadzhiev TI, Mileva KN, Bowtell JL, Crichton N, Dimitrova NA. Muscle fatigue during dynamic contractions assessed by new spectral indices. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(11):1971–9.
72. González-Izal M, Malanda A, Navarro-Amézqueta I, Gorostiaga EM, ... Izquierdo M. EMG spectral indices and muscle power fatigue during dynamic contractions. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(2):233–40.
73. Zajac A, Cholewa J, Poprzecki S, Waśkiewicz Z, Langfort J. Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes. *J Sport Sci Med.* 2009.
74. Lindh AM, Peyrebrune MC, Ingham SA, Bailey DM, Folland JP. Sodium bicarbonate improves swimming performance. *Int J Sports Med.* 2008.
75. Siegler JC, Gleadall-Siddall DO. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2010.
76. Gao J, Costill DL, Horswill CA, Park SH. Sodium bicarbonate ingestion improves performance in interval swimming. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988.

77. Price MJ, Simons C. The effect of sodium bicarbonate ingestion on high-intensity intermittent running and subsequent performance. *J Strength Cond Res.* 2010.
78. Van Montfoort MCE, Van Dieren L, Hopkins WG, Shearman JP. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate lactate, and chloride on sprint running. *Med Sci Sport Exerc.* 2004.
79. Price MJ, Cripps D. The effects of combined glucose-electrolyte and sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise performance. *J Sports Sci.* 2012.
80. Driller MW, Gregory JR, Williams AD, Fell JW. The effects of chronic sodium bicarbonate ingestion and interval training in highly trained rowers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013.
81. Kupcis PD, Slater GJ, Pruscino CL, Kemp JG. Influence of sodium bicarbonate on performance and hydration in lightweight rowing. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;
82. Hobson RM, Harris RC, Martin D, Smith P, Macklin B, Elliott-Sale KJ, et al. Effect of sodium bicarbonate supplementation on 2000-m rowing performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014.
83. Artioli GG, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AC, Gualano B, Lancha AH. A ingestão de bicarbonato de sódio pode contribuir para o desempenho em lutas de judô? *Rev Bras Med do Esporte.* 2006;12(6):371–5.
84. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Podgórski T, Zawieja BE, Michalowska P, Łoniewski I, et al. The effect of a new sodium bicarbonate loading regimen on anaerobic capacity and wrestling performance. *Nutrients.* 2018;10(5):1–16.
85. Carr BM, Webster MJ, Boyd JC, Hudson GM, Scheett TP. Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(3):743–52.
86. Siegler JC, Marshall PWM, Finn H, Cross R, Mudie K. Acute attenuation of fatigue after sodium bicarbonate supplementation does not manifest into greater training adaptations after 10-weeks of resistance training exercise. *PLoS One.* 2018;13(5):1–18.
87. Webster MJ, Webster MN, Crawford RE, Gladden BL. Effect os sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(8):960–5.
88. Portington KJ, Pascoe DD, Webster MJ, Anderson LH, Rutland R, Gladden LB. Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):523–8.
89. Drouin JM, Valovich-McLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(1):22–9.
90. Lambert CP, Flynn MG. Fatigue during high-intensity intermittent exercise: Application to bodybuilding. *Sports Medicine.* 2002.
91. Siegler JC, Marshall PWM, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic

Performance. *Sport Med - Open*. 2016;2(1):41.

92. Siegler JC, Marshall PWM, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic Performance. *Sport Med - Open*. 2016;2(1):41.

93. Siegler JC, Marshall P, Pouslen MK, Nielsen NPB, Kennedy D, Green S. The effect of pH on fatigue during submaximal isometric contractions of the human calf muscle. *Eur J Appl Physiol*. 2014;115(3):565–77.

94. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sport Exerc By Am Coll Sport Med*. 2009.

## 6. ANEXOS

### 6.1 Anexo 1 – TCLE

#### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido -TCLE

Universidade Nove de Julho

Nome do voluntário: \_\_\_\_\_

Telefones para contato: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

As Informações contidas neste documento foram fornecidas por Marcelo Martins Kalytczak e pelo Prof. Dr. Fabiano Politti vinculados à Universidade Nove de Julho, e por Danilo Sales Bocalini vinculado a Universidade São Judas Tadeu, objetivando firmar acordo escrito mediante o qual, o voluntário acima autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com a capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

**1. Título do Trabalho:** A suplementação com bicarbonato de sódio pode aumentar a resistência à fadiga muscular? Um estudo crossover, randomizado, placebo controlado, blindado e duplo cego.

**2. Objetivo:** Investigar a influência da suplementação de bicarbonato de sódio no comportamento da fadiga muscular (cansaço do músculo).

**3. Justificativa:** A fadiga muscular pode ser determinante na definição do vencedor em modalidades esportivas que exigem ao máximo as capacidades físicas do atleta. A investigação sob uma perspectiva multidisciplinar (que envolve vários profissionais da saúde como: profissionais de educação física, fisioterapeutas, médicos e nutricionistas) poderá auxiliar na compreensão desse fenômeno (fadiga) e possibilitar a elaboração de estratégias para retardar o início deste processo e assim, melhorar o desempenho do atleta.

**4. Métodos:** Serão selecionados, 30 indivíduos do sexo masculino, fisicamente ativos e com experiência em treinamento de força. Os participantes serão submetidos a uma avaliação antropométrica (massa, estatura, índice de massa corporal e composição corporal), além do preenchimento de um questionário de qualidade de vida denominado IPAQ.

Após o fornecimento de todas as informações necessárias, os voluntários serão submetidos a realização do teste de força e avaliação da fadiga muscular de membros inferiores em um equipamento chamado dinamômetro isocinético (semelhante a cadeira extensora). A tarefa solicitada para o teste consistirá na realização de 10 séries de 10 repetições de extensão de joelho contra a resistência oferecida pelo equipamento, com intervalos de 1 minuto para recuperação entre as séries. Durante os intervalos de descanso, os voluntários serão submetidos as escalas de percepção subjetiva de dor (mede a dor através de uma escala de números que vai de 0 a 10), esforço e recuperação. Além disso, serão coletadas amostras de sangue através de uma agulha flexível (cateter intravenoso com agulha) inserida na parte anterior do antebraço. O procedimento de retirada de sangue será realizado por Juliana Dragoni Kalytczak, enfermeira capacitada e registrada no Conselho Regional de Enfermagem (Coren-SP) sob o número 345913.

Eletrodos autoadesivos descartáveis serão fixados na coxa dos voluntários, sobre os músculos reto femoral, vasto lateral e vasto intermédio, para a verificação da atividade

elétrica muscular durante a realização dos testes. Esses eletrodos não causam nenhum dano à pele do paciente.

O procedimento completo (pré-avaliação com dados antropométricos e questionários a serem preenchidos e execução dos testes) terá a duração de 1 hora, aproximadamente.

**5. Desconforto ou Riscos Esperados:** Os voluntários estarão suscetíveis a riscos mínimos durante a participação no trabalho experimental, podendo ocorrer desconforto causado pela agulha durante a coleta das amostras de sangue, pela força exercida durante a execução da tarefa, ou até desconforto muscular percebido até 48 horas após a realização dos testes.

A pesquisa será interrompida e o voluntário será excluído do estudo caso ocorra qualquer sensação de dor ou desconforto anormal durante os testes,

**Informações:** O voluntário tem garantia que receberá resposta a qualquer pergunta ou esclarecimentos quanto aos procedimentos, riscos benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa. Também os pesquisadores assumem o compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar a vontade do indivíduo em continuar participando.

**7. Benefícios:** A participação nesta pesquisa não trará benefícios diretos ao voluntário. No entanto, pode-se esperar uma importante contribuição para o estudo do fenômeno fadiga muscular.

**8. Retirada do Consentimento:** O voluntário não terá prejuízos caso não esteja de acordo com os procedimentos ou queira a qualquer momento deixar de participar deste estudo.

**9. Aspecto Legal:** Elaborados de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução n.º 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde – Brasília – DF.

**10. Garantia do Sigilo:** Os pesquisadores asseguram a privacidade dos voluntários quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

**11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa:** Não haverá nenhum valor econômico a receber ou a pagar pela participação dos voluntários.

**12. Local da Pesquisa:** A pesquisa será desenvolvida no Laboratório de Biomecânica da Universidade São Judas Tadeu – Campus Mooca. Rua Taquari, 546 - São Paulo – SP.

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Nove de Julho – COEP/Uninove.  
Av. Francisco Matarazzo, nº 612 - 1º andar – Prédio C – Água Branca, São Paulo - SP – 05001-100. Tels: (11) 3665-9310 / 3665-9309.

Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade São Judas Tadeu – CEP/USJT.  
Rua Taquari, 546 – Mooca, São Paulo - SP - 03166-000. Tel.: (11) 2799-1944 – e-mail: cep@usjt.br

**13. Nome Completo e telefones dos Pesquisadores para Contato:** Marcelo Martins Kalytczak - (11) 98159-5139; Fabiano Politti - (11) 98941 -8885.

**14. Consentimento Pós-Infomação:**

Eu, \_\_\_\_\_, portador de RG nº: \_\_\_\_\_, de nacionalidade: \_\_\_\_\_ e

profissão: \_\_\_\_\_, nascido em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que



minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo no meio científico.

\* Não assine este termo se ainda tiver alguma dúvida a respeito.

São Paulo, \_\_\_\_\_ de 2017.

Nome (por extenso): \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

1ª via: Instituição - 2ª via: Voluntário

**6.2 Anexo 2 - Escala de Percepção Subjetiva de Esforço**

<b>PONTUAÇÃO</b>	<b>DESCRITOR DE ESFORÇO PERCEBIDO</b>
<b>6</b>	<b>MUITO LEVE</b>
<b>7</b>	
<b>8</b>	
<b>9</b>	<b>LEVE</b>
<b>10</b>	
<b>11</b>	<b>RELATIVAMENTE LEVE</b>
<b>12</b>	
<b>13</b>	<b>LIGEIRAMENTE INTENSO</b>
<b>14</b>	
<b>15</b>	<b>INTENSO</b>
<b>16</b>	
<b>17</b>	<b>MUITO, MUITO INTENSO</b>
<b>18</b>	
<b>19</b>	<b>EXAUSTIVO</b>
<b>20</b>	

**6.3 Anexo 3 - Escala Numérica Verbal de Dor – ENVD**

LEVE			MODERADA					INTENSA		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausência de dor										Pior dor imaginável

## 6.4 Anexo 4 - Controle de Randomização

18/04/17 16:39

**A Randomization Plan**  
from  
<http://www.randomization.com>

1.	<u>Felipe Lyrino Teodoro</u> o Blue o Red	13/04	14/05	M/d
2.	<u>Leon Reillo</u> o Red o Blue	24/04	29/05	M/c
3.	<u>Kalid Chaaban</u> o Blue o Red	18/05	22/05	M/d
4.	<u>Maurer Felipe</u> o Red o Blue	19/05	24/05	M/d
5.	<u>Paulo</u> o Blue o Red	17/05	20/05	M/d
6.	<u>José Carlos</u> o Red o Blue	22/05	13/06	M/d
7.	<u>Reginaldo da Silva</u> o Red o Blue	09/06	19/06	M/d
8.	<u>Ismael Barbosa</u> o Red o Blue	04/06	20/06	M/d
9.	<u>Gabriel Muniz</u> o Blue o Red	02/06	11/06	M/d
10.	<u>Leandro</u> o Blue o Red	12/06	17/06	M/d
11.	<u>Diego Franco</u> o Red o Blue	11/06	17/06	M/d
12.	<u>Nicolas</u> o Blue o Red	27/06	17/06	M/d

12 subjects randomized into 2 blocks