



RICARDO AUGUSTO SILVA DE SOUZA

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE
BICARBONATO DE SÓDIO EM ATLETAS DE *CROSSFIT*[®]**

**LAVRAS - MG
2021**

RICARDO AUGUSTO SILVA DE SOUZA

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE BICARBONATO DE SÓDIO EM
ATLETAS DE *CROSSFIT*[®]**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde, área de concentração Nutrição e Saúde, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva

Orientador

Prof. Dr. Bryan Saunders

Coorientador

LAVRAS - MG

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

de Souza, Ricardo Augusto Silva.

Efeitos da suplementação aguda de bicarbonato de sódio em
atletas de CrossFit® / Ricardo Augusto Silva de Souza. - 2021.

72 p. : il.

Orientador(a): Sandro Fernandes da Silva.

Coorientador(a): Bryan Saunders .

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Nutrição. 2. Esporte. 3. Tamponante. I. da Silva, Sandro
Fernandes. II. , Bryan Saunders. III. Título.

RICARDO AUGUSTO SILVA DE SOUZA

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE BICARBONATO DE SÓDIO EM
ATLETAS DE *CROSSFIT*[®]
EFFECTS OF ACUATE SODIUM BICARBONATE SUPPLEMENTATION ON
CROSSFIT[®] ATHLETES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde, área de concentração Nutrição e Saúde, para a obtenção do título de Mestre.

 Aprovado em 27 de agosto de 2021.

Prof. Dr. Guilherme Giannini Artioli - USP

Prof. Dr. Wilson Cesar de Abreu - UFLA

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva

Orientador

Prof. Dr. Bryan Saunders

Coorientador

LAVRAS - MG

2021

À Deus por iluminar meu caminho e dar-me forças para enfrentar todas as dificuldades. À minha família pelo apoio e compreensão. E a todos os meus amigos por sempre acreditarem no meu potencial.

Dedico

RESUMO

O CrossFit® é uma modalidade esportiva de alta intensidade e é constituído por elementos de condicionamento cardiovascular, levantamento de peso e movimentos de ginástica. O bicarbonato de sódio pode levar a melhorias de desempenho durante exercícios de alta intensidade. Entretanto poucos estudos investigaram os efeitos da suplementação de bicarbonato de sódio em exercícios específicos de CrossFit®. Por esse motivo esse estudo tem como objetivo investigar os efeitos da suplementação aguda de bicarbonato de sódio em exercícios de CrossFit®. A presente pesquisa foi caracterizada como sendo um estudo experimental, duplo-cego, placebo-controlado e cruzado, constituído por praticantes de CrossFit®. Participaram do estudo 17 sujeitos (idade $29 \pm 5,2$ anos; massa corporal $82,4 \pm 9,3$ kg; altura $1,76 \pm 0,05$ metros; IMC $26,54 \pm 2,62$ kg/m²) com 1 ano no mínimo de treinamento. Foi solicitado aos participantes que comparecessem a quatro visitas distintas: uma familiarização com o protocolo de exercícios, uma sessão de controle e duas sessões de intervenção randomizada (placebo e bicarbonato de sódio). Os participantes ingeriram 0,3 g/kg de peso de bicarbonato de sódio ou placebo (amido) 120 minutos antes do exercício. O desempenho do CrossFit® foi avaliado usando o benchmark Fran seguido por 500 metros de remo ergométrico. A fadiga neuromuscular foi avaliada pré e pós-exercícios por meio de um salto vertical contramovimento. Amostras de sangue da ponta dos dedos foram coletadas em vários momentos durante o protocolo para análise de pH, bicarbonato, lactato, excesso de base, SBC, glicose. A frequência cardíaca foi registrada ao longo do protocolo e a avaliação de percepção subjetiva de esforço (PSE) foi registrada imediatamente após o final do teste de remo. Um questionário foi utilizado para avaliar a presença de sintomas de desconforto gastrointestinal durante as duas horas anteriores ao começo dos testes. Fran, Remo, PSE da sessão, valores sanguíneos (pH, bicarbonato, lactato, excesso de base, SBC, glicose), desempenho do salto (altura, potência) e frequência cardíaca foram analisados usando um modelo misto. Os indivíduos foram considerados um fator aleatório para todos os modelos mistos. Foi também calculado o effect size. Em todas as análises o nível de significância foi $p < 0,05$. Foi encontrado efeito estatisticamente significativo para o desempenho no benchmark Fran ($P = 0,003$) com delta percentual entre bicarbonato de sódio e placebo de 7,23%. Não houve diferença significativa entre as sessões nos 500 metros de remo. Não ocorreu diferença na altura e potência no salto contramovimento, frequência cardíaca e PSE entre as sessões. Após a suplementação de bicarbonato de sódio houve um aumento de bicarbonato sérico de 39,63% e pH sérico ($P = < 0,0001$). Os voluntários não apresentaram desconfortos gástricos severos que pudessem comprometer o andamento do protocolo. Em conclusão, nosso estudo mostrou que o bicarbonato de sódio melhorou o desempenho do CrossFit® em comparação a uma sessão de controle, mas não com o placebo. Não diminuiu a fadiga neuromuscular dos voluntários, as respostas apresentadas pelos voluntários como frequência cardíaca e PSE mostram que o benchmark Fran é um exercício com predominância de alta intensidade.

Palavras-chave: Alta intensidade. Desempenho. HIIT. Acidose. Fadiga muscular. Metabolismo.

ABSTRACT

CrossFit® is a high-intensity sport modality that consists of elements of cardiovascular conditioning, weight lifting, and gymnastic movements. Sodium bicarbonate can lead to performance improvements during high-intensity exercises. However, few studies have investigated the effects of sodium bicarbonate supplementation on specific CrossFit® routines. For this reason, this study aims to examine the effects of acute sodium bicarbonate supplementation in CrossFit® exercises. The present study was defined as an experimental, randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover research consisting of CrossFit® practitioners. Seventeen practitioners of the sport participated in the study (age 29 ± 5.2 years; body mass 82.4 ± 9.3 kg; height 1.76 ± 0.05 meters; body mass index 26.54 ± 2.62 kg/m²) with at least one year of regular training. Participants were invited to attend four separate sessions: familiarization with the exercise protocol, a control session, and two randomized intervention sessions (placebo and sodium bicarbonate). Participants ingested 0.3 g/kg of body weight of sodium bicarbonate or placebo (starch) 120 minutes before exercising. CrossFit® performance was evaluated using the Fran benchmark followed by a 500-meter row on a rowing machine. Neuromuscular fatigue was assessed pre and post-exercise using a countermovement vertical jump. Fingertip blood samples were collected at various times during the protocol for analysis of pH, bicarbonate, lactate, base excess, SBC, glucose. Heart rate was recorded throughout the protocol and the assessment of perceived exertion (RPE) was recorded immediately after the end of the two exercises. A questionnaire was used to assess symptoms of gastrointestinal discomfort during the two hours before the beginning of the protocol. Fran, Remo, Session RPE, blood values (pH, bicarbonate, lactate, base excess, SBC, glucose), jumping performance (height, power), and heart rate were analyzed using a mixed model. The participants were considered a random factor for all mixed models. The effect size was also calculated. In all analyses, the significance level was $p < 0.05$. A statistically significant effect was found for the Fran benchmark ($P = 0.003$) with a 7.23% percent delta between sodium bicarbonate and the placebo. There was no significant difference between the preparations in the 500-meter row. There was no difference in height and power in the countermovement vertical jump, heart rate, and RPE between sessions. After the sodium bicarbonate supplementation, there was an increase of serum bicarbonate of 39.63% and serum pH ($P = <0.0001$). Volunteers did not present severe gastric discomfort that could compromise the progress of the protocol. In conclusion, our study showed that sodium bicarbonate improved CrossFit® performance compared to the control session, but not to the placebo. It did not reduce the neuromuscular fatigue of the volunteers, the volunteers' responses such as heart rate and PSE show that the Fran benchmark is an exercise predominantly of high intensity.

Keywords: High Intensity. Acting. Hift. Acidosis. Muscle Fatigue. Metabolism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Efeitos do HIIT músculo esquelético. (Adaptada).....	15
Figura 3- Transportadores de monocarboxilato (MCT1 e MCT4).....	21
Figura 4- Fluxograma das visitas	29
Figura 5- Desenho experimental do procedimento controle	31
Figura 6- Tempo médio dos voluntários no benchmark Fran (*p<0,05)	38
Figura 7- Tempo médio dos voluntários nos 500 metros de remo.	39
Figura 8- Frequência cardíaca média dos voluntários nos níveis baseline, pós – benchmark Fran e pós – remo. a= pós - Fran diferente de baseline, b = pós - Fran diferente de pós – remo.	40
Figura 9- A altura média do salto dos voluntários nos níveis pré - Fran, pós – Fran e pós – remo. a= pós - remo diferente de pré – Fran, b = pós - remo diferente de pós - Fran.....	41
Figura 10- A potência média do salto dos voluntários nos níveis pré - Fran, pós – Fran e pós – remo. a= pós- benchmark Fran diferente de pós-500 metros de remo	42
Figura 11- PSE sessão média dos voluntários.	43
Figura 12- O bicarbonato sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós – benchmark Fran, b = pré – exercício diferente pós – remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.....	44
Figura 13- pH sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós – Fran, b = pré – exercício diferente pós – remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.	45
Figura 14- Glicose sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós – Fran, b = pós - Fran diferente pós – remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.	46
Figura 15- Lactato sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.	47
Figura 16- BE-ecf sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.....	48
Figura 17- BE-b sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.....	49
Figura 18- SBC sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição da refeição por kg/peso dos voluntários	33
Tabela 2- Descrição dos participantes	37
Tabela 3- Recordatórios alimentares 48 horas dos voluntários anteriores à sessão bicarbonato de sódio e placebo.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Exercícios de alta intensidade	14
2.2 Fadiga Muscular	16
2.3 Equilíbrio ácido-base	18
2.4 Produção de íon de hidrogênio durante o exercício	19
2.6 Transportadores de monocarboxilato (proteínas MCT)	20
2.7 Adaptações ocasionada pelo exercício físico nos sistemas tampões	20
2.8 Bicarbonato de sódio	21
2.9 CrossFit®	22
2.10 Respostas Fisiológicas	25
3 OBJETIVOS	27
3.1 Objetivo Geral	27
3.2 Objetivos Específicos	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Delineamento e aspectos éticos	28
4.2 Critérios de inclusão e exclusão	28
4.3 Desenho experimental	28
4.3.1 Recomendações Pré-Teste	29
4.3.2 Recomendações e Procedimentos Controle	29
4.3.3 Recomendações e Procedimentos Bicarbonato/Placebo	31
5 MÉTODOS	32
5.1 Administração do bicarbonato de sódio ou placebo	32
5.2 Questionários de desconforto gástrico	32
5.3 Refeição oferecida na randomização	33
5.4 Antropometria	33
5.4.1 Estatura e massa corporal	33
5.5 Exercícios de Crossfit®	33
5.5.1 Benchmark Fran	33
5.5.2 Remo	34
5.6 Controle de treinamento	34
5.6.1 Potência muscular de membro inferior	34
5.6.2 Percepção de esforço (PSE)	35

5.6.3 Frequência cardíaca	35
5.6.4 Parâmetros bioquímicos.....	35
5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
6 RESULTADOS	37
6.1 Caracterização da amostra	37
6.2 Dados nutricionais da amostra.....	37
6.3 Desempenho	37
6.4 Medidas fisiológico	39
6.5 Medida bioquímico	43
7 DISCUSSÃO	51
7.1 Desempenho	51
7.2 Parâmetros fisiológicos.....	52
7.3 Parâmetros bioquímicos.....	53
8 LIMITAÇÕES	55
9 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA ATLETAS E TREINADORES	55
10 PERSPECTIVAS PARA FUTURAS PESQUISAS	55
11 CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE A	67
APÊNDICE B.....	69
ANEXO A.....	71
ANEXO B.....	72

1 INTRODUÇÃO

Em modalidades esportivas de alta intensidade no decorrer do exercício físico ocorre o aumento de íons de hidrogênio (H^+). Consequente aumentando a concentração de lactato nas células musculares, que é produzido em condições anaeróbicas e aeróbicas, removendo o H^+ do citosol e formando moléculas que são usadas para geração de trifosfato de adenosina (ATP), para manter a glicólise (LEE, 2021). O lactato não diminui a acidose muscular, sendo que esse aumento de acidificação nos músculos tem influência direta sobre o desenvolvimento e percepção de fadiga (FERGUSON; ROGATZKI; GOODWIN; KANE *et al.*, 2018).

Os mecanismos relacionados a fadiga muscular, que comprometem a manutenção do exercício físico, são a inibição das enzimas primordiais ao sistema energético (SPRIET; LINDINGER; MCKELVIE; HEIGENHAUSER *et al.*, 1989), bem como uma diminuição do potencial da estimulação muscular (FABIATO; FABIATO, 1978). A eliminação de H^+ das células musculares, pelos sistemas de tamponamento são de extrema importância para a manutenção da contratilidade muscular. Para que ocorra a diminuição da acidose causada pelo aumento de H^+ , nosso organismo possui mecanismos de tamponamentos intracelulares (fosfato e dipeptídeo) e extracelulares (bicarbonato, HCO_3^- e proteínas plasmáticas) (ARTIOLI; GUALANO; SMITH; STOUT *et al.*, 2010), sendo bicarbonato o principal contribuinte para o tamponamento no sangue. O aumento do conteúdo de bicarbonato sérico pode melhorar o desempenho de alta intensidade, sendo a suplementação de bicarbonato de sódio (BS) proposta como um auxílio ergogênico em exercícios de alta intensidade. Efeitos benéficos sobre o desempenho físico tem sido observados em esportes de alta intensidade (DRILLER; GREGORY; WILLIAMS; FELL, 2013; LOPES-SILVA; DA SILVA SANTOS, 2018).

O *CrossFit*[®] é uma das modalidades esportivas que mais crescem no mundo. É um treinamento funcional de alta intensidade, consistindo em exercícios chamados de *WOD's* (*workout of the day*). A base dos *WOD's* é constituída por atividade cardiovascular, levantamento de peso e movimentos de ginástica (DE SOUZA; DA SILVA; DE SOUZA; SOUZA *et al.*, 2021). Para monitorar o desempenho dos atletas durante os seus ciclos de treinamento é usado os benchmarks da *CrossFit*[®], comparando seu desempenho ao longo do tempo (maior quantidade de repetições, menor tempo para conclusão do exercício, etc) (BUTCHER, S.; NEYEDLY, T. J.; HORVEY, K. J.; BENKO, C. R., 2015). Esses *benchmarks* recebem nomes femininos como “Grace”, “Fran” e “Cindy”, embora também haja *benchmarks* que são nomeados em homenagem a militares mortos em ação (GLASSMAN, 2007). Com o treinamento pode ocorrer melhoras nas capacidades aeróbicas e de resistência muscular dos

indivíduos (BARFIELD; ANDERSON, 2014). Porém, a carga excessiva de treinos pode ocasionar *overtraining* (DRAKE; SMEED; CARPER; CRAWFORD, 2017), e lesões por diferentes fatores como excesso de treinamento, nutrição inadequada e descanso insuficiente (DE SOUZA; DA SILVA; DE SOUZA; SOUZA *et al.*, 2021).

Apesar dessa popularidade existem poucos estudos que avaliaram os efeitos do uso da suplementação de BS sobre o desempenho dos atletas e seus praticantes. Em um estudo que avaliou uso de bicarbonato de sódio (BS) de forma crônica e progressiva e foi encontrado um aumento na quantidade de repetições no benchmark *Fight Gone Bad* após os sujeitos suplementarem com BS (DURKALEC-MICHALSKI; ZAWIEJA; PODGÓRSKI; ŁONIEWSKI *et al.*, 2018). Pelo fato do *CrossFit*[®] possibilitar várias alternativas para a melhoria de desempenho dos indivíduos, há a necessidade de um maior esclarecimento com o uso agudo do bicarbonato de sódio para a melhora do desempenho no *CrossFit*[®].

O objetivo deste estudo é de verificar a influência da suplementação aguda de BS, no desempenho físico e respostas neuromusculares, e as respostas metabólicas em praticantes de *CrossFit*[®]. Nossa hipótese era que o BS ofertado de forma aguda iria melhorar o desempenho dos atletas/praticantes de *CrossFit*[®] devido alta intensidade específica da modalidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Exercícios de alta intensidade

Atualmente, ocorreram diversos avanços quanto ao incentivo e à prática de exercício físico no Brasil. Entretanto, nosso país possui grande parte de sua população inativa fisicamente. Quanto mais precocemente a prática de exercício físico é incentivada e se tornar um hábito de vida, maiores serão os benefícios para a saúde (SAÚDE, 2021) A sua realização está associado com inúmeros benefícios para a saúde física e mental, diminuindo o risco de desenvolver doença coronária arterial, AVC, diabetes tipo 2 e algumas formas de câncer, auxilia também na redução da pressão arterial, melhora o perfil de lipoproteínas, proteína C reativa e outros biomarcadores da doença coronária arterial, aumenta a sensibilidade a insulina e melhora o controle de peso corporal (GARBER; BLISSMER; DESCHENES; FRANKLIN *et al.*, 2011). Em indivíduos idosos o exercício auxilia a prevenção de perda de massa óssea e muscular reduz os riscos de quedas (NELSON; REJESKI; BLAIR; DUNCAN *et al.*, 2007). Além disso o exercício físico auxilia reduzindo na prevenção e no tratamento de quadros depressivos leves ou moderados e da ansiedade (BIBEAU; MOORE; MITCHELL; VARGAS-TONSING *et al.*, 2010).

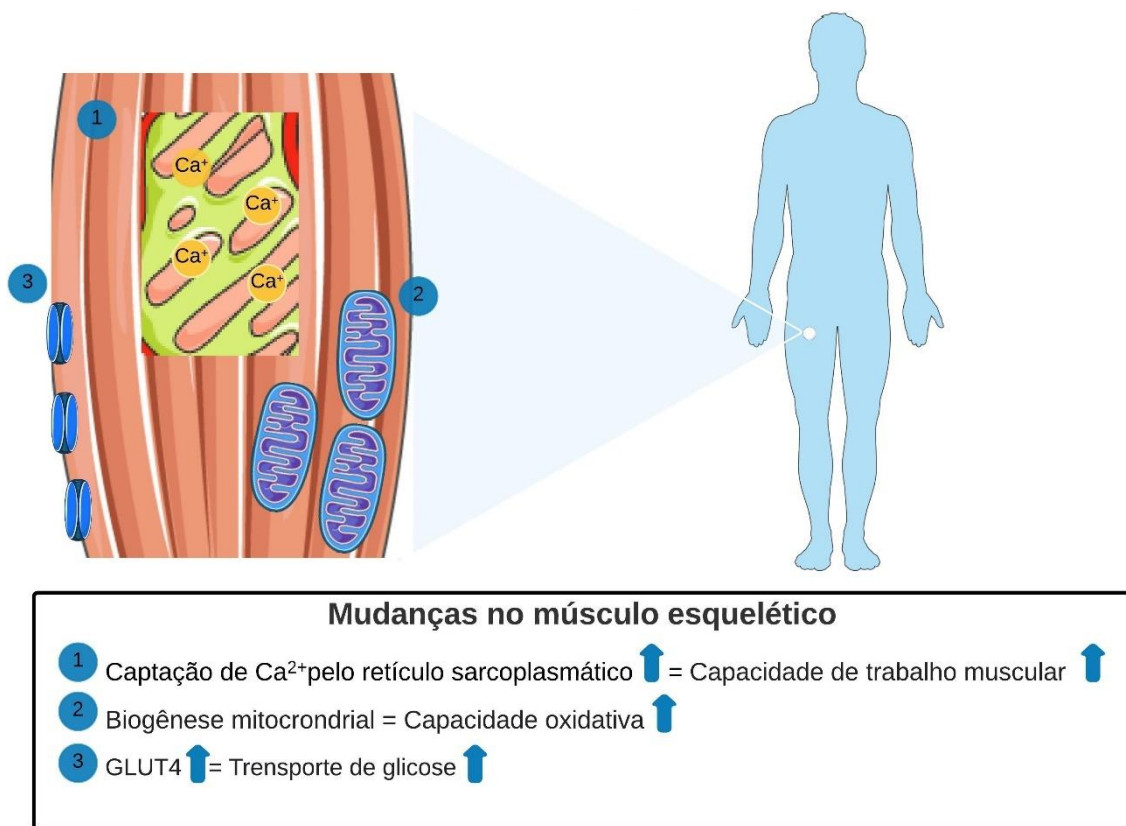
Entretanto a adoção de exercícios físicos é baixa, pela maioria da população, em 2015 o IBGE identificou que 37,9% da população brasileira acima de 15 anos praticava algum tipo de exercício físico (IBGE, 2017), sendo uma alternativa o exercício de alta intensidade pelo seu pouco tempo de realização e benefícios encontrados com a sua prática como sendo volumes de treinamentos mais curtos, incorpora movimentos funcionais, há uma menor necessidade de equipamentos, reduzindo custos e ocupando menos espaço, a variação de exercícios e movimentos, intervalos, equipamentos, reduzindo o potencial de descontentamento e adaptação, menos problemas relacionados com o treinamento de resistência de alto volume e pode ser direcionado para todos os níveis de aptidão, habilidade e adaptação, respeitando a individualidade do indivíduo (HADDOCK; POSTON; HEINRICH; JAHNKE *et al.*, 2016).

O exercício de alta intensidade é encontrado em uma ampla gama de esportes, com estímulos curtos ou longos, como em corrida de curta e média distância, em esforços repetitivos de alta intensidade e em esportes coletivos como futebol, handebol e basquete (SAHLIN, 2014). O exercício de alta intensidade traz benefícios cardiovasculares e metabólicos e é adequado a sua implementação em populações saudáveis e com comorbidades. O *HIIT (High Intensity Interval Training)* que é um treinamento de alta intensidade, tem o potencial de aumentar o conteúdo de GLUT-4 no músculo esquelético, capacidade de aumentar adaptações

mitocondriais benéficas como componentes que regulam a biogênese mitocondrial muscular (receptor ativado por proliferador de peroxissomo, gama, coativador 1, alfa (PGC-1 α), melhorar a captação de Ca^{2+} pelo retículo sarcoplasmático melhorando significativamente a capacidade do músculo e melhora nas funções diastólicas e sistólicas. (CASSIDY; THOMA; HOUGHTON; TRENELL, 2017) (Figura 1).

Figura 1- Efeitos do HIIT músculo esquelético. (Adaptada)

Efeitos *do HIIT* músculo esquelético



Fonte: (CASSIDY; THOMA; HOUGHTON; TRENELL, 2017).

A quantidade de ATP derivado da utilização da PCr (fosfocreatina) e da glicólise anaeróbica depende da duração e intensidade do exercício. Durante os primeiros 3s de estímulo, a proporção de ATP utilizado oriundo da PCr é maior que dá glicólise, contribuindo com 70% da formação de ATP, após alguns segundos de estímulo máximo a degradação de PCr diminui, aumentando a importância da glicólise (SAHLIN, 2014). A utilização de PCr é ligada ao aumento da concentração de fosfato, que é um substrato limitado para a etapa de geração do

fluxo da glicólise, O aumento no Pi irá promover a glicólise e pode explicar a mudança no fornecimento de ATP de PCr para glicólise (CHASIOTIS; SAHLIN; HULTMAN, 1982).

No exercício de alta intensidade, repetidos e intensos, a dependência da via glicolítica aumenta várias centenas de vezes. Sendo que a ressíntese de ATP ocorre através da quebra simultânea de fosforilcreatina e da glicólise anaeróbica (NADERI; EARNEST; LOWERY; WILSON *et al.*, 2016). A glicólise anaeróbica fornece 1,5 mmol de ATP por mmol de lactato. Durante um estímulo máximo do $VO_{2MÁX}$, o lactato muscular pode aumentar de 5 a 113 mmol/kg, correspondendo a 162 mmol ATP / kg (SAHLIN; HARRIS; NYLIND; HULTMAN, 1976). Para se manter na faixa de concentração sérica, o lactato é normalmente removido imediatamente dos tecidos, principalmente no músculo esquelético. Ou pode ser liberado e absorvido pelos tecidos musculares, cardíacos, cerebrais, renais e hepático. O lactato também pode sofrer metabolização por oxidação direta ou ser transformado em glicose (LEE, 2021).

A proporção de produção anaeróbica de ATP oriundo do PCr será elevada no início do exercício, enquanto a glicólise anaeróbica irá ser importante após cerca de 6s de exercício intenso (GAITANOS; WILLIAMS; BOOBIS; BROOKS, 1993). A PCr é ressintetizado rapidamente durante a recuperação, sendo metade recuperada após ~30s (HARRIS; EDWARDS; HULTMAN; NORDESJÖ *et al.*, 1976), entretanto a remoção do lactato muscular é mais demorada, sendo a sua metade acumulada removida após ~10 min de recuperação (SAHLIN; HARRIS; NYLIND; HULTMAN, 1976) (Figura 2).

2.2 Fadiga Muscular

O uso intenso e repetido do músculo leva a uma queda do desempenho, chamado de fadiga muscular. A fadiga muscular é descrita como uma redução na capacidade do músculo produzir força ou potência (ENOKA; DUCHATEAU, 2008). A depleção de substratos energéticos e o acúmulo de subprodutos metabólicos contribuem para a fadiga do músculo esquelético durante a contração muscular intensa e repetida (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008).

A fadiga pode ser dividida em duas: central e periférica, nesse tópico iremos destacar a fadiga periférica. A fadiga central se dá pela incapacidade do sistema nervoso central manter ou ativar a potência e força no músculo (GANDEVIA, 2001). Foram desenvolvidas várias hipóteses sobre quais seriam os neurotransmissores responsáveis, incluindo a serotonina, dopamina e acetilcolina. O aumento da serotonina cerebral pode ter efeitos importantes na excitação, letargia, sonolência e humor que podem estar associadas a percepção alterada de esforço e fadiga muscular, sendo esse aumento prejudicial a função do SNC durante exercícios

prolongados (DAVIS; BAILEY, 1997). Quando a atividade dopaminérgica é reduzida nos exercícios prolongados, a fadiga é precipitada por uma perda de coordenação e/ou redução da motivação. A síntese, liberação e receptação de acetilcolina são essenciais para a geração de força muscular. A fadiga durante exercícios prolongados pode se dar por uma diminuição na atividade colinérgica, subsequente a depleção de disponibilidade de colina, que é o precursor da acetilcolina (CONLAY; SABOUNJIAN; WURTMAN, 1992).

A fadiga periférica, ocorre em períodos de alta demanda energética e conseqüentemente com a diminuição do ATP muscular que causa as condições celulares para o desenvolvimento da fadiga no início do exercício. As concentrações de ATP inicialmente permanecem quase constante e a fosfocreatina se decompõe em creatina e fosfato, para manter o ATP muscular. Durante exercícios intensos, a produção de energia a partir da fosfocreatina pode continuar até que seus estoques estejam bastante esgotados (BAKER; MCCORMICK; ROBERGS, 2010).

Com a continuidade do exercício por mais tempo que alguns segundos, a energia para regenerar ATP é cada vez mais decorrente de glicose sanguínea e glicogênio muscular (PILEGAARD; DOMINO; NOLAND; JUEL *et al.*, 1999). O aumento de glicose-6-fosfato, a produção de glicogenólise e o aumento da captação de glicose fornecem uma fonte rápida de energia que degrada glicose-6-fosfato em piruvato. O nome dessa via é chamado de glicólise.

Com o decorrer do exercício físico em alta intensidade, haverá maior ativação da glicólise anaeróbica. A taxa de glicólise aumenta em até 100 vezes em relação ao repouso e com esse aumento há uma rápida liberação de ATP e conseqüentemente com a sua hidrólise ocorre maior liberação de íons de H^+ . Esse acúmulo de H^+ diminuição do pH reduz as atividades de enzimas glicolíticas, sendo as mais afetadas as fosforilase e fosfofrutoquinase isso resultando em uma menor produção de ATP à partir dessa via (GASTIN, 2001).

Os estoques de glicogênios diminuem durante os exercícios de alta intensidade, favorecendo a fadiga do indivíduo. Em um nível diminuído de glicogênio muscular, ocorre uma diminuição rápida da liberação do Ca^{2+} no retículo sarcoplasmático (ØRTENBLAD; WESTERBLAD; NIELSEN, 2013). Isso favorece redução da força devido a diminuição da contração muscular provocando assim o aparecimento mais rápido da fadiga muscular.

Em humanos, o pH muscular de repouso é $\sim 7,05$ e em algumas situações, como durante o exercício físico, o pH diminui para $\sim 6,8$ ou $6,9$ acarretando a exaustão física, indicando que a fadiga muscular em humanos frequentemente ocorre sem grandes aumentos de H^+ (BANGSBO; MADSEN; KIENS; RICHTER, 1996).

O aumento dos íons de H^+ acarreta prejuízos na liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático (FITTS, 1994), atrapalhando a contração muscular, pois inibi a ação do cálcio

na contratilidade muscular, alterando a ação das pontes cruzadas, diminuem e/ou inibindo a função das proteínas contrateis e favorecendo a perda de função contrátil durante a fadiga.

2.3 Equilíbrio ácido-base

O pH se refere a concentração de prótons ou H^+ ($pH = -\log [H^+]$), encontrado no meio, portanto o pH baixo corresponde à concentração de H^+ elevada, e o pH alto corresponde à concentração de H^+ baixa. As soluções com valores de $pH < 7$ são ácidas, enquanto aquelas com valores de $pH > 7$ são consideradas básicas.

O pH arterial ideal no ser humano é de 7,4. A homeostasia ácido-base no organismo quando é perturbada pode trazer algumas consequências negativa ao funcionamento dos sistemas orgânicos (GORE; RODRÍGUEZ; TRUIJENS; TOWNSEND *et al.*, 2006). NO exercício de alta intensidade, no qual pode ocorrer a diminuição do pH até 6,2, ocorrerá prejuízos a contração muscular e força dos indivíduos (SUNDBERG; HUNTER; TRAPPE; SMITH *et al.*, 2018).

O organismo possui maneira distintas para que ocorra a regulação da concentração de H^+ nos líquidos corporais, para evitar a acidose e a alcalose, sendo três sistemas primários que realizam essa regulação: (1) os sistemas tampões químicos ácido-base dos líquidos corporais que se combinam, imediatamente, com ácido ou base para assim evitar grandes mudanças na concentração de H^+ , (2) o centro respiratório, que regula a remoção de CO_2 (e, dessa forma de ácido carbônico) do líquido extracelular, e (3) os rins, que podem eliminar tanto urina ácida quanto alcalina, estabelecendo a concentração de H^+ no líquido extracelular para níveis ideais, durante a acidose e alcalose.

Em exercícios de alta intensidade ocorre um aumento da produção de H^+ , que podem provocar uma diminuição do desempenho do indivíduo, a partir de dois mecanismos, o primeiro é a capacidade da célula muscular de produzir ATP pela inibição de enzimas essenciais na produção aeróbica e anaeróbica de ATP (glicogênio fosforilase e fosfofrutoquinase) (JUBRIAS; CROWTHER; SHANKLAND; GRONKA *et al.*, 2003). O segundo, os íons competem com os íons de cálcio pelo sítios de ligação na troponina e, assim diminuindo a força isométrica, mas reduções pronunciadas na velocidade de encurtamento sem carga e potência de pico (SUNDBERG; HUNTER; TRAPPE; SMITH *et al.*, 2018).

O sistema de tamponamento de bicarbonato certamente é o sistema tampão mais importante do corpo (BROCH-LIPS; OVERGAARD; PRAETORIUS; NIELSEN, 2007). Envolve o ácido fraco H_2CO_3 , que é formado no organismo pela reação do CO_2 com H_2O . Essa reação ocorre de forma lenta e quantidades muito pequenas de H_2CO_3 são formados se a enzima

anidrase carbônica não estiver no meio. Essa enzima é abundante nas paredes dos alvéolos pulmonares, onde o CO₂ é excretado, ainda se encontra presente nas células epiteliais dos túbulos renais, onde o CO₂ reage com H₂O reage formando H₂CO₃.

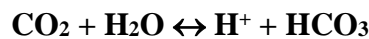
O H₂CO₃ se ioniza fracamente e forma pequenas quantidades de H⁺ e HCO₃.



2.4 Produção de íon de hidrogênio durante o exercício

Sabe-se que o aumento da acidose no organismo durante o exercício, irá dificultar a manutenção do exercício por alguns motivos. Sendo três principais esses mecanismos.

A produção de dióxido de carbono (CO₂), que é um produto final da oxidação de carboidratos, gorduras e proteínas, pode ser considerado um ácido que reagindo com a água formar-se ácido carbônico (H₂CO₃). A dissociação do ácido carbônico, forma H⁺ e HCO₃ (bicarbonato).



No decorrer do dia, o corpo produz através do metabolismo normal uma grande quantidade de CO₂. Durante o exercício físico há aumento da produção metabólica de CO₂ e assim acrescenta uma carga extra á esse mecanismo.

Com a maior necessidade de energia, em atividades de alta intensidade, ocorre uma maior hidrólise do ATP, fornecendo energia rápida ao meio, e acarretando a liberação de íons de H⁺ (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004), que o organismo não consegue tamponar de forma eficaz, acarretando o aumento a concentração de H⁺ na célula muscular. Exemplificando na seguinte reação:



Por esse motivo a hidrólise de ATP pode ser uma importante fonte de íons de H⁺ nos músculos em contração.

Ao longo do tempo vários pesquisadores atribuíram que a produção de ácido láctico no músculo durante o exercício de alta intensidade era um fator decisivo para a diminuição do pH muscular (BÖNING; MAASSEN, 2008).

Atualmente sabe-se o ácido lático se dissocia imediatamente em lactato e H⁺. E esse aumento de H⁺ através dessa reação tem o potencial de aumentar a acidose muscular (LEE, 2021)

Está evidente que a produção de H^+ nos músculos na contração no exercício de alta intensidade pode ser á partir de vários mecanismos diferentes. Por esses motivos a acidose causada nos músculo pode ser causada por diversas formas.

2.6 Transportadores de monocarboxilato (proteínas MCT)

Durante o exercício físico o metabolismo energético gera produtos como lactato e H^+ . A remoção desses produtos lactato e H^+ é realizado pelos transportadores de monocarboxilato (JUEL; HALESTRAP, 1999). São descritos na literatura 14 isoformas de de MCTs, algumas não possuindo função estabelecida, entretanto outras já estão bem descritas (BONEN; HEYNEN; HATTA, 2006). No músculo esquelético as isoformas MCT1 MCT4 são predominantes (HASHIMOTO; MASUDA; TAGUCHI; BROOKS, 2005). A isoforma MCT1 tem sido relacionada com o conteúdo mitocondrial muscular, sendo encontrada em maior proporção na membrana sarcolemal das fibras oxidativas (HASHIMOTO; HUSSIEN; BROOKS, 2006). A isoforma MCT4 se encontra em maior quantidade expressa na membrana sarcolemal das fibras glicolíticas (HASHIMOTO; MASUDA; TAGUCHI; BROOKS, 2005).

2.7 Adaptações ocasionada pelo exercício físico nos sistemas tampões

Os sistemas que regulam o pH sanguíneo e muscular podem sofrer uma adaptação em resposta ao treinamento físico e outros estímulos. O efeito benéfico do treinamento na capacidade de regular o pH no músculo esquelético, ocorre tanto em nível de proteínas quanto no nível funcional. Usando as vesículas sarcolemas como sistema modelo foi encontrado uma correlação entre o estado de treinamento de seres humanos e a capacidade de transportar lactato e H^+ (PILEGAARD; BANGSBO; RICHTER; JUEL, 1994) e o treinamento também contribui para o aumento da densidade das proteínas de co-transporte de lactato e H^+ o MCT1 e o MCT4 (PILEGAARD; DOMINO; NOLAND; JUEL *et al.*, 1999).

A liberação dos íons de H^+ para fora do músculo durante o exercício físico é facilitado pelo MCT1 e MCT4, as proteínas que transportam monocarboxilatos (lactato) através das membranas celulares, como por outros sistemas de transporte, como o trocador de sódio-hidrogênio e co-transportador de bicarbonato de sódio (JUEL, 2008). Com a manutenção do exercício ao longo de tempo, aumenta a atividade dos transportadores de MCT (MAINWOOD; WORSLEY-BROWN, 1975).

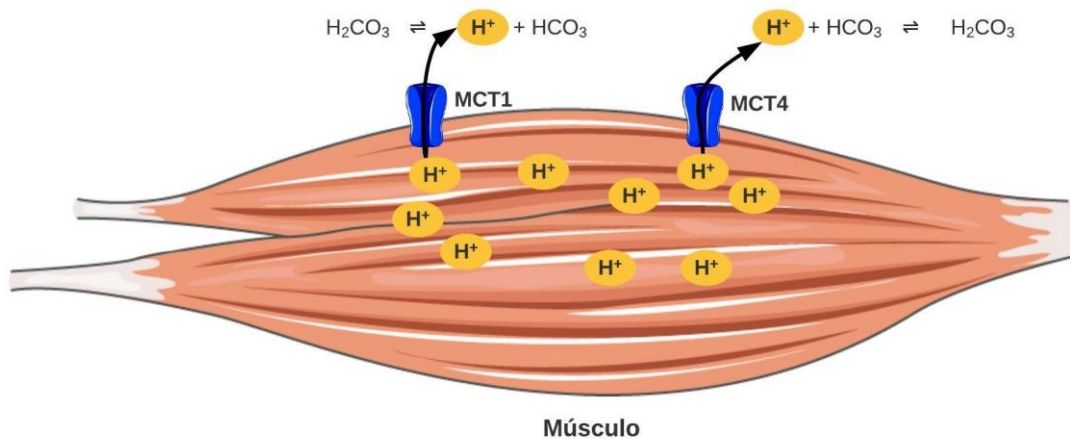
Existem atualmente algumas substâncias tamponantes, incluindo a beta-alanina, bicarbonato de sódio, citrato de sódio, lactato de sódio e cálcio. Sendo usual a suplementação com a beta-alanina e bicarbonato de sódio.

2.8 Bicarbonato de sódio

O bicarbonato sérico faz parte do sistema tampão que regula as concentrações de pH no sangue e apoia funções metabólicas. Com a acidose no sangue causada pelo aumento de H^+ , através da hidrólise do ATP e dissociação do ácido láctico em lactato e H^+ , o bicarbonato se associasse com H^+ e forma o ácido carbônico (H_2CO_3), que se dissociando-se resulta em água, bicarbonato e dióxido de carbono. Isso leva ao aumento da taxa de respiração na tentativa de exalar o dióxido de carbono e restaurar o equilíbrio ácido-base (HADZIC; ECKSTEIN; SCHUGARDT, 2019).

Com aumento de bicarbonato sérico no gradiente extracelular, há o aumento da atividade dos co-transportadores de lactato / H^+ (MCT1 e MCT4), levando a uma maior liberação de H^+ e lactato dos músculos ativos para a circulação onde podem ser tamponados ou podem ser absorvidos pelas fibras musculares adjacentes ou inativas (LANCHA JUNIOR; PAINELLI VDE; SAUNDERS; ARTIOLI, 2015). (Figura 3). O bicarbonato atua diminuindo o desenvolvimento de acidose metabólica, um dos principais contribuintes para a fadiga durante as sessões de exercícios de alta intensidade (PEART; SIEGLER; VINCE, 2012).

Figura 2- Transportadores de monocarboxilato (MCT1 e MCT4).



Fonte: Do autor (2021)

Com a suplementação de BS, ocorre um aumento do conteúdo de bicarbonato sérico após sua ingestão, tornando o sangue mais alcalino. Dessa forma potencializando a ação tamponante do bicarbonato no organismo. Isso pode aumentar a capacidade do sistema glicolítico ou manter a mesma capacidade para o fornecimento de energia (CALVO; XU, 2021),

devido ao aumento da taxa de remoção de H⁺ para fora das células. Assim, a ação do BS pode melhorar o desempenho em exercícios de alta intensidade e intermitentes (ZINNER; WAHL; ACHTZEHN; SPERLICH et al., 2011).

O protocolo de uso do BS se dá por uma dose aguda de 0.3 g/kg ingerida 60-180 minutos antes do exercício (FARIAS; SAUNDERS; YAMAGUCHI; SWINTON *et al.*, 2020). O tipo de exercício realizado parece ser um fator determinante para a suplementação surtir o efeito ergogênico esperado, sendo que é encontrado uma melhora em exercícios com duração de 30 segundos a 10 minutos (HEIBEL; PERIM; OLIVEIRA; MCNAUGHTON *et al.*, 2018).

Logo após sua ingestão ele é dissociado no ácido estomacal para formar sódio e bicarbonato, muito desse último sendo neutralizado pelos íons, produzindo dióxido de carbono (TURNBERG; FORDTRAN; CARTER; RECTOR, 1970). Por esse motivo, pode ocorrer distúrbios gastrointestinais, como náusea, dor de estomago, diarreia e vômito (BURKE; PYNE, 2007), podendo gerar efeitos ergolíticos (SAUNDERS; SALE; HARRIS; SUNDERLAND, 2014). (TURNBERG; FORDTRAN; CARTER; RECTOR, 1970).

O potencial da suplementação BS na melhoria de desempenho já foi mostrado em testes com diferentes esportes, como no *CrossFit*® em que os indivíduos melhoraram a quantidade de repetições no *benchmark Fight Gone Bad* com o seu uso crônico (DURKALEC-MICHALSKI; ZAWIEJA; PODGÓRSKI; ŁONIEWSKI *et al.*, 2018). Com remadores que em um teste de 2000 metros em remo ergômetro, que com o uso de bicarbonato de sódio melhoraram o seu desempenho no teste, principalmente na segunda metade do teste (HOBSON; HARRIS; MARTIN; SMITH *et al.*, 2014). Foi demonstrado em uma meta-análise que a ingestão de BS melhora a resistência muscular de músculos pequenos e grandes (GRGIC; RODRIGUEZ; GAROFOLINI; SAUNDERS *et al.*, 2020) e que em exercícios até a exaustão demonstra eficácia na demora para o surgimento da fadiga (MATSON; TRAN, 1993).

2.9 *CrossFit*®

Atualmente o *CrossFit*® é um dos treinamentos funcionais de alta intensidade que mais crescem no mundo. Pode ser definido como um esporte de alta intensidade, com características do metabolismo anaeróbico e aeróbico (DE SOUZA; DA SILVA; DE SOUZA; SOUZA *et al.*, 2021). Com o foco em movimentos funcionais com diversas variações, o treinamento utiliza elementos da ginástica, exercícios de levantamento de peso e atividades cardiovasculares como atividades propostas (FISKER; KILDEGAARD; THYGESEN; GROSEN *et al.*, 2017).

O condicionamento metabólico aumenta a capacidade nas três vias metabólicas, sendo a principal a via aeróbica, seguida com a do ácido lático e a via da fosfocreatina. Beneficiando a função cardiovascular e diminuindo gordura corporal. O ginástico determina a aptidão de controle corporal e amplitude de movimento, trazendo benefícios como força, flexibilidade, coordenação, equilíbrio e agilidade. O levantamento de peso com os movimentos *Clean and Jerk* e *Snatch* como movimentos principais, melhora a capacidade de controlar cargas e produzir força, assim desenvolvendo força, massa muscular, potência, velocidade, coordenação, salto vertical, resistência muscular, saúde óssea e capacidade física (GLASSMAN, 2002)

A sessão de treinamento é estruturada em mobilidade articular, aquecimento, parte técnica e a os *WOD'S* (*workout of the day*), sendo a parte principal do treino. A forma de monitorar periodicamente o progresso (por exemplo, número de repetições, tempo de conclusão, entre outros) ao longo do tempo do treinamento do atleta é através de *CrossFit® benchmarks*, que são *WOD's* de referência na modalidade (BUTCHER, S. J.; NEYEDLY, T. J.; HORVEY, K. J.; BENKO, C. R., 2015) e recebem nomes femininos como “Grace”, “Fran” e “Cindy” e os “*Hero WODs*” que recebem nomes de militares americanos mortos em ação (GLASSMAN, 2007).

Os treinos de *CrossFit®* requerem dos seus participantes a execução dos exercícios com alto nível de técnica e potência, sem longos períodos de recuperação, levando a situações de sobrecarga e fadiga considerável (BERGERON; NINDL; DEUSTER; BAUMGARTNER *et al.*, 2011). Sendo o treino de *CrossFit®* mais cansativo, causando maior fadiga e dor muscular, do que uma sessão de treino baseada nas recomendações do American College of Sport Medicine (DRUM; BELLOVARY; JENSEN; MOORE *et al.*, 2017). Além disso, o *CrossFit®* é uma forma de treinamento concorrente, que pode atrapalhar adaptações benéficas para o praticante (COFFEY; HAWLEY, 2017) se não bem planejado e ocorrendo a correta distribuição de carga nos diferentes momentos do treinamento.

Com o treinamento do *CrossFit®* mudanças positivas na força e potência muscular bem como no metabolismo aeróbio e anaeróbio, que correlacionam com a melhora de variáveis na saúde do praticante, como composição corporal, pressão arterial diastólica e frequência cardíaca em repouso (DEXHEIMER, J. D.; SCHROEDER, E. T.; SAWYER, B. J.; PETTITT, R. W. *et al.*, 2019).

Respostas agudas foram encontradas ao estresse oxidativo no sangue e um aumento nos marcadores indiretos no sangue de marcadores de danos musculares (interleucina-6 e CK) (KLISZCZEWICZ; QUINDRY; BLESSING; OLIVER *et al.*, 2015). A amplitude das respostas fisiológicas pode depender do treino de *CrossFit®* realizado, uma vez que se diferem em

intensidade, duração, número de exercícios e inclusão de períodos de descansos (CLAUDINO; GABBETT; BOURGEOIS; SOUZA *et al.*, 2018). As respostas fisiológicas e metabólicas do *CrossFit*[®], mostram uma alteração na glicose sanguínea imediatamente após ao exercício (TIBANA; DE SOUSA; CUNHA; PRESTES, 2018; TIMÓN; OLCINA; CAMACHO-CARDEÑOSA; CAMACHO-CARDENOSA *et al.*, 2019), apresentando valores altos de frequência cardíaca, durante os WOD's de referência, como o Fran, Cindy e Fight Gone Bad, acima de 90% da frequência cardíaca máxima (KLISZCZEWICZ; SNARR; ESCO, 2014). Durante os WOD's podendo chegar de 55% a 65% do consumo máximo de oxigênio com um grande gasto para trocas respiratórias e com alto gasto energético (FERNÁNDEZ; SOLANA; MOYA; MARIN *et al.*, 2015) e sendo encontrados altos números na classificação de percepção de esforço. Evidências que demonstram que o *CrossFit*[®] é um esporte de alta intensidade intermitente.

Esse contexto de treinamento associado a uma possível progressão de carga inadequada, aumenta o risco de lesão, podendo ser as causas serem multifatoriais que podem incluir técnicas inadequadas, desnutrição e recuperação insuficiente, que possa gerar um *overreaching* funcional. A curto prazo de tempo favorece um decréscimo na capacidade do treinamento com ou sem sintomas fisiológicos psicológicos relacionados ao overtraining, no qual a restauração da capacidade do desempenho pode levar vários dias ou semanas (BELLINGER, 2020) e que se não for solucionado pode acarretar como consequência o *overtraining*. Sendo uma possível solução para tal problema seria o monitoramento de carga individual de treinamento para minimizar esses riscos (BERGERON; NINDL; DEUSTER; BAUMGARTNER *et al.*, 2011). Apesar desses riscos relatados, treinamentos funcionais de alta intensidade, que inclui o *CrossFit*[®], tem o potencial semelhante ou menor para prevenir lesões do que muitas atividades tradicionais de treinamento físico (POSTON; HADDOCK; HEINRICH; JAHNKE *et al.*, 2016) (POSTON *et al.*, 2016).

Fran é um exercício de referência *CrossFit*[®], no qual os participantes completaram 3 rodadas de 21 a 15-9 repetições de *thrusters* e *pull-up*. A técnica do *thrusters* consiste em um agachamento frontal, no qual os quadris descem abaixo dos joelhos, posteriormente com um desenvolvimento, terminando com os joelhos, quadris e cotovelos em extensão total, usando uma barra (95lb homens / 65lb mulheres). Os participantes podem utilizar *pull-up strict*, *kiping* ou *butterfly*, desde que o queixo passe acima da barra (DEXHEIMER, J.; SCHROEDER, E.; SAWYER, B.; PETTITT, R. *et al.*, 2019). Respostas fisiológicas encontradas nesse *benchmark*, demonstram a sua alta intensidade. Com valores altos para frequência cardíaca máxima, lactato e percepção subjetiva de esforço (FERNANDEZ-FERNANDEZ; SABIDO; MOYA;

SARABIA MARÍN *et al.*, 2015; TIBANA; SOUSA; PRESTES; VOLTARELLI, 2018; TIBANA; DE SOUSA; CUNHA; PRESTES, 2018)

2.10 Respostas Fisiológicas

O monitoramento da carga de treinamento de um atleta é visto como fator importante para determinar se um atleta está se adaptando ao programa de treinamento e para diminuir o risco de *overreaching* não funcional (fadiga que dura semana ou meses), lesões e doenças (HALSON, 2014).

Ao monitorar a carga de treinamento, as unidades podem ser consideradas externas ou internas. As cargas externas de treinamento incluem a distância total percorrida, o peso levantado ou o número e a intensidade de sprints, saltos ou colisões (HALSON, 2014) As cargas internas de treinamento incluem classificações de esforço percebido e frequência cardíaca, lactato, VO₂. As características individuais do atleta combinadas com as cargas de treinamento externas e internas aplicadas resultam o resultado do treinamento (IMPELLIZZERI; RAMPININI; MARCORA, 2005).

Para compreender a carga de treinamento externo, várias tecnologias estão disponíveis para atletas e treinadores. No treinamento para competições podem ser registrados e os dados podem ser analisados para fornecer informações sobre vários parâmetros, incluindo potência média, potência normalizada, velocidade e acelerações (HALSON, 2014).

Parâmetros neuromusculares são fundamentais para controlar a resposta interna ao treinamento, assim avaliações de potência (saltos), velocidades (sprints), e da força máxima (dinâmica, isométrica e isoinercial) são frequentemente utilizadas no ambiente de esportes em equipes. Um dos parâmetros mais importantes que se controla é a potência muscular, que tem como variáveis de controle comumente encontradas nas medições de teste de salto incluem potência média, velocidade de pico, força de pico, altura de salto, tempo de voo, tempo de contato e taxa de desenvolvimento de força (TWIST; HIGHTON, 2013).

O monitoramento de frequência cardíaca é baseado na relação linear entre a frequência cardíaca e taxa de consumo de oxigênio em estado estacionário (HOPKINS, 1991), entretanto, a porcentagem da frequência cardíaca máxima é frequentemente usada para prescrever e monitorar a intensidade (BORRESEN; LAMBERT, 2008). A variabilidade da frequência cardíaca é um método não invasivo utilizado para avaliar a modulação do sistema nervoso autônomo, descrevendo oscilações entre intervalos RR consecutivos de eletrocardiograma

(CATAI; PASTRE; GODOY; SILVA *et al.*, 2020), níveis elevados da variabilidade da frequência cardíaca, são geralmente sinais de mecanismos autônomos eficazes que caracterizam um indivíduo saudável, enquanto níveis baixos ou reduzidos mostram um mau funcionamento do sistema nervoso autônomo e podem implicar em comprometimento da saúde (VANDERLEI; PASTRE; HOSHI; CARVALHO *et al.*, 2009). Entretanto existem limitações potenciais ao seu uso, que isso inclui diferenças inter e intraindividuais no acúmulo de lactato, diferenças de temperatura ambiental, estado de hidratação, dieta, conteúdo de glicogênio, exercício prévio e quantidade de massa muscular utilizada, além de hora e local da coleta

A classificação de esforço percebido (PSE) é um dos meios mais comuns de avaliar a carga interna. O uso do PSE baseia-se na ideia de que um atleta pode monitorar seu estresse fisiológico durante o exercício e fornecer retrospectivamente informações sobre seu esforço percebido durante o treinamento ou a competição. O PSE correlaciona bem com a frequência cardíaca durante o exercício em estado estacionário e o treinamento em alta intensidade intervalado, mas não tão bem durante o exercício de alta intensidade e curta duração (BORRESEN; LAMBERT, 2008).

O *CrossFit*[®] apresenta respostas fisiológicas que demonstram ser uma modalidade esportiva de alta intensidade intermitente. Com parâmetros como frequência cardíacas, lactato e percepção de esforço elevados (DE SOUZA; DA SILVA; DE SOUZA; SOUZA *et al.*, 2021). O BS possui evidência de melhora no desempenho em exercícios de alta intensidade (MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018) e no *CrossFit*[®] (DURKALEC-MICHALSKI; ZAWIEJA; PODGÓRSKI; ŁONIEWSKI *et al.*, 2018). O protocolo de uso se dá por uma dose aguda de 0.3 g/kg 60-180 minutos antes do exercício (FARIAS; SAUNDERS; YAMAGUCHI; SWINTON *et al.*, 2020). Por essas características apresentadas pela modalidade e os potenciais de melhora advindo com o uso de BS se vê a necessidade de avaliar o uso de forma aguda do BS no *CrossFit*[®].

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da suplementação de BS de forma aguda no desempenho, fadiga neuromuscular e parâmetros bioquímicos em praticantes de *CrossFit*[®].

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o desempenho dos voluntários no *benchmark Fran* com e sem o uso de suplementação de 0,3 g/kg BS;
- Avaliar o desempenho dos voluntários nos 500 metros de remo pós – *benchmark Fran* com e sem o uso de suplementação de 0,3 g/kg BS;
- Avaliar parâmetros neuromusculares com o teste de salto contra-movimento (SVC) pré e pós - exercícios de *CrossFit*[®] com e sem o uso de suplementação de 0,3 g/kg BS;
- Avaliar o desconforto gástrico dos voluntários durante o protocolo com o uso de suplementação de 0,3 g/kg BS;
- Avaliar parâmetros bioquímicos (pH sérico, lactato sérico, glicose sanguínea e bicarbonato sérico) durante exercício de *CrossFit*[®] com e sem o uso de suplementação de 0,3 g/kg BS.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento e aspectos éticos

O presente estudo foi caracterizado como sendo um estudo experimental, randomizado, duplo-cego, placebo-controlado e cruzado. Todas as coletas foram realizadas em uma academia de *CrossFit*[®] localizada no município de Lavras, no estado de Minas Gerais. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras, sob protocolo de número CAAE 20221419.7.0000.5148 (Apêndice A). Todos os participantes foram informados sobre os objetivos, protocolos e procedimentos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

4.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos indivíduos do sexo masculino, praticantes de *CrossFit*[®] há pelo menos 1 ano, com idade entre 18 a 40 anos, que não apresentassem lesões osteomioarticulares, que não estivessem em uso creatina e beta-alanina e treinassem no mínimo três vezes por semana. Os critérios de não inclusão foram tabagismo, presença de diabetes e/ou doenças cardiovasculares, histórico de lesão osteoarticular nos últimos seis meses e uso de anabolizantes. A amostra foi selecionada por conveniência.

4.3 Desenho experimental

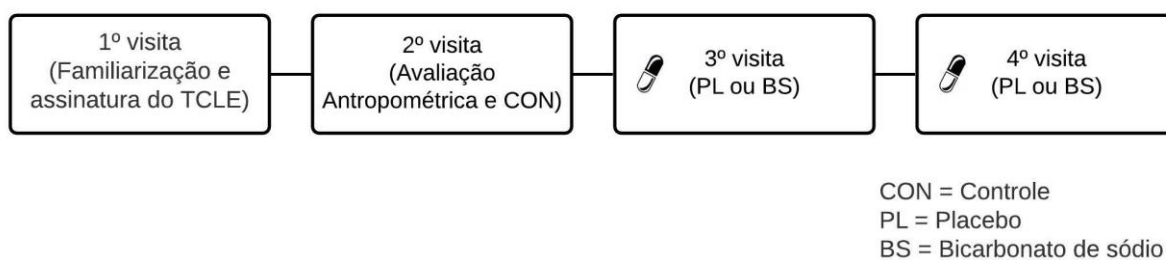
A convocação dos participantes, foi realizada por anúncio em redes sociais (*Facebook*, *Instagram* e *WhatsApp*) e por meio de contato com treinadores responsáveis por box de *CrossFit*[®] da cidade. Foram realizados quatro encontros com os voluntários (Figura 3). O primeiro encontro consistia na familiarização do protocolo experimental e assinatura do TCLE (Apêndice B). Na familiarização os voluntários foram orientados a realizar todo o protocolo sem que fosse feito o máximo do seu esforço, com o propósito apenas de completar e de se familiarizar com o teste. Nas visitas subsequentes, os voluntários foram comunicados que deveriam realizar o máximo do seu esforço para os testes experimentais oficiais.

Na segunda visita, foram realizadas as avaliações antropométricas (peso, altura) e a sessão controle, onde os voluntários realizaram o protocolo no máximo de seu esforço, sem nenhuma intervenção.

No terceiro e quarto encontro, os participantes foram alocados de maneira randomizada e duplo-cega para receber o placebo e o BS, realizada por um pesquisador que não participou dos protocolos de forma balanceada usando um aplicativo chamado “Sorteador de nomes”. Ofertado uma refeição padronizada foi fornecida juntamente com a suplementação de placebo ou BS. Duas horas após a suplementação, os indivíduos realizaram o protocolo de exercícios. Foi realizado um recordatório de consumo alimentar de 48 horas anteriores ao teste nos dois últimos encontros, sendo orientado aos participantes manter o mesmo padrão alimentar em todos os testes.

Durantes todos os encontros, todos os voluntários não receberam nenhum estímulo verbal e os movimentos foram validados por um árbitro oficializado pela *CrossFit*[®].

Figura 3- Fluxograma das visitas



Fonte: Do autor (2021)

4.3.1 Recomendações Pré-Teste

Foi solicitado a todos os voluntários que não consumissem álcool, não praticassem exercício físico nas 24 horas anteriores ao teste e mantivessem a mesma dieta realizada nos testes anteriores, o consumo alimentar pré-teste foi avaliado a partir do recordatório 48 horas.

Todos os voluntários logo quando chegaram na academia, foram instruídos a ficarem sentados e relaxados em torno de 15 minutos antes de começarmos os procedimentos de todas as visitas.

4.3.2 Recomendações e Procedimentos Controle

Na primeira visita, que consistia na familiarização com o protocolo, em que não foi realizada a coleta sanguínea dos voluntários, porém foram realizados os mesmos procedimentos realizados no controle.

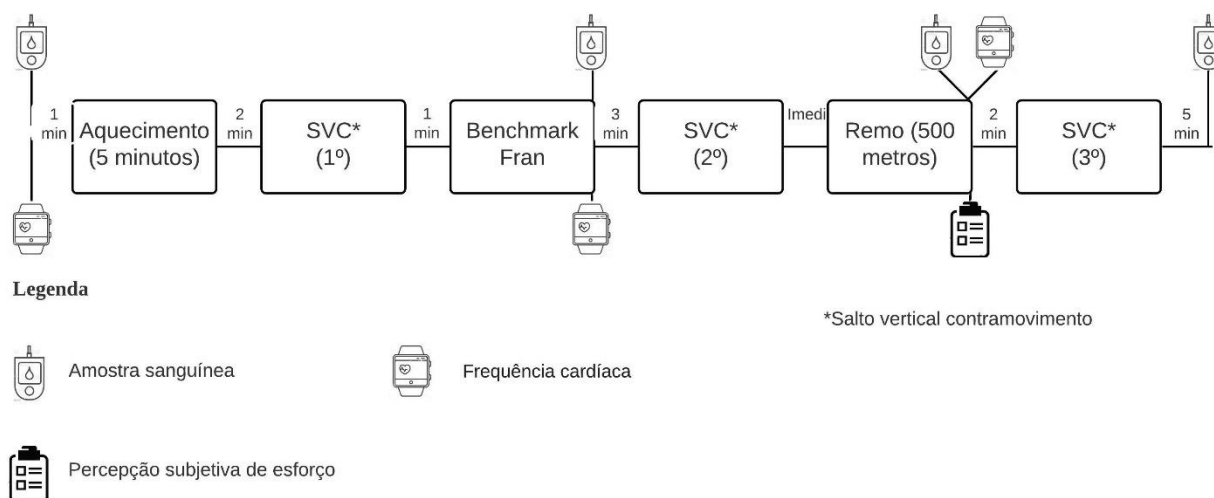
Na segunda visita que consistiu no teste controle, não ocorreu nenhuma interferência na conduta alimentar anterior aos testes dos voluntários, sendo requerido que mantivessem o consumo alimentar realizados na familiarização. Os voluntários ao chegarem na academia, foi retirado uma amostra basal de 150 µl sangue na ponta dos dedos com um capilar (Nova Medical[®], Waltham, EUA) na ponta dos dedos para análise no analisador de gases sanguíneos Stat Profile Prime Plus[®] (Nova Biomedical[®], Waltham, EUA) e a medição da frequência cardíaca de repouso com o relógio Forerunner 310XT (Garmin[®], Chicago, EUA).

Após um minuto de intervalo da coleta de sangue capilar, foi realizado um aquecimento que consistia de três series de cinco repetições de *thruster* só com o peso da barra (Fokus[®], Itaúna, Brasil), 5 repetições de *ring row* e 150 metros de remo ergômetro indoor seco (Concept2[®], Vermont, EUA). Após a sua finalização os voluntários ficaram sentados por 2 minutos.

Logo após o aquecimento, os voluntários realizaram o primeiro SVC em tapete de contato *Jump System Pro* (Cefise[®], Nova Odessa, Brasil). Após um minuto teve início o *benchmark Fran* (CrossFit[®], Santa Cruz, Califórnia, EUA) imediatamente após a sua finalização foi retirado novamente uma amostra de sangue capilar e mensurada a frequência cardíaca com os voluntários sentados. O sangue foi analisado imediatamente após a coleta.

Após três minutos de descanso, os voluntários realizaram novamente o SVC. Imediatamente em seguida performaram 500 metros de remo ergômetro indoor seco. Imediatamente ao final do teste foi coletado novamente uma amostra de sangue capilar, a frequência cardíaca e a percepção de esforço (PSE) que foi obtida pela escala CR10 de Borg (BORG, 1982) com os voluntários sentados. Dois minutos após o final do teste de remo, foi realizado um último SVC e cinco minutos após a realização do SVC foi coletada uma última amostra de sangue capilar (Figura 4).

Figura 4- Desenho experimental do procedimento controle



Fonte: Do autor (2021)

4.3.3 Recomendações e Procedimentos Bicarbonato/Placebo

Nos encontros três e quatro que consistiram das condições randomizadas e duplo-cego, foi solicitado aos voluntários que mantivessem seus hábitos alimentares anteriores ao teste. Foi realizado um questionário alimentar 48 horas anteriores ao teste para verificar a sua ingestão alimentar no dia anterior.

Ao chegarem na academia foi solicitado aos voluntários que ficassem 15 minutos sentados e relaxados e logo em seguida foi realizada uma coleta de sangue capilar da ponta dos dedos dos voluntários. Logo em seguida foi ofertada uma refeição rica em carboidrato contendo em torno de $\sim 1,2$ g/kg de peso corporal de carboidrato (MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018) e após a refeição foi ofertado de forma duplo-cego randomizada, placebo (PL) (contendo amido) em cápsulas gelatinosa ou o suplemento de BS que foi ofertado em forma de cápsulas gastroresistente U Bicarbonate (Umara[®], Göteborg, Suécia) contendo uma grama por cápsula de BS em sacos de papel, assim dificultando a visualização do pesquisador antes do consumo da substância pelo voluntário.

Após o consumo da substância (PL ou BS) os voluntários aguardaram por duas horas o começo do protocolo, enquanto isso responderam um questionário sobre efeitos colaterais, a cada dez minutos.

Após as duas horas os voluntários realizavam todo o protocolo demonstrado no procedimento controle (Figura 6). Os dois últimos testes foram realizados no intervalo de no mínimo 1 semana, respeitando o *Wash-Out* do bicarbonato no organismo dos indivíduos

(MUELLER; GEHRIG; FRESE; WAGNER *et al.*, 2013).

5 MÉTODOS

5.1 Administração do bicarbonato de sódio ou placebo

A administração de BS ou placebo (PL) foram duas horas antes do começo do protocolo. Foi estipulado esse tempo de acordo com um teste piloto de três horas com as cápsulas gastro-resistentes. Dois voluntários suplementaram 0.3 g/kg de BS, coletas de sangue capilar das pontas dos dedos foram retirados com intervalos de quinze minutos que logo em seguida analisadas por meio do analisador de gases sanguíneos Stat Profile Prime® para avaliação do aumento de bicarbonato de sódio sanguíneo.

Para diminuir o desconforto gástrico foi ofertado uma refeição contendo em torno de ~1,2 g/kg de peso de carboidrato (CARR; SLATER; GORE; DAWSON *et al.*, 2011). A substância PL possuía as mesmas característica da substância BS, exceto que não continha BS, capsula sendo composta por amido de milho, mesmo número de capsulas, mesmas características físicas.

Um pesquisador ficou responsável pela randomização que ocorreu de forma balanceada por meio de um aplicativo “Sorteador de nomes” e outro pela distribuição das cápsulas aos participantes. Nem os voluntários nem os pesquisadores tiveram acesso ao conteúdo das capsulas que foram administradas.

5.2 Questionários de desconforto gástrico

Foi aplicado um questionário adaptado (Anexo A) (OLIVEIRA; SAUNDERS; YAMAGUCHI; SWINTON *et al.*, 2020) composto de quinze questões, como problema estomacal, enjoo, tontura, dor de cabeça, flatulência, vontade urinar, vontade defecar, etc. Deveriam ser respondidas em escala *Likert* (0-sem problemas 3-leve, 6-moderado, 8-intenso, 10-muito intenso) com sintomas de desconforto gástricos característicos com o uso do bicarbonato de sódio. que deveriam ser respondidas a cada 10 minutos durante as duas horas após o voluntário ingerir o BS ou PL, antes do começo do protocolo experimental.

5.3 Refeição oferecida na randomização

Nas duas randomizações os voluntários consumiram junto com o placebo/bicarbonato de sódio uma refeição (Tabela 1) que consistia em barra de cereal, biscoito salgado, queijo polenguinho, iogurte grego sabor flocos e suco de uva calculados com o aplicativo Dietbox[®] (Dietbox[®], Porto Alegre, Brasil). Para indivíduos com maior peso era adicionado mais barra de cereais e biscoito salgado.

Tabela 1- Composição da refeição por kg/peso dos voluntários

Peso do voluntário	Kcal	Carboidrato (g)	Proteína (g)	Lipídio (g)	Fibra (g)
65 kg	447	73,40	7,82	12,82	0,4
75 kg	497	86,38	8,59	12,92	2,04
80 kg	586	90,40	10,02	17,62	1
85 kg	647	107,4	11,02	18,12	1,4
90 kg	680	116,05	11,53	18,18	2,49
95 kg	726	124,4	12,02	18,62	1,8
100 kg	847	141,4	14,22	23,42	2,4

5.4 Antropometria

5.4.1 Estatura e massa corporal

Para avaliação do peso, altura e índice de massa corporal (IMC), foi seguido o que é recomendado pela OMS (USE; INTERPRETATION OF; WORLD HEALTH, 1995).

Foram coletados os dados de massa corporal a partir de uma balança HBF- 514 (Omron[®], Brasil) e de estatura com estadiômetro de parede (Cescorf[®], Brasil), com os voluntários descalços, sem camisa, usando bermuda/short leve.

5.5 Exercícios de Crossfit[®]

5.5.1 Benchmark Fran

Fran é um exercício de referência da *CrossFit*[®], no qual os participantes completaram 3 rodadas de 21, 15 e 9 repetições de *thrusters* e *pull-up*. A técnica do *thrusters* consiste em um agachamento frontal, no qual os quadris descem abaixo dos joelhos, posteriormente com um

desenvolvimento, terminando com os joelhos, quadris e cotovelos em extensão total, usando uma barra (95lb homens / 65lb mulheres). Os participantes poderiam utilizar *pull-up strict*, *kiping* ou *butterfly*, sendo validado a repetição passando o queixo acima da barra. A posição inicial é pendurada em uma barra com os cotovelos totalmente estendidos e as mãos em pronação separadas por uma distância maior que os quadris. Dessa posição, o corpo é levantado em um movimento, fletindo os cotovelos e levantando os ombros até que o queixo fique mais alto do que a barra, a partir desse ponto, retorna-se a posição inicial com os cotovelos estendidos, caracterizando um movimento (repetição) desse exercício. Os participantes poderão utilizar as técnicas de *pull-up strict*, *kiping* ou *butterfly* (DEXHEIMER, J.; SCHROEDER, E.; SAWYER, B.; PETTITT, R. *et al.*, 2019), era requerido que usassem a mesma técnica em todas as visitas. Para avaliação do desempenho foi avaliado o tempo de conclusão do *benchmark*. Os movimentos foram validados por um arbitro oficial do *CrossFit*[®]. Durante todo o teste os indivíduos não visualizaram o seu tempo, sendo requerido que todos retirassem seus relógios e que não ficou ligado nenhum relógio a mostra no Box.

5.5.2 Remo

Para a avaliação da performance dos 500 metros de remos foi utilizado o remo ergômetro indoor seco (Concept2[®], Vermont, EUA). Na familiarização foi perguntado ao voluntario qual resistência do ar (1 a 10) se sentia mais confortável e foi utilizado essa medida em todos os testes. O tempo começou a ser marcado o tempo após o voluntário realizar a primeira puxada no remo.

Em nenhum momento durante o teste, os voluntários visualizaram o tempo concluído, só podendo ser visível no visor do aparelho a distância percorrida.

5.6 Controle de treinamento

5.6.1 Potência muscular de membro inferior

O SVC foi determinado utilizando um tapete de contato (Cefise[®], Nova Odessa, Brasil). Os voluntários começaram o SVC se a partir da posição vertical, com os voluntários realizando um rápido movimento descendente de flexão dos joelhos em 90° e, simultaneamente, começando a deslocar verticalmente para cima mantendo as pernas estendidas durante todo o movimento. Durante o salto, os voluntários foram orientados a manterem as duas mãos na cintura. Os atletas realizaram um salto sobre o tapete, sendo incluído como resultado.

5.6.2 Percepção de esforço (PSE)

A percepção de esforço (PSE) foi obtida pela escala CR10 de Borg (ANEXO B) imediatamente após o treino, onde o participante relata o nível de esforço em uma escala de 0 a 10, onde 0 indica esforço mínimo, e 10 esforço máximo (BORG, 1982).

5.6.3 Frequência cardíaca

A frequência cardíaca foi medida durante o protocolo com os voluntários sentados. No começo do protocolo. Durante o protocolo após o *benchmark Fran*, após os 500 metros de remo e após 5 minutos após o último SVC com o relógio Forerunner 310XT (Garmin®, Chicago, EUA).

5.6.4 Parâmetros bioquímicos

Foi coletado da ponta do dedo do voluntário amostras de sangue capilar, em alguns momentos durante o protocolo, 150 µL de sangue da ponta dos dedos com um capilar (Nova Medical®, Waltham, EUA) para ser analisado no analisador de gases sanguíneos Stat Profile Prime® (Nova Medical®, Waltham, EUA) e que informou vários parâmetros bioquímicos importantes, como pH sérico, lactato sérico, glicose sérico e bicarbonato sérico.

5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados por meio do pacote estatístico SAS (SAS® Studio, SAS Institute Inc., EUA) e são apresentados como média ± DP. Fran, Remo e PSE da sessão foram analisados usando um modelo misto assumindo a sessão (3 níveis; SB, PLA e CON) como fatores fixos. O desempenho do salto (altura, potência) e frequência cardíaca foram analisados usando um modelo misto assumindo sessão (3 níveis; SB, PLA e CON) e tempo (3 níveis; pré – *benchmark Fran*, Pós- *benchmark Fran*, Pós- 500 metros de remo) como fatores fixos. Os valores sanguíneos (pH, bicarbonato, lactato, excesso de base, SBC, glicose) foram analisados usando um modelo misto assumindo sessão (3 níveis; SB, PLA e CON) e número de níveis (5 níveis; Pré-suplementação, Pré-exercício, Pós – *benchmark Fran*, Pós- 500 metros de remo, 5-min pós- 500 metros de remo) como fatores fixos. Os indivíduos foram considerados um fator aleatório para todos os modelos mistos. Ajustes de Tukey-Kramer foram realizados quando um valor F significativo foi obtido. A normalidade dos dados foi determinada pelo teste de

Kolmogorov-Smirnov; normalidade foi assumida para RPE. Foi também calculado o *effect size* (ES) através das diferenças padronizadas d de Cohen com o ajuste g de Hedge. Em todas as análises o nível de significância será $p < 0,05$.

6 RESULTADOS

6.1 Caracterização da amostra

Participaram do estudo 17 praticantes da modalidade. No começo foram recrutados 24 voluntários e pelo fato da pandemia ocorreu uma perda de 7 voluntários por não conseguirem dá continuidade aos testes (Tabela 2).

Tabela 2- Descrição dos participantes

Idade (anos)	Estatura (m)	Massa corporal (kg)	IMC (kg/m ²)
29 ± 5,20	1,76 ± 0,05	82,44 ± 9,36	26,54 ± 2,62

6.2 Dados nutricionais da amostra

Tabela 3- Recordatórios alimentares 48 horas dos voluntários anteriores à sessão bicarbonato de sódio e placebo

	Bicarbonato de sódio				Placebo			
	Kcal	Carboidrato	Proteína	Lipídio	Kcal	Carboidrato	Proteína	Lipídio
Total	2625,11 ± 742,93	292,33 ± 84,27	152,60 ± 38,08	93,95 ± 54,52	2666,91 ± 552,13	311,22 ± 71,22	162,30 ± 29,38	86,05 ± 31,07
g/kg	32,13 ± 9,33	3,60 ± 1,13	1,86 ± 0,44	1,14 ± 0,66	32,34 ± 7,60	3,86 ± 1,10	1,98 ± 0,37	1,05 ± 0,38
%	-	45,26 ± 8,24	24,65 ± 6,05	30,32 ± 9,78	-	46,71 ± 6,55	25,06 ± 5,25	27,38 ± 7,35

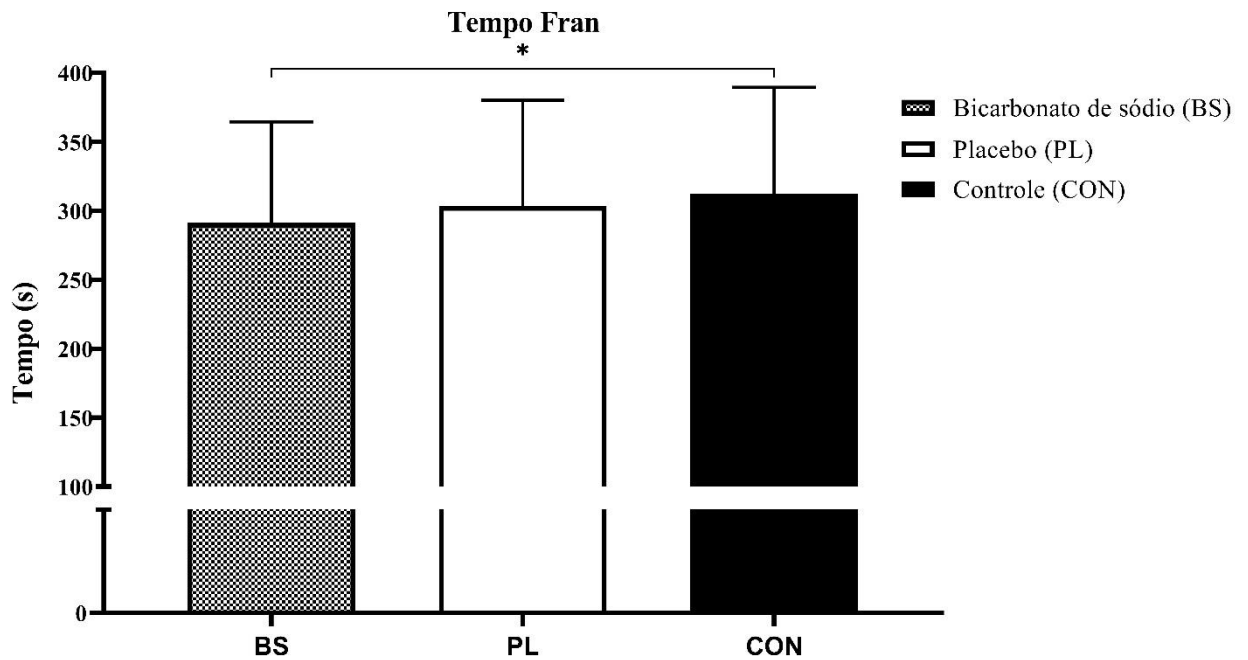
6.3 Desempenho

Os resultados foram interpretados de acordo com as probabilidades estatísticas de rejeição da hipótese nula (H0) nas seguintes categorias: $P \geq 0,1$: nenhuma evidência contra H0; $0,05 \leq P < 0,1$: evidência fraca contra H0; $0,01 \leq P < 0,05$: evidência moderada contra H0; $0,001 \leq P < 0,01$: forte evidência contra H0; $P < 0,001$: evidência muito forte contra H0.

Foi encontrado efeito estatisticamente significativo para o *benchmark Fran* ($P = 0.003$) (Figura 6). Nas comparações entre sessões, foi encontrada evidência moderada ente BS e CON ($P = 0,002$, $g = 0,27$) evidência fraca entre BS e PLA ($P = 0,09$, $g = 0,15$) e nenhuma evidência

entre PLA e CON ($p = 0.26$, $g = 0,11$). Os valores de delta percentual (Δ) foram BS e CON ($\Delta = 7,23\%$), BS e PLA ($\Delta = 3,98\%$) e PLA e CON ($\Delta = 2,97\%$).

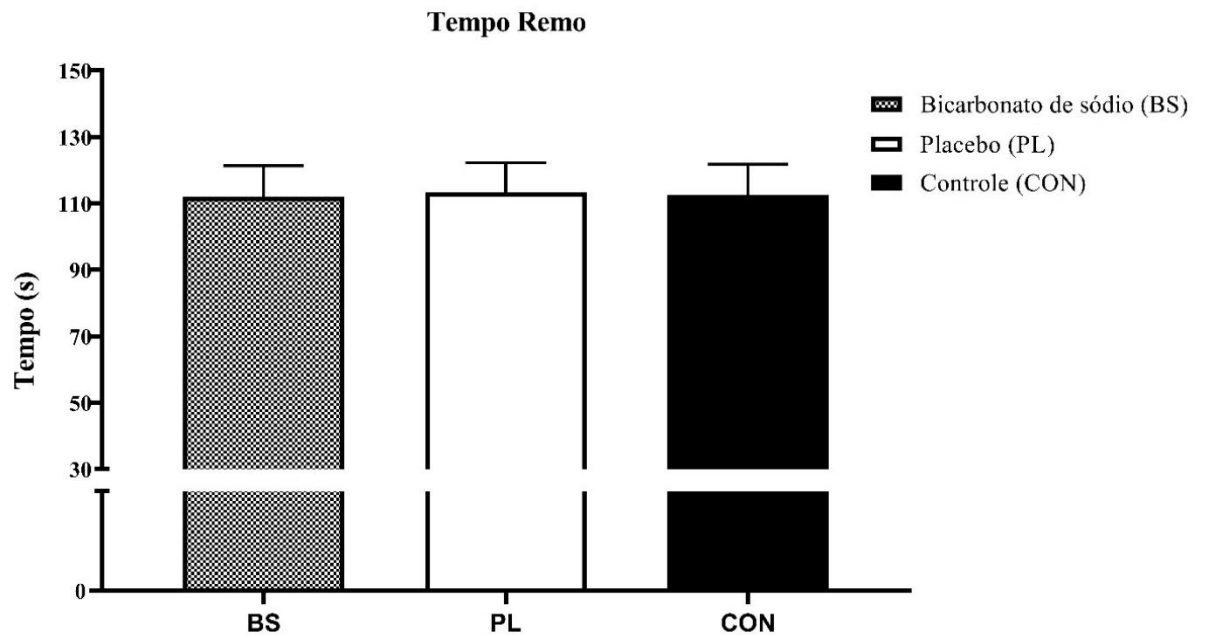
Figura 5- Tempo médio dos voluntários no benchmark Fran ($*p < 0,05$)



Fonte: Do autor (2021)

Nos 500 metros de remo não foi encontrado efeito estatisticamente significativo entre os níveis para este desfecho ($P = 0,50$) (Figura 7). Os ES entre os níveis BS e CON ($g = 0,05$), BS e PLA ($g = 0,13$) e entre PLA e CON ($g = 0,006$) foram muito pequenos. Os valores de Δ encontrados para as intervenções foram ($\Delta = 0,45\%$) para BS e CON, ($\Delta = 1,04\%$) para BS e PL e ($\Delta = 0,59\%$).

Figura 6- Tempo médio dos voluntários nos 500 metros de remo.

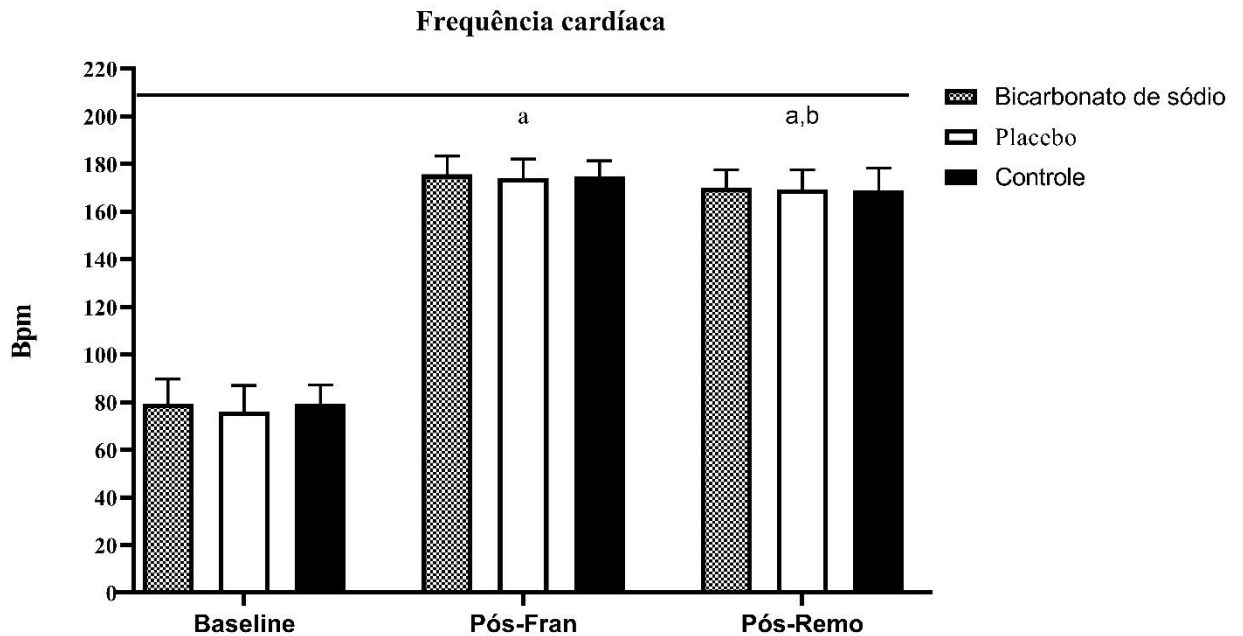


Fonte: Do autor (2021)

6.4 Medidas fisiológico

Para a frequência cardíaca (FC) não houve efeito de sessão ($P = 0,70$) ou uma interação sessão x tempo ($F = 0,30$, $p = 0,88$) para a FC, mas houve evidência forte para tempo (todos $P < 0,0001$) (Figura 8). FC no pós-*benchmark Fran* era diferente do baseline ($P < 0,001$), FC no pós-remo é diferente do baseline ($P < 0,001$) e FC no pós- *benchmark Fran* é diferente do pós-remo ($P < 0,001$).

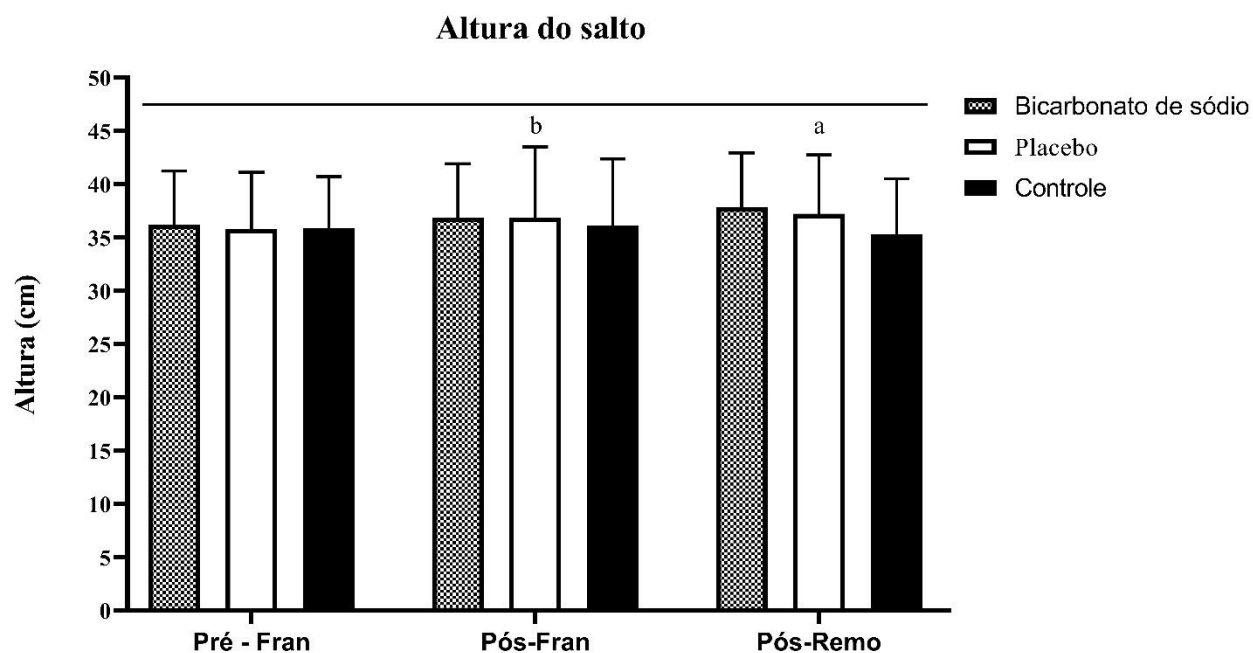
Figura 7- Frequência cardíaca média dos voluntários nos níveis baseline, pós – benchmark Fran e pós – remo. a= pós - Fran diferente de baseline, b = pós - Fran diferente de pós – remo.



Fonte: Do autor (2021)

Para a altura do salto pré-*benchmark Fran* não houve efeito a sessão ($P = 0,89$) ou interação sessão x tempo ($P = 0,06$) para altura do salto, mas houve efeito do tempo ($P = 0,003$) (Figura 9). A altura do salto no pós-500 metros de remo foi diferente de pré – *benchmark Fran* ($P = 0,002$) e a altura do salto nos pós - 500 metros de remo foi diferente dos pós - *benchmark Fran* ($P = 0,04$). Os valores de Δ para os pré - *benchmark Fran* (BS e CON = 4,40%, BS e PL = 1,83% e CON e PL = 2,58%), pós-*benchmark Fran* (BS e CON = 4,06%, BS e PL = 2,95%, CON e PLA = 0,99%) e pós-500 metros de remo (BS e PL = 1,70%, BS e PL = 0,67% e CON e PLA = 2,36%).

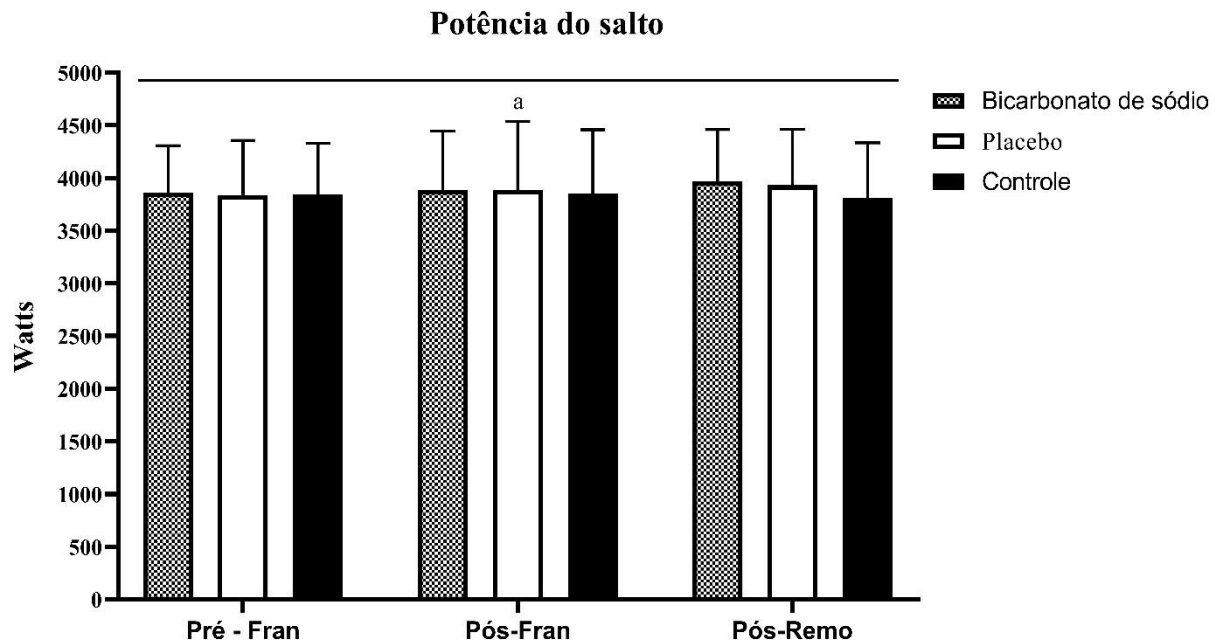
Figura 8- A altura média do salto dos voluntários nos níveis pré - Fran, pós – Fran e pós – remo. a= pós - remo diferente de pré – Fran, b = pós - remo diferente de pós - Fran.



Fonte: Do autor (2021)

Para a potência (watts) não houve efeito da sessão ($P = 0,95$), mas houve efeito do tempo ($P = 0,006$) e interação sessão x tempo ($P = 0,05$) para força de salto (Figura 10). A potência de salto foi diferente de pós- *benchmark Fran* para pós-500 metros de remo (119,48 (watts), $p = 0,04$).

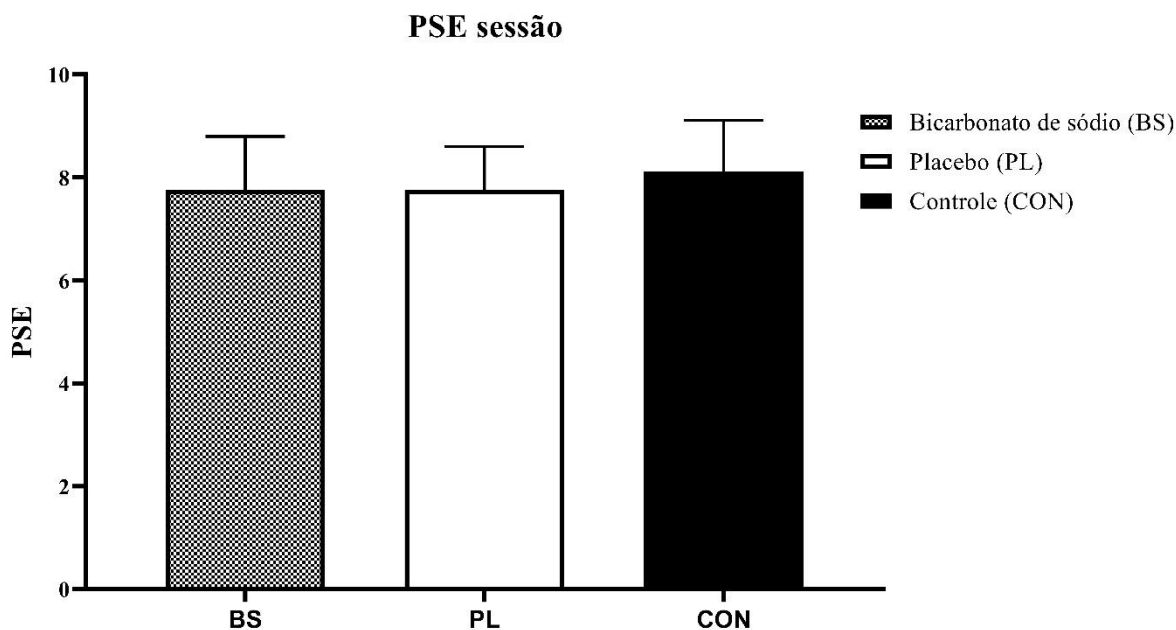
Figura 9- A potência média do salto dos voluntários nos níveis pré - Fran, pós – Fran e pós – remo. a= pós- benchmark Fran diferente de pós-500 metros de remo



Fonte: Do autor (2021)

Para a PSE não foi encontrado um efeito de sessão ($P = 0.15$) (Figura 11). Os valores de Δ encontrados foram ($\Delta = 4,559\%$) para BS e CON, ($\Delta = 0\%$) para BS e PL e ($\Delta = 4,55\%$) CON e PLA.

Figura 10- PSE sessão média dos voluntários.



Fonte: Do autor (2021)

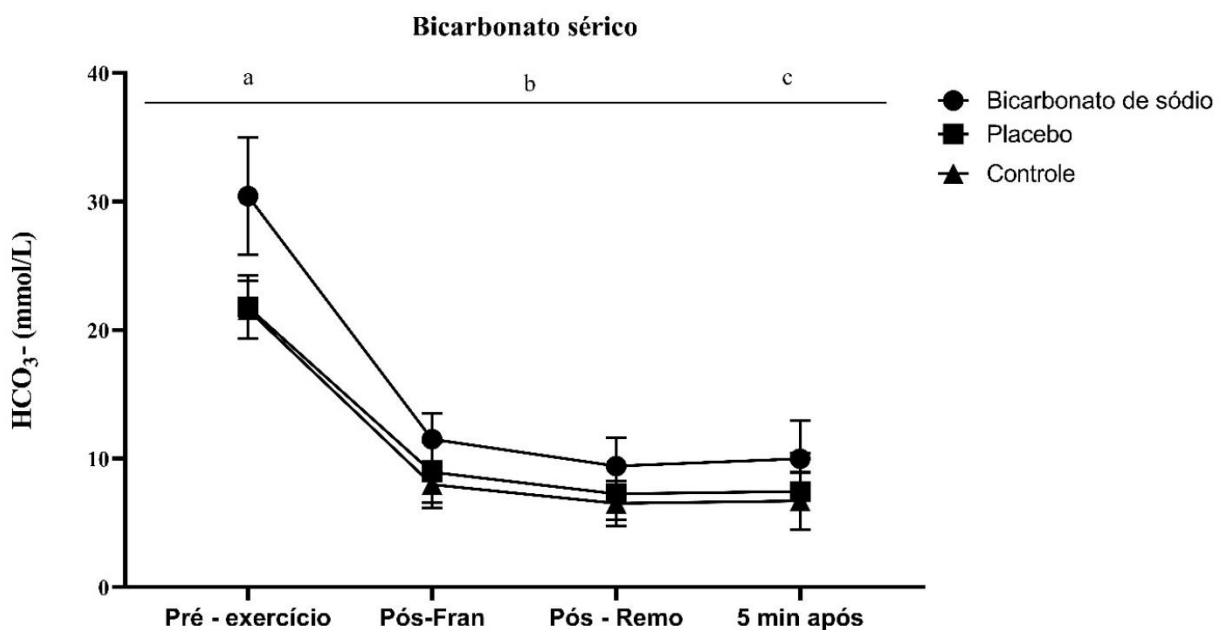
Os efeitos colaterais mais relatados pelos voluntários com consumo de bicarbonato de sódio durante as duas horas anteriores ao começo do protocolo, foram arroto ($n=7/41,17\%$), sensação de estufamento ($n=3/23,07\%$) e azia ($n=1/7,69\%$), nenhum desses sintomas comprometeu o desempenho de todos durante o protocolo, entretanto durante o protocolo um voluntário (7,69%) logo após o *Benchmark Fran*, sentiu vontade de defecar, não comprometendo o andamento do teste. Com o uso do placebo não foi relatado nenhum efeito colateral pelos voluntários.

6.5 Medida bioquímico

Em relação do bicarbonato sérico houve um efeito de sessão, tempo e interação sessão x tempo (Todos $P < 0,0001$) para o bicarbonato sérico (Figura 12). Nas comparações entre as sessões houve evidência muito forte entre CON e PLA no momento pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após 500 metros de remo ($P = < 0,0001$). Entre o grupo PLA e BS houve evidência muito forte entre pré -exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$). Entre as sessões CON e BS houve evidência muito forte nos

momentos pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$). Ocorreu evidência muito forte entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$).

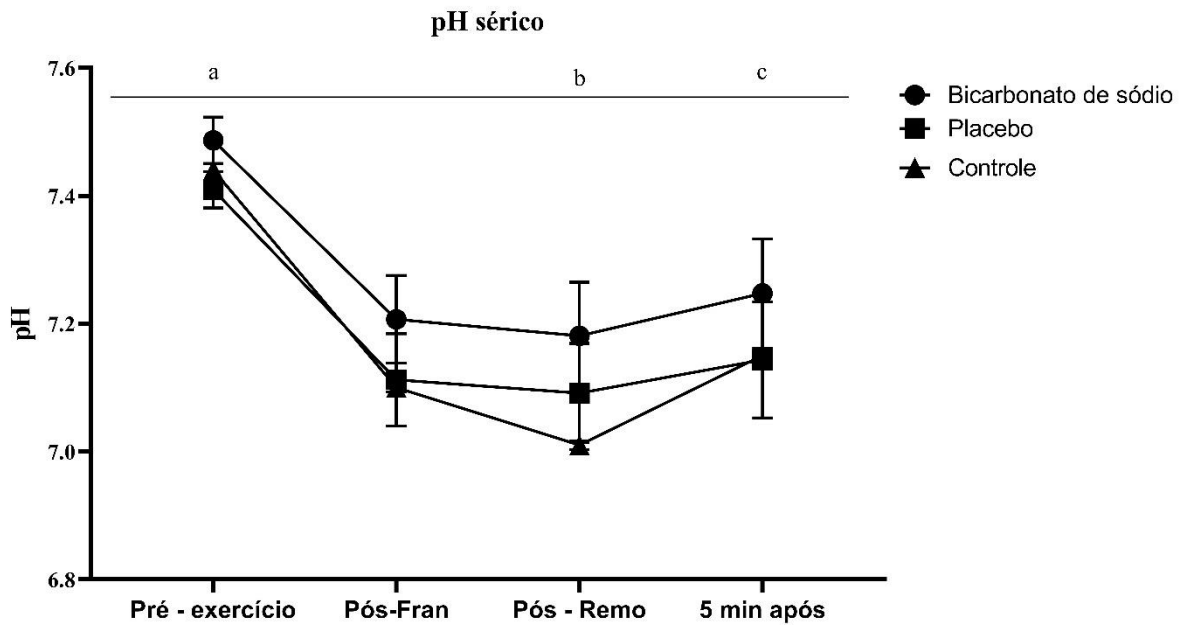
Figura 11- O bicarbonato sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós – *benchmark Fran*, b = pré – exercício diferente pós – remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.



Fonte: Do autor (2021)

Para a análise do pH sérico houve efeito sessão, tempo e uma interação sessão x tempo (Todos $P = < 0,0001$) para pH sanguíneo (Figura 13). Houve evidência muito forte entre CON e PLA entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < .0001$), pré – exercício e pós- 500 metros de remo ($P = < .0001$), pré – exercício e cinco minutos após ($P = < .0001$) e ocorreu evidência muito forte entre as sessões CON e BS no repouso e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0.0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0.0001$) e pré – exercício e cinco minutos após ($P = < 0.0001$). Houve evidência muito forte entre as sessões nos momentos pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0.0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0.0001$) pré – exercício e cinco minutos após último salto ($P = < 0.0001$).

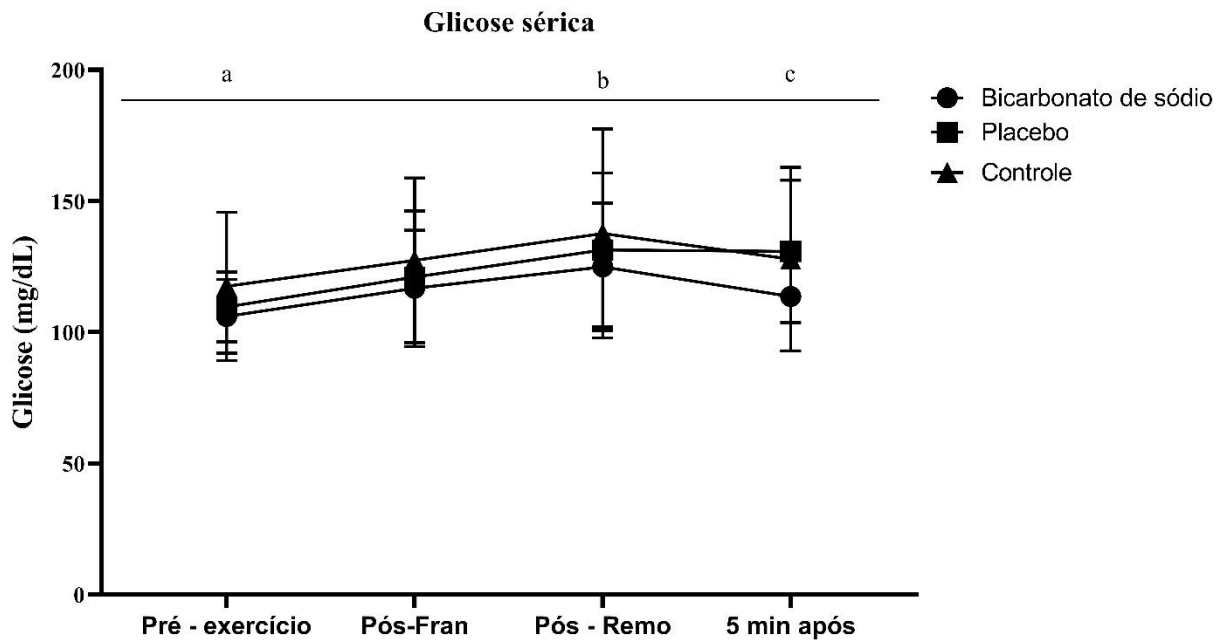
Figura 12- pH sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós – Fran, b = pré – exercício diferente pós – remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.



Fonte: Do autor (2021)

Para a glicose sérico (mg/dL) não houve efeito da sessão ($P = 0,23$) ou interação sessão x tempo ($P = 0,75$) para a glicose sanguínea, mas houve efeito do tempo ($P = <0,0001$) (Figura 14). Foi encontrado evidência fraca no pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = 0.03$) e pós – *benchmark Fran* e pós – 500 metros de remo ($P = 0.04$) e evidência moderada entre pré – exercício e cinco minutos após ($P = 0.003$).

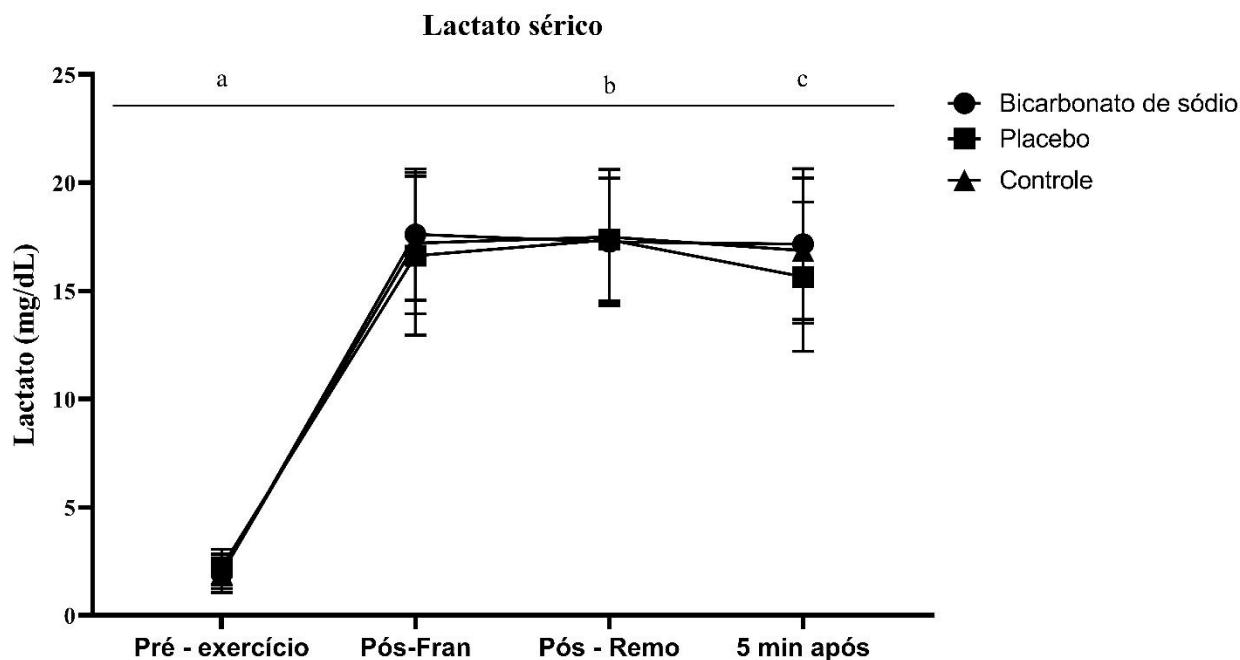
Figura 13- Glicose sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós – Fran, b = pós - Fran diferente pós – remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.



Fonte: Do autor (2021)

Para o lactato sérico não houve efeito da sessão ($P = 0,38$) ou interação sessão x tempo ($P = 0,41$) para o lactato sanguíneo, mas houve efeito do tempo ($P = <0,0001$) (Figura 15). Foi encontrado evidência muito forte no pré – exercício e pós *benchmark Fran* ($P = <0.0001$) pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0.0001$), pré – exercício e cinco minutos após salto ($P = <0.0001$).

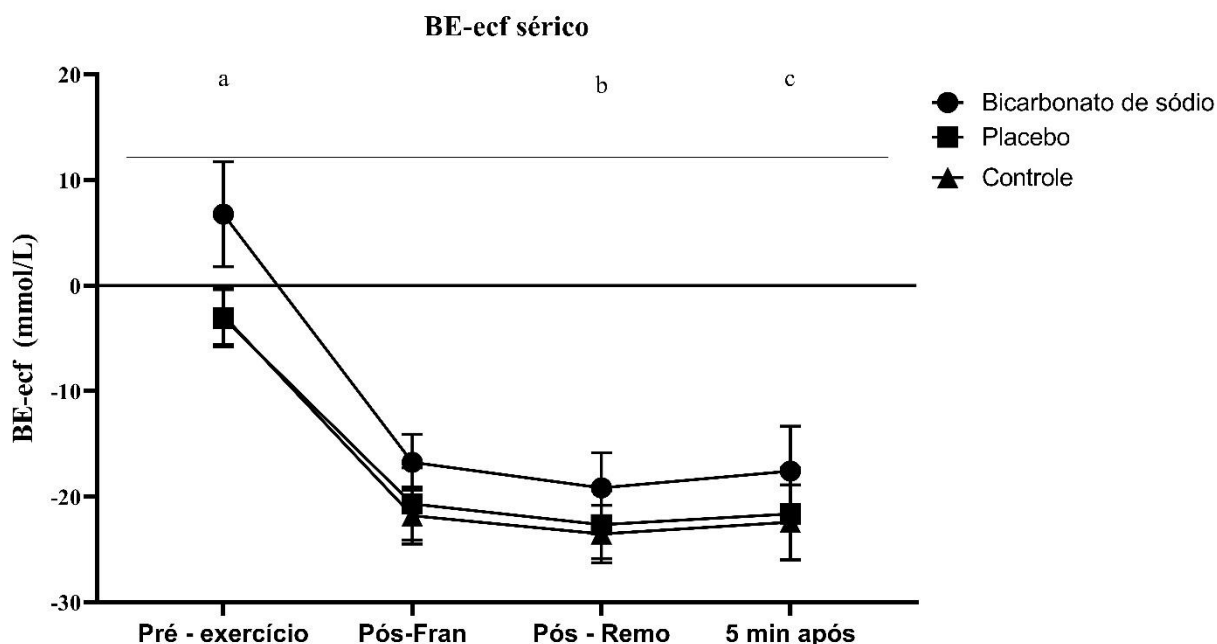
Figura 14- Lactato sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após.



Fonte: Do autor (2021)

Para o BE-ecf (excesso de base) houve efeito de sessão, tempo e interação sessão x tempo (Todos $P < 0,0001$) (Figura 16). Houve evidência muito forte entre a sessão CON e PLA nos momentos pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P < 0,0001$) e pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P < 0,0001$). Nas condições CON e BS foi encontrado evidência muito forte entre pós – *benchmark Fran* e pré – exercício ($P < 0,0001$), pós- 500 metros e pré- suplementação ($P < 0,0001$) e pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P < 0,0001$). Entre PLA e BS houve evidência forte nos momentos pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P < 0,0001$), pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P < 0,0001$). Ocorreu evidência muito forte entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após salto ($P < 0,0001$).

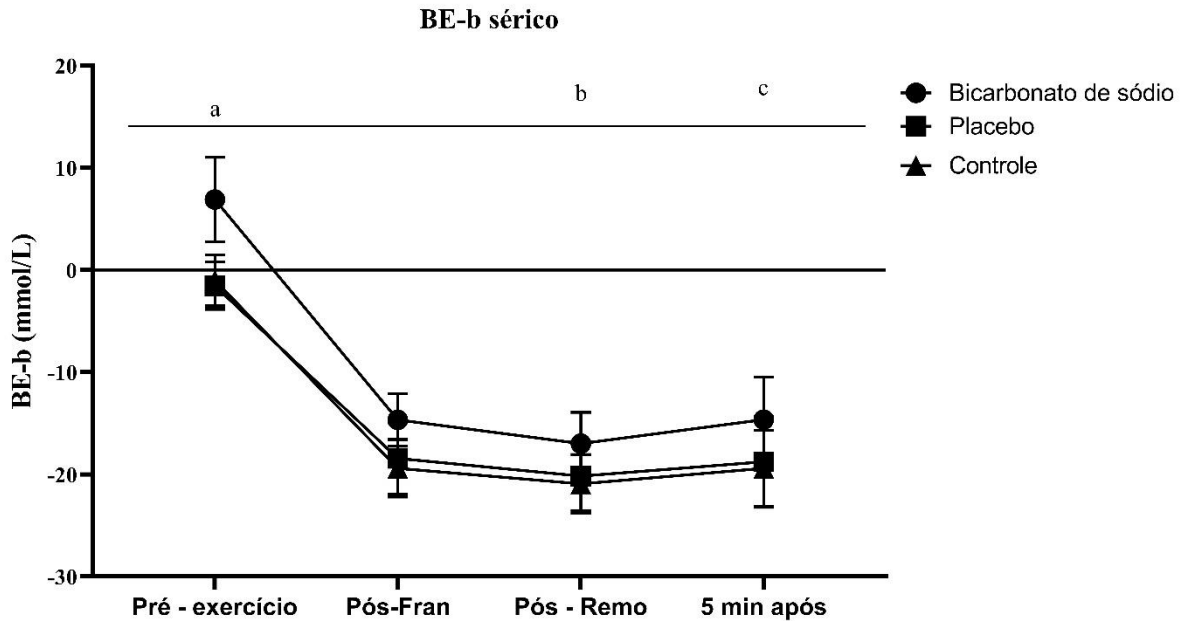
Figura 15- BE-ecf sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após



Fonte: Do autor (2021)

Para a análise para o BE-b (excesso de base) houve efeito sessão, tempo e interação sessão x tempo (Todos $P = < 0,0001$) (Figura 17) . Nas sessões CON e PLA houve evidência muito forte entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$). Nas sessões CON e BS foi encontrado evidência muito forte entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$). Nas sessões PLA e BS houve evidência muito forte entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$). Houve evidência muito forte entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós- 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$).

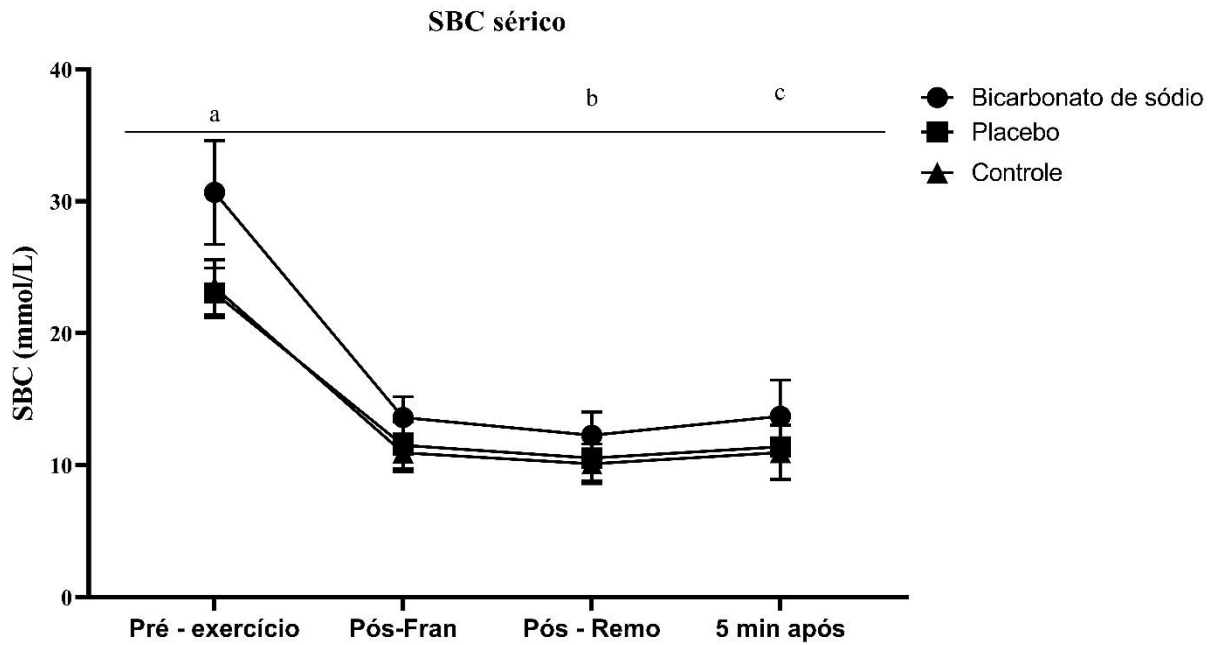
Figura 16- BE-b sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após



Fonte: Do autor (2021)

Para a análise do SBC sanguíneo houve efeito sessão, tempo e interação sessão x tempo (Todos $P = < 0,0001$) (Figura 18). Nas sessões CON e PLA houve evidência muito forte nos momentos pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$). Nas sessões CON e BS foi encontrado evidência muito forte entre os momentos pós – *benchmark Fran* e pré -exercício ($P = < 0,0001$), pós- *benchmark Fran* e cinco minutos após o salto ($P = 0,03$). Nas sessões PLA e BS houve evidência muito forte nos momentos pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós – 500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$). Houve evidência muito forte entre pré – exercício e pós – *benchmark Fran* ($P = < 0,0001$), pré – exercício e pós-500 metros de remo ($P = < 0,0001$) e pré – exercício e cinco minutos após o salto ($P = < 0,0001$).

Figura 17- SBC sérico dos voluntários durante o protocolo. a= pré – exercício diferente de pós - Fran, b = pré – exercício diferente de pós - remo, c = pré – exercício diferente de cinco minutos após



Fonte: Do autor (2021)

7 DISCUSSÃO

7.1 Desempenho

O nosso estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do uso de bicarbonato de sódio com a dose de 0,3g/kg de peso no desempenho, parâmetros neuromusculares e bioquímicos em praticantes de *CrossFit*[®].

No desempenho do *benchmark Fran* foi encontrado uma melhora de 7,4% entre CON e BS. Isso mostra que há um benefício com o uso agudo do BS nessas condições. Entretanto, com o uso agudo do BS com 0,3 g/kg de peso, os indivíduos que suplementaram com BS não melhoraram o desempenho no *benchmark Cindy* (TOLEDO; VIEIRA; DIAS, 2020). Sabe-se que com a suplementação crônica de BS, com o aumento progressivo da dose durante uma semana, aumentou a quantidade de repetições dos voluntários no *benchmark Fight Gone Bad* (DURKALEC-MICHALSKI; ZAWIEJA; PODGÓRSKI; ŁONIEWSKI et al., 2018). Possivelmente essas diferenças nos resultados de desempenho dos voluntários dos diferentes estudos se deve a ingestão de uma refeição rica em carboidrato anteriores ao teste, que oide reduzir os efeitos colaterais provocados pelo consumo de BS (CARR; SLATER; GORE; DAWSON et al., 2011), e assim reduzindo os possíveis efeitos ergolíticos decorrentes dos efeitos adversos da suplementação de BS.

O tempo médio para a conclusão do *benchmark Fran* do grupo que suplementou com BS ($291,23 \pm 73,19$ s) em nosso estudo é maior do que o tempo relatado por praticantes homens, na categoria individual, no site da *CrossFit*[®] *Games* (250 ± 106 s) (MANGINE; CEBULLA; FEITO, 2018). Por esse motivo evidencia a melhoria de desempenho entre o grupo CON e BS, pois é encontrado maiores benefícios a suplementação de BS em indivíduos não tão bem treinados (MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER et al., 2018).

Não foi perguntado aos voluntários o que acreditaram terem ingerido nos testes, não sendo possível demonstrar a percepção dos voluntários sobre o que consumiram durante o protocolo. Entretanto podemos considerar a diferença significativa entre BS e CON, a união do efeito fisiológico do BS e o psicológico do CON, que forneceu um resultado maior que as demais diferenças. Independentemente de ser informado o que os voluntários estão ingerindo outros aspectos podem influenciar a resposta dos voluntários ao protocolo, além dos efeitos aditivos positivos já conhecidos com o uso da suplementação. Como o suplemento é oferecido em capsulas ou solução, crenças, expectativas, positividade e o pré - condicionamento dos voluntários (MARTICORENA; CARVALHO; OLIVEIRA; DOLAN et al., 2021)

Esse é o primeiro trabalho que avalia a suplementação de BS e o desempenho de contrarrelógio em remo ergômetro no *CrossFit*[®] e não mostrou diferenças significativas com BS.

Ao começar o exercício os voluntários já se encontravam em um estado de acidose muscular, provocada pela alta intensidade do *benchmark Fran* e o pouco intervalo entre a realização dos dois exercícios, não permitindo a recuperação completa dos voluntários. Por esse motivo, durante a sua realização dos testes de remo nos voluntários diminuíram a intensidade independente da sessão, por estarem em um estado de fadiga periférica. Atualmente é amplamente aceito que o aumento da acidade muscular pode limitar a capacidade de realização de exercícios de alta intensidade, sendo um dos fatores que ocasiona a fadiga periférica, por meio da inibição de vários processos metabólicos, como inibição de enzimas importantes no metabolismo energético e contratilidade muscular (SIEGLER; MARSHALL; BISHOP; SHAW *et al.*, 2016). Por esse motivo se faz necessário mais trabalhos com a suplementação de bicarbonato de sódio, no uso do remo ergômetro no *CrossFit*[®], em protocolos diferentes, por ser um exercício usual na modalidade.

7.2 Parâmetros fisiológicos

No presente estudo a altura do salto pré – *benchmark Fran* e pós – *benchmark Fran*, se manteve inalterada, enquanto em um protocolo simulado de basquete em jogadoras de basquete universitárias que foram submetidas a exercícios intermitentes de alta intensidade ocorreu uma diminuição na altura do salto (DELETRAT; MACKESSY; ARCEO-RENDON; SCANLAN *et al.*, 2018). Essa diferença se deve por vários motivos, como especificidade do esporte, diferentes protocolos de suplementação e populações diferentes. Seria interessante um trabalho adicional para avaliar a altura no salto com a suplementação de BS, pois o salto vertical contramovimento é um teste de monitoramento de desempenho simples, eficaz e popular. Dessa forma avaliar o potencial do BS em melhorar parâmetros neuromusculares.

A frequência cardíaca foi avaliada em diferentes momentos, logo após o *Benchmark Fran* e logo após os 500 metros de remo, que é uma característica da modalidade essa união nos treinamentos e competições de exercícios concorrentes (SCHLEGEL, 2020). Os valores de frequência cardíaca após o *Benchmark Fran* em todos as intervenções se aproximam de outros estudos que avaliaram as respostas fisiológicas desse *WOD* (FERNANDEZ-FERNANDEZ; SABIDO; MOYA; SARABIA MARÍN *et al.*, 2015; TIBANA; SOUSA; PRESTES; VOLTARELLI, 2018; TIBANA; DE SOUSA; CUNHA; PRESTES, 2018). Esses valores

também se assemelham a *WOD's* semelhantes de alta intensidade do *CrossFit*[®] (MATÉ-MUÑOZ; LOUGEDO; BARBA; CAÑUELO-MÁRQUEZ *et al.*, 2018).

Os valores de percepção subjetiva de esforço dos voluntários com o uso do BS se mostraram menores que estudos que avaliaram as respostas fisiológicas no *benchmark Fran* (FERNANDEZ-FERNANDEZ; SABIDO; MOYA; SARABIA MARÍN *et al.*, 2015; TIBANA; SOUSA; PRESTES; VOLTARELLI, 2018; TIBANA; DE SOUSA; CUNHA; PRESTES, 2018). Semelhanças são encontradas em estudos com outros esportes, como achado em atletas masculino de esporte coletivos, que em testes com Yo-Yo nível 2, com a suplementação de BS, diminuiu a sua percepção de esforço (MARRIOTT; KRUSTRUP; MOHR, 2015).

Durante o protocolo não foi observada a presença de efeitos colaterais graves que poderiam comprometer a realização do protocolo. Estes achados são encontrados em outros estudos que avaliaram o uso de BS no desempenho de *CrossFit*[®] (DURKALEC-MICHALSKI; ZAWIEJA; PODGÓRSKI; ŁONIEWSKI *et al.*, 2018; TOLEDO; VIEIRA; DIAS, 2020). Oferecemos uma refeição rica em carboidrato junto com o BS, que é indicado para a diminuição dos sintomas gastrointestinais (MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018). Outros estudos que ofertaram refeições ricas em carboidrato junto com o BS os voluntários também apresentaram efeitos colaterais em diferentes intensidades (FARIAS; SAUNDERS; YAMAGUCHI; SWINTON *et al.*, 2020) e na avaliação de desconfortos gástricos de indivíduos fisicamente ativos, evidenciou que a refeição rica de carboidrato em conjunto com o BS, na versão em capsulas ou solução, diminuiu os desconfortos gástricos relatados pelos participantes (CARR; SLATER; GORE; DAWSON *et al.*, 2011). Outro ponto que é importante destacar foi o uso do suplemento em forma de capsulas gastroresistentes, que são resistentes ao ácido clorídrico e agem no intestino. Assim diminuindo a reação do ácido clorídrico com o BS, que pode potencializar os desconfortos gástricos (HILTON; LEACH; CRAIG; SPARKS *et al.*, 2020).

7.3 Parâmetros bioquímicos

Durante todo o protocolo o pH com a suplementação do BS mostrou uma tendência de se manter mais elevado, independente do momento, isso evidenciando uma característica do consumo da sua suplementação que atua no tamponamento da acidose muscular causada pelo exercício de alta intensidade, resultado que se assemelha com estudo realizado com jogadores de Rugby que com o uso do BS o pH dos voluntários se manteve mais elevado, principalmente pós exercício, entretanto isso não significou uma melhora de desempenho dos mesmos em

relação a condição placebo (CAMERON; MCLAY-COOKE; BROWN; GRAY *et al.*, 2010). O que podemos interpretar desses dados é com o consumo do bicarbonato de sódio aumenta as reservas celulares assim potencializando o efluxo de H^+ no músculo (LANCHA JUNIOR; PAINELLI VDE; SAUNDERS; ARTIOLI, 2015), auxiliando na manutenção do pH sanguíneo do indivíduo e dificultando o seu declínio.

O lactado dos voluntários não mostrou diferença significativa entre os tratamentos durante os diferentes momentos no nosso protocolo. Entretanto o momento pós-*benchmark Fran* com a suplementação de BS mostrou valores mais elevados para o lactato em relação a um estudo que avaliou esse *benchmark*, que encontrou valores de $(14.0 \pm 3.3 \text{ mmol/L})$ com praticantes recreacionais de *CrossFit*[®] (FERNANDEZ-FERNANDEZ; SABIDO; MOYA; SARABIA MARÍN *et al.*, 2015). Outro estudo mostrou que pós-*benchmark Fran* os sujeitos apresentaram valores parecidos com o encontrado no nosso estudo, sendo $(17.8 \pm 4.9 \text{ mmol/L})$ com praticantes de *HIFT* (TIBANA; DE SOUSA; CUNHA; PRESTES, 2018) e outro que avaliou praticantes de *CrossFit*[®] foi encontrado o valor de $(17.7 \pm 4.2 \text{ mmol/L})$ (TIBANA; SOUSA; PRESTES; VOLTARELLI, 2018). Com a suplementação de diferentes doses de BS em ciclistas foi encontrado valores de lactato maiores em doses de 0,3 g/kg de peso. O que explica esse processo é a diminuição de íons de H^+ que conseqüentemente diminuiria a inibição da enzima fosfofrutoquinase, uma enzima regulatória da via glicolítica, assim favorecendo a maior ativação dessa via e o fornecimento de energia. Com a produção de lactato além disso o BS aumenta a capacidade do transportador de (monocarboxilato) que transportam H^+ e lactato através da sarcolema para a circulação sanguínea, resultando em um maior efluxo desses produtos para a circulação sanguínea, onde podem ser tamponados ou transportados para outras fibras musculares inativas (BANGSBO; AAGAARD; OLSEN; KIENS *et al.*, 1995).

Após as duas horas pós suplementação de BS, em todos os momentos a concentração de bicarbonato sérico se mostrou com valores acima do tratamento controle e placebo. Como o encontrado em um estudo que avaliou o aumento do bicarbonato sérico com o consumo agudo em corredores de meia distância (MARCUS; ROSSI, 2019). No nosso protocolo ocorreu um aumento de $9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de BS que os voluntários alcançaram valores que tem o potencial de melhorar o desempenho em atletas, como demonstrado em uma meta-análise que mostrou que valores acima de $+6 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, possui a possibilidade de ocorrer o efeito ergogênico com o consumo do BS (CARR; HOPKINS; GORE, 2011). Isso indicando que a ingestão de bicarbonato de sódio tem o potencial de aumentar o bicarbonato sérico, isso sendo de extrema importância para a melhora do tamponamento extracelular dos voluntários.

8 LIMITAÇÕES

As limitações encontradas no estudo foram principalmente relacionadas a pandemia que se estendeu pelo ano de 2020. Fechamento das academias por um tempo prolongado. A dificuldade de encontrar prováveis voluntários. A não randomização do CON e sem ofertar refeição duas horas antes do começo do protocolo. Não perguntamos o que os voluntários acharam que tomavam, que pode influenciar no desempenho dos voluntários pelo efeito placebo (SAUNDERS; DE OLIVEIRA; DA SILVA; DE SALLES PAINELLI *et al.*, 2017).

9 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA ATLETAS E TREINADORES

Pelo aspecto do *CrossFit*[®] de ser uma modalidade esportiva de alta intensidade e com exercícios compostos, com vários WOD's com duração de 5 a 10 minutos de duração, os atletas podem se beneficiar com a suplementação de BS (HEIBEL; PERIM; OLIVEIRA; MCNAUGHTON *et al.*, 2018). Como demonstrado no nosso estudo o uso agudo de BS pode beneficiar praticantes e atletas de *CrossFit*[®] nos treinamentos e campeonatos com características como a do *benchmark Fran*.

10 PERSPECTIVAS PARA FUTURAS PESQUISAS

Com os dados apresentados no protocolo pelos voluntários destaca a importância de mais estudos que avaliem o uso agudo do BS em exercícios seguidos de *CrossFit*[®]. Por ser uma característica do seu treinamento e campeonatos *WOD's* com exercícios seguidos como remo, corrida, bicicleta, natação. Sendo um ótimo caminho para futuras investigações.

11 CONCLUSÃO

Nosso estudo mostrou que o BS melhorou o desempenho do *CrossFit*[®] em comparação com uma sessão CON, mas não com PL. A suplementação de BS não melhorou o desempenho em um contrarrelógio de remo ergômetro seguido do *benchmark Fran*. Não alterou parâmetros de fadiga neuromuscular dos voluntários. Os indivíduos não apresentaram desconfortos gástricos graves com que poderiam comprometer o andamento dos testes. As respostas apresentadas pelos voluntários como frequência cardíaca e PSE elevadas mostraram que o *benchmark Fran* é um exercício com predominância de alta intensidade.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiol Rev**, 88, n. 1, p. 287-332, Jan 2008.
- ARTIOLI, G. G.; GUALANO, B.; SMITH, A.; STOUT, J. *et al.* Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. **Medicine and science in sports and exercise**, 42, n. 6, p. 1162-1173, 2010/06// 2010.
- BAKER, J. S.; MCCORMICK, M. C.; ROBERGS, R. A. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. **J Nutr Metab**, 2010, p. 905612, 2010.
- BANGSBO, J.; AAGAARD, T.; OLSEN, M.; KIENS, B. *et al.* Lactate and H⁺ uptake in inactive muscles during intense exercise in man. **J Physiol**, 488 (Pt 1), n. Pt 1, p. 219-229, Oct 1 1995.
- BANGSBO, J.; MADSEN, K.; KIENS, B.; RICHTER, E. A. Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. **J Physiol**, 495 (Pt 2), n. Pt 2, p. 587-596, Sep 1 1996.
- BARFIELD, J.; ANDERSON, A. Effect of CrossFit on health related physical fitness: A pilot study. 01/01 2014.
- BELLINGER, P. Functional Overreaching in Endurance Athletes: A Necessity or Cause for Concern? **Sports Med**, 50, n. 6, p. 1059-1073, Jun 2020.
- BERGERON, M. F.; NINDL, B. C.; DEUSTER, P. A.; BAUMGARTNER, N. *et al.* Consortium for Health and Military Performance and American College of Sports Medicine consensus paper on extreme conditioning programs in military personnel. **Curr Sports Med Rep**, 10, n. 6, p. 383-389, Nov-Dec 2011.
- BIBEAU, W. S.; MOORE, J. B.; MITCHELL, N. G.; VARGAS-TONSING, T. *et al.* Effects of acute resistance training of different intensities and rest periods on anxiety and affect. **J Strength Cond Res**, 24, n. 8, p. 2184-2191, Aug 2010.
- BONEN, A.; HEYNEN, M.; HATTA, H. Distribution of monocarboxylate transporters MCT1-MCT8 in rat tissues and human skeletal muscle. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, 31 1, p. 31-39, 2006.
- BÖNING, D.; MAASSEN, N. Point: Lactic acid is the only physicochemical contributor to the acidosis of exercise. **J Appl Physiol (1985)**, 105, n. 1, p. 358-359, Jul 2008.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. **Int J Sports Physiol Perform**, 3, n. 1, p. 16-30, Mar 2008.

BROCH-LIPS, M.; OVERGAARD, K.; PRAETORIUS, H. A.; NIELSEN, O. B. Effects of extracellular HCO₃⁻ on fatigue, pHi, and K⁺ efflux in rat skeletal muscles. **J Appl Physiol** (1985), 103, n. 2, p. 494-503, Aug 2007.

BURKE, L. M.; PYNE, D. B. Bicarbonate loading to enhance training and competitive performance. **Int J Sports Physiol Perform**, 2, n. 1, p. 93-97, Mar 2007.

BUTCHER, S.; NEYEDLY, T. J.; HORVEY, K. J.; BENKO, C. R. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? **Open Access Journal of Sports Medicine**, 6, p. 241 - 247, 2015.

BUTCHER, S. J.; NEYEDLY, T. J.; HORVEY, K. J.; BENKO, C. R. Do physiological measures predict selected CrossFit(®) benchmark performance? **Open Access J Sports Med**, 6, p. 241-247, 2015.

CALVO, J. L.; XU, H. Effect of sodium bicarbonate contribution on energy metabolism during exercise: a systematic review and meta-analysis. 18, n. 1, p. 11, Feb 5 2021.

CAMERON, S. L.; MCLAY-COOKE, R. T.; BROWN, R. C.; GRAY, A. R. *et al.* Increased blood pH but not performance with sodium bicarbonate supplementation in elite rugby union players. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 20, n. 4, p. 307-321, Aug 2010.

CARR, A. J.; HOPKINS, W. G.; GORE, C. J. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. **Sports Med**, 41, n. 10, p. 801-814, Oct 1 2011.

CARR, A. J.; SLATER, G. J.; GORE, C. J.; DAWSON, B. *et al.* Effect of sodium bicarbonate on [HCO₃⁻], pH, and gastrointestinal symptoms. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 21, n. 3, p. 189-194, Jun 2011.

CASSIDY, S.; THOMA, C.; HOUGHTON, D.; TRENELL, M. I. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. **Diabetologia**, 60, n. 1, p. 7-23, Jan 2017.

CATAI, A. M.; PASTRE, C. M.; GODOY, M. F.; SILVA, E. D. *et al.* Heart rate variability: are you using it properly? Standardisation checklist of procedures. **Braz J Phys Ther**, 24, n. 2, p. 91-102, Mar-Apr 2020.

CHASIOTIS, D.; SAHLIN, K.; HULTMAN, E. Regulation of glycogenolysis in human muscle at rest and during exercise. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol**, 53, n. 3, p. 708-715, Sep 1982.

CLAUDINO, J. G.; GABBETT, T. J.; BOURGEOIS, F.; SOUZA, H. S. *et al.* CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med Open**, 4, n. 1, p. 11, Feb 26 2018.

COFFEY, V. G.; HAWLEY, J. A. Concurrent exercise training: do opposites distract? **The Journal of physiology**, 595, n. 9, p. 2883-2896, 2017.

CONLAY, L. A.; SABOUNJIAN, L. A.; WURTMAN, R. J. Exercise and neuromodulators: choline and acetylcholine in marathon runners. **Int J Sports Med**, 13 Suppl 1, p. S141-142, Oct 1992.

DAVIS, J. M.; BAILEY, S. P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 29, n. 1, p. 45-57, Jan 1997.

DE SOUZA, R. A. S.; DA SILVA, A. G.; DE SOUZA, M. F.; SOUZA, L. K. F. *et al.* A Systematic Review of CrossFit® Workouts and Dietary and Supplementation Interventions to Guide Nutritional Strategies and Future Research in CrossFit®. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 31, n. 2, p. 187-205, Jan 29 2021.

DELESTRAT, A.; MACKESSY, S.; ARCEO-RENDON, L.; SCANLAN, A. *et al.* Effects of 3-Day Serial Sodium Bicarbonate Loading on Performance and Physiological Parameters During a Simulated Basketball Test in Female University Players. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, 28, p. 1-20, 01/18 2018.

DEXHEIMER, J.; SCHROEDER, E.; SAWYER, B.; PETTITT, R. *et al.* Physiological Performance Measures as Indicators of CrossFit® Performance. **Sports**, 7, p. 93, 04/22 2019.

DEXHEIMER, J. D.; SCHROEDER, E. T.; SAWYER, B. J.; PETTITT, R. W. *et al.* Physiological Performance Measures as Indicators of CrossFit(®) Performance. **Sports (Basel)**, 7, n. 4, Apr 22 2019.

DRAKE, N.; SMEED, J.; CARPER, M.; CRAWFORD, D. Effects of Short-Term CrossFit Training: A Magnitude-Based Approach. **Journal of Exercise Physiology Online**, 20, p. 111-133, 03/04 2017.

DRILLER, M.; GREGORY, J.; WILLIAMS, A.; FELL, J. The Effects of Chronic Sodium Bicarbonate Ingestion and Interval Training in Highly Trained Rowers. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, 23, p. 40-47, 02/01 2013.

DRUM, S. N.; BELLOVARY, B. N.; JENSEN, R. L.; MOORE, M. T. *et al.* Perceived demands and postexercise physical dysfunction in CrossFit® compared to an ACSM based training session. **J Sports Med Phys Fitness**, 57, n. 5, p. 604-609, May 2017.

DURKALEC-MICHALSKI, K.; ZAWIEJA, E. E.; PODGÓRSKI, T.; ŁONIEWSKI, I. *et al.* The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. **PLoS One**, 13, n. 5, p. e0197480, 2018.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **J Physiol**, 586, n. 1, p. 11-23, Jan 1 2008.

FABIATO, A.; FABIATO, F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from cardiac and skeletal muscles. **The Journal of physiology**, 276, p. 233-255, 1978/03// 1978.

FARIAS, D. E. O. L.; SAUNDERS, B.; YAMAGUCHI, G.; SWINTON, P. *et al.* Is Individualization of Sodium Bicarbonate Ingestion Based on Time to Peak Necessary? **Med Sci Sports Exerc**, 52, n. 8, p. 1801-1808, Aug 2020.

FERGUSON, B. S.; ROGATZKI, M. J.; GOODWIN, M. L.; KANE, D. A. *et al.* Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. 118, n. 4, p. 691-728, Apr 2018.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J.; SABIDO, R.; MOYA, D.; SARABIA MARÍN, J. M. *et al.* Acute physiological responses during crossfit® workouts. **European Journal of Human Movement**, 35, p. 114-124, 01/01 2015.

FERNÁNDEZ, J. F.; SOLANA, R. S.; MOYA, D.; MARIN, J. M. S. *et al.* Acute physiological responses during crossfit® workouts. **European Journal of Human Movement**, 35, p. 114-124, 2015.

FISKER, F. Y.; KILDEGAARD, S.; THYGESEN, M.; GROSEN, K. *et al.* Acute tendon changes in intense CrossFit workout: an observational cohort study. **Scand J Med Sci Sports**, 27, n. 11, p. 1258-1262, Nov 2017.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiol Rev**, 74, n. 1, p. 49-94, Jan 1994.

GAITANOS, G. C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L. H.; BROOKS, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **J Appl Physiol (1985)**, 75, n. 2, p. 712-719, Aug 1993.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiol Rev**, 81, n. 4, p. 1725-1789, Oct 2001.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy

adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 43, n. 7, p. 1334-1359, Jul 2011.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Med**, 31, n. 10, p. 725-741, 2001.

GLASSMAN, G. Foundations. **Crossfit Journal** 2002.

GLASSMAN, G. Understanding Crossfit. **CrossFit Journal**, n. 56, p. 1, 2007.

GORE, C. J.; RODRÍGUEZ, F. A.; TRUIJENS, M. J.; TOWNSEND, N. E. *et al.* Increased serum erythropoietin but not red cell production after 4 wk of intermittent hypobaric hypoxia (4,000-5,500 m). **J Appl Physiol (1985)**, 101, n. 5, p. 1386-1393, Nov 2006.

GRGIC, J.; RODRIGUEZ, R. F.; GAROFOLINI, A.; SAUNDERS, B. *et al.* Effects of Sodium Bicarbonate Supplementation on Muscular Strength and Endurance: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, 50, n. 7, p. 1361-1375, 2020/07/01 2020.

HADDOCK, C. K.; POSTON, W. S.; HEINRICH, K. M.; JAHNKE, S. A. *et al.* The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. **Mil Med**, 181, n. 11, p. e1508-e1514, Nov 2016.

HADZIC, M.; ECKSTEIN, M. L.; SCHUGARDT, M. The Impact of Sodium Bicarbonate on Performance in Response to Exercise Duration in Athletes: A Systematic Review. **J Sports Sci Med**, 18, n. 2, p. 271-281, Jun 2019.

HALSON, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports Med**, 44 Suppl 2, n. Suppl 2, p. S139-147, Nov 2014.

HARRIS, R. C.; EDWARDS, R. H.; HULTMAN, E.; NORDESJÖ, L. O. *et al.* The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. **Pflugers Arch**, 367, n. 2, p. 137-142, Dec 28 1976.

HASHIMOTO, T.; HUSSIEN, R.; BROOKS, G. A. Colocalization of MCT1, CD147, and LDH in mitochondrial inner membrane of L6 muscle cells: evidence of a mitochondrial lactate oxidation complex. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, 290, n. 6, p. E1237-1244, Jun 2006.

HASHIMOTO, T.; MASUDA, S.; TAGUCHI, S.; BROOKS, G. A. Immunohistochemical analysis of MCT1, MCT2 and MCT4 expression in rat plantaris muscle. **The Journal of physiology**, 567, n. Pt 1, p. 121-129, 2005.

HEIBEL, A. B.; PERIM, P. H. L.; OLIVEIRA, L. F.; MCNAUGHTON, L. R. *et al.* Time to Optimize Supplementation: Modifying Factors Influencing the Individual Responses to Extracellular Buffering Agents. **Front Nutr**, 5, p. 35, 2018.

HILTON, N. P.; LEACH, N. K.; CRAIG, M. M.; SPARKS, S. A. *et al.* Enteric-Coated Sodium Bicarbonate Attenuates Gastrointestinal Side-Effects. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 30, n. 1, p. 62-68, Jan 1 2020.

HOBSON, R. M.; HARRIS, R. C.; MARTIN, D.; SMITH, P. *et al.* Effect of sodium bicarbonate supplementation on 2000-m rowing performance. **Int J Sports Physiol Perform**, 9, n. 1, p. 139-144, Jan 2014.

HOPKINS, W. G. Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. **Sports Med**, 12, n. 3, p. 161-183, Sep 1991.

IBGE. Práticas de esportes e atividades físicas: 2015 / IBGE. **IBGE**, 2017.

IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; MARCORA, S. M. Physiological assessment of aerobic training in soccer. **J Sports Sci**, 23, n. 6, p. 583-592, Jun 2005.

JUBRIAS, S. A.; CROWTHER, G. J.; SHANKLAND, E. G.; GRONKA, R. K. *et al.* Acidosis inhibits oxidative phosphorylation in contracting human skeletal muscle in vivo. **J Physiol**, 553, n. Pt 2, p. 589-599, Dec 1 2003.

JUEL, C. Regulation of pH in human skeletal muscle: adaptations to physical activity. **Acta Physiol (Oxf)**, 193, n. 1, p. 17-24, May 2008.

JUEL, C.; HALESTRAP, A. P. Lactate transport in skeletal muscle - role and regulation of the monocarboxylate transporter. **The Journal of physiology**, 517 (Pt 3), n. Pt 3, p. 633-642, 1999.

KLISZCZEWICZ, B.; QUINDRY, C. J.; BLESSING, L. D.; OLIVER, D. G. *et al.* Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFitTM vs. Treadmill Bout. **J Hum Kinet**, 47, p. 81-90, Sep 29 2015.

KLISZCZEWICZ, B.; SNARR, R. L.; ESCO, M. R. Metabolic and Cardiovascular Response to the CrossFit Workout 'Cindy'. **Journal of Sport and Human Performance**, 2, n. 2, 11/04 2014.

LANCHA JUNIOR, A. H.; PAINELLI VDE, S.; SAUNDERS, B.; ARTIOLI, G. G. Nutritional Strategies to Modulate Intracellular and Extracellular Buffering Capacity During High-Intensity Exercise. **Sports Med**, 45 Suppl 1, p. S71-81, Nov 2015.

LEE, T.-Y. Lactate: a multifunctional signaling molecule. **Yeungnam Univ J Med**, 38, n. 3, p. 183-193, 7 2021.

LOPES-SILVA, J. P.; DA SILVA SANTOS, J. F. Sodium bicarbonate ingestion increases glycolytic contribution and improves performance during simulated taekwondo combat. 18, n. 3, p. 431-440, Apr 2018.

MAINWOOD, G. W.; WORSLEY-BROWN, P. The effects of extracellular pH and buffer concentration on the efflux of lactate from frog sartorius muscle. **J Physiol**, 250, n. 1, p. 1-22, Aug 1975.

MANGINE, G. T.; CEBULLA, B.; FEITO, Y. Normative Values for Self-Reported Benchmark Workout Scores in CrossFit® Practitioners. **Sports Med Open**, 4, n. 1, p. 39, Aug 20 2018.

MARCUS, A.; ROSSI, A. The effects of a novel bicarbonate loading protocol on serum bicarbonate concentration: a randomized controlled trial. 16, n. 1, p. 41, Sep 18 2019.

MARRIOTT, M.; KRUSTRUP, P.; MOHR, M. Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise. **J Int Soc Sports Nutr**, 12, p. 13, 2015.

MARTICORENA, F. M.; CARVALHO, A.; OLIVEIRA, L. F. D.; DOLAN, E. *et al.* Nonplacebo Controls to Determine the Magnitude of Ergogenic Interventions: A Systematic Review and Meta-analysis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 53, n. 8, p. 1766-1777, 2021.

MATÉ-MUÑOZ, J. L.; LOUGEDO, J. H.; BARBA, M.; CAÑUELO-MÁRQUEZ, A. M. *et al.* Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. **J Sports Sci Med**, 17, n. 4, p. 668-679, Dec 2018.

MATSON, L.; TRAN, Z. Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Anaerobic Performance: A Meta-Analytic Review. **International journal of sport nutrition**, 3, p. 2-28, 04/01 1993.

MAUGHAN, R. J.; BURKE, L. M.; DVORAK, J.; LARSON-MEYER, D. E. *et al.* IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 52, n. 7, p. 439-455, Apr 2018.

MUELLER, S. M.; GEHRIG, S. M.; FRESE, S.; WAGNER, C. A. *et al.* Multiday acute sodium bicarbonate intake improves endurance capacity and reduces acidosis in men. **J Int Soc Sports Nutr**, 10, n. 1, p. 16, Mar 26 2013.

NADERI, A.; EARNEST, C. P.; LOWERY, R. P.; WILSON, J. M. *et al.* Co-ingestion of Nutritional Ergogenic Aids and High-Intensity Exercise Performance. **Sports Med**, 46, n. 10, p. 1407-1418, Oct 2016.

NELSON, M. E.; REJESKI, W. J.; BLAIR, S. N.; DUNCAN, P. W. *et al.* Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Med Sci Sports Exerc**, 39, n. 8, p. 1435-1445, Aug 2007.

OLIVEIRA, L.; SAUNDERS, B.; YAMAGUCHI, G.; SWINTON, P. *et al.* Is Individualization of Sodium Bicarbonate Ingestion Based on Time to Peak Necessary? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 52, p. 1, 02/01 2020.

ØRTENBLAD, N.; WESTERBLAD, H.; NIELSEN, J. Muscle glycogen stores and fatigue. **J Physiol**, 591, n. 18, p. 4405-4413, Sep 15 2013.

PEART, D. J.; SIEGLER, J. C.; VINCE, R. V. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. **J Strength Cond Res**, 26, n. 7, p. 1975-1983, Jul 2012.

PILEGAARD, H.; BANGSBO, J.; RICHTER, E. A.; JUEL, C. Lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles from human muscle biopsies: relation to training status. **J Appl Physiol (1985)**, 77, n. 4, p. 1858-1862, Oct 1994.

PILEGAARD, H.; DOMINO, K.; NOLAND, T.; JUEL, C. *et al.* Effect of high-intensity exercise training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. **Am J Physiol**, 276, n. 2, p. E255-261, Feb 1999.

POSTON, W. S.; HADDOCK, C. K.; HEINRICH, K. M.; JAHNKE, S. A. *et al.* Is High-Intensity Functional Training (HIFT)/CrossFit Safe for Military Fitness Training? **Mil Med**, 181, n. 7, p. 627-637, Jul 2016.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, 287, n. 3, p. R502-516, Sep 2004.

SAHLIN, K. Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. **Sports Med**, 44 Suppl 2, n. Suppl 2, p. S167-173, Nov 2014.

SAHLIN, K.; HARRIS, R. C.; NYLIND, B.; HULTMAN, E. Lactate content and pH in muscle obtained after dynamic exercise. **Pflugers Arch**, 367, n. 2, p. 143-149, Dec 28 1976.

SAÚDE, M. d. **Physical Activity Guidelines for the Brazilian Population**. 2021. 978-85-334-2885-0.

SAUNDERS, B.; DE OLIVEIRA, L. F.; DA SILVA, R. P.; DE SALLES PAINELLI, V. *et al.* Placebo in sports nutrition: a proof-of-principle study involving caffeine supplementation. **Scand J Med Sci Sports**, 27, n. 11, p. 1240-1247, Nov 2017.

SAUNDERS, B.; SALE, C.; HARRIS, R. C.; SUNDERLAND, C. Sodium bicarbonate and high-intensity-cycling capacity: variability in responses. **Int J Sports Physiol Perform**, 9, n. 4, p. 627-632, Jul 2014.

SCHLEGEL, P. CrossFit® Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training: A Systematic Review. **J Sports Sci Med**, 19, n. 4, p. 670-680, Dec 2020.

SIEGLER, J. C.; MARSHALL, P. W.; BISHOP, D.; SHAW, G. *et al.* Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic Performance. **Sports Med Open**, 2, n. 1, p. 41, Dec 2016.

SPRIET, L. L.; LINDINGER, M. I.; MCKELVIE, R. S.; HEIGENHAUSER, G. J. *et al.* Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, 66, n. 1, p. 8-13, 1989/01// 1989.

SUNDBERG, C. W.; HUNTER, S. K.; TRAPPE, S. W.; SMITH, C. S. *et al.* Effects of elevated H(+) and P(i) on the contractile mechanics of skeletal muscle fibres from young and old men: implications for muscle fatigue in humans. 596, n. 17, p. 3993-4015, Sep 2018.

TIBANA, R.; SOUSA, N.; PRESTES, J.; VOLTARELLI, F. Lactate, heart rate and rating perceived exertion responses to shorter and longer duration CrossFit® training sessions. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, 3, 11/21 2018.

TIBANA, R. A.; DE SOUSA, N. M. F.; CUNHA, G. V.; PRESTES, J. Validity of Session Rating Perceived Exertion Method for Quantifying Internal Training Load during High-Intensity Functional Training. 6, n. 3, Jul 23 2018.

TIMÓN, R.; OLCINA, G.; CAMACHO-CARDEÑOSA, M.; CAMACHO-CARDENOSA, A. *et al.* 48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of CrossFit workouts. **Biol Sport**, 36, n. 3, p. 283-289, Sep 2019.

TOLEDO, L.; VIEIRA, J.; DIAS, M. R. Acute effect of sodium bicarbonate supplementation on the performance during CrossFit® training. **Motriz. Revista de Educação Física**, 26, p. e10200075, 12/14 2020.

TURNBERG, L. A.; FORDTRAN, J. S.; CARTER, N. W.; RECTOR, F. C., Jr. Mechanism of bicarbonate absorption and its relationship to sodium transport in the human jejunum. **J Clin Invest**, 49, n. 3, p. 548-556, Mar 1970.

TWIST, C.; HIGHTON, J. Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. **Int J Sports Physiol Perform**, 8, n. 5, p. 467-474, Sep 2013.

USE, W. H. O. E. C. o. P. S. t.; INTERPRETATION OF, A.; WORLD HEALTH, O. Physical status : the use of and interpretation of anthropometry , report of a WHO expert committee. Geneva: World Health Organization 1995.

VANDERLEI, L. C.; PASTRE, C. M.; HOSHI, R. A.; CARVALHO, T. D. *et al.* Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, 24, n. 2, p. 205-217, Apr-Jun 2009.

ZINNER, C.; WAHL, P.; ACHTZEHN, S.; SPERLICH, B. *et al.* Effects of bicarbonate ingestion and high intensity exercise on lactate and H(+)-ion distribution in different blood compartments. **Eur J Appl Physiol**, 111, n. 8, p. 1641-1648, Aug 2011.

APÊNDICE A

International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, (Ahead of Print)
<https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2020-0223>
 © 2021 Human Kinetics, Inc.

Human Kinetics 
 SCHOLARLY REVIEW

A Systematic Review of CrossFit® Workouts and Dietary and Supplementation Interventions to Guide Nutritional Strategies and Future Research in CrossFit®

Ricardo Augusto Silva de Souza
 University of Lavras and University of
 São Paulo

**André Guedes da Silva and
 Magda Ferreira de Souza**
 University of São Paulo

Liliana Kataryne Ferreira Souza
 University of Lavras

Hamilton Roschel
 University of São Paulo

Sandro Fernandes da Silva
 University of Lavras

Bryan Saunders
 University of São Paulo

CrossFit® is a high-intensity functional training method consisting of daily workouts called “workouts of the day.” No nutritional recommendations exist for CrossFit® that are supported by scientific evidence regarding the energetic demands of this type of activity or dietary and supplement interventions. This systematic review performed in accordance with PRISMA guidelines aimed to identify studies that determined (a) the physiological and metabolic demands of CrossFit® and (b) the effects of nutritional strategies on CrossFit® performance to guide nutritional recommendations for optimal recovery, adaptations, and performance for CrossFit® athletes and direct future research in this emerging area. Three databases were searched for studies that investigated physiological responses to CrossFit® and dietary or supplementation interventions on CrossFit® performance. Various physiological measures revealed the intense nature of all CrossFit® workouts of the day, reflected in substantial muscle fatigue and damage. Dietary and supplementation studies provided an unclear insight into effective strategies to improve performance and enhance adaptations and recovery due to methodological shortcomings across studies. This systematic review showed that CrossFit® is a high-intensity sport with fairly homogenous anaerobic and aerobic characteristics, precluding solid conclusions on their efficacy. High-quality work is needed to confirm the ideal dietary and supplemental strategies for optimal performance and recovery for CrossFit® athletes and is an exciting avenue for further research.

Keywords: carbohydrate, dietary supplements, high-intensity functional training, nutrition, workout of the day

CrossFit® is one of the fastest growing high-intensity functional training methods in the world, consisting of daily workouts commonly termed “workout of the day” (WODs; Glassman, 2007). These WODs focus on functional movements with numerous variations, implementing a unique blend of gymnastics, weightlifting exercises, and cardiovascular activity. CrossFit® WODs require individuals to perform their exercises with a high level of technique and power adapted to the fitness capacity of the individual (Glassman, 2010). The WODs are always meant to be performed at high intensity and without long periods of

recovery between exercises or sets during a training session, leading to situations of overload and fatigue (Bergeron et al., 2011). CrossFit® Benchmarks are WODs that are used periodically to monitor progress throughout an athlete’s training cycle (Butcher et al., 2015) by comparing their performance over time (e.g., number of repetitions, time to completion, etc.). These WODs are given female names, such as “Grace,” “Fran,” and “Cindy,” although there are also “Hero WODs” named after American soldiers killed in action (Glassman, 2007). Benchmarks are commonly used in CrossFit® competitions, the largest of which is the annual CrossFit® Games, although the workouts that are adopted vary widely and are continuously updated and reformatted. There is also the CrossFit Open, a yearly online competition wherein practitioners and professionals from around the world perform one workout per week, announced by CrossFit®, over 5 weeks and upload their scores to an official CrossFit® Games leaderboard.

CrossFit® training can lead to beneficial adaptations in aerobic capacity (Barfield & Anderson, 2014; Murawska-Cialowicz et al., 2015) and muscular endurance (Barfield & Anderson, 2014). Nonetheless, CrossFit® could lead to overtraining if not closely

R.A.S. de Souza and A.G. da Silva contributed equally to this work. R.A.S. de Souza and Souza are with the Nutrition Department, University of Lavras, Lavras, Brazil. R.A.S. de Souza and S.F. da Silva are with the Graduate Program in Nutrition and Health, University of Lavras, Lavras, Brazil. R.A.S. de Souza, A.G. da Silva, M.F. de Souza, Roschel, and Saunders are with the Applied Physiology and Nutrition Research Group, School of Physical Education and Sport, Rheumatology Division, Faculdade de Medicina FMUSP, University of São Paulo, São Paulo, Brazil. Saunders is also with the Institute of Orthopaedics and Traumatology, Faculty of Medicine FMUSP, University of São Paulo, São Paulo, Brazil. Saunders (dbrsanders@outlook.com) is corresponding author.

1

Artigo aprovado no periodico *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* qualis B1 e fator de impacto 4.599.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: SUPLEMENTOS NUTRICIONAIS E AS RESPOSTAS A DISTINTOS PROGRAMAS DE ATIVIDADE FISICA

Pesquisador: Sandro Fernandes da Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 20221419.7.0000.5148

Instituição Proponente: Universidade Federal de Lavras

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.663.376

Apresentação do Projeto:

A utilização de suplementos nutricionais sem a devida prescrição é uma realidade no dia a dia, essa utilização indiscriminada não está diretamente relacionada a melhora do rendimento físico. Assim estudar uma gama de suplementos nutricionais e verificar as distintas respostas no desempenho é uma forma de se esclarecer o funcionamento biopsicofisiológico desses suplementos e ainda apresentar a sociedade quais são seguros e confiáveis a população.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar o efeito de diferentes suplementos nutricionais no rendimento físico de homens e mulheres em diferentes atividades físicas

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Bem delineados

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e exequível

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Declaração das academias foram anexadas.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências éticas.

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-000

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep@nintec.ufa.br

APÊNDICE B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido TCLE

Nome: _____

I - TÍTULO DO TRABALHO EXPERIMENTAL: Efeito da suplementação aguda de bicarbonato de sódio em atletas de *Crossfit*[®].

Pesquisador Responsável: *Ricardo Augusto Silva de Souza e Sandro Fernandes da Silva*

II - OBJETIVOS

O estudo objetiva realizar uma análise da real efetividade do bicarbonato de sódio em distintos parâmetros de controle fisiológico, como os neuromusculares e o anaeróbico, no benchmark Fran, 500 metros de remo e no salto contra-movimento.

III – JUSTIFICATIVA

O uso do bicarbonato de sódio pode ter um impacto positivo no *Crossfit* pela sua característica anaeróbica. Potencializando o treinamento, trazendo benefícios para a população praticante da modalidade.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

Durante a realização da pesquisa, serão feitas com você anamnese (pergunta diagnósticas para conhecimento sobre a sua saúde e pré-disposição para a pesquisa), avaliações da composição corporal (dimensões corporais e percentual de gordura), salto contra-movimento, benchmark Fran e 500 metros de remo.

V - RISCOS ESPERADOS

O experimento será invasivo (um tubo de capilar sanguíneo, aproximadamente 150µL). A punção será na ponta do dedo com a utilização de lanceta descartável. Para cada amostra, será passado algodão na superfície desejada para retirada de possíveis gotas de suor, as quais poderiam contaminar as amostras. Durante a coleta sanguínea os avaliadores estarão utilizando luvas cirúrgicas. Não haverá modificação do desenvolvimento de suas atividades regulares. A assistência será realizada através do serviço de vigilância da UFLA que transportara o indivíduo ao centro de atendimento médico mais próximo, onde o responsável pela pesquisa fará o acompanhamento O voluntario da pesquisa, será ressarcido integralmente pelo pesquisador responsável caso haja alguma ocorrência em função da execução das atividades propostas.

VI – BENEFÍCIOS

O desenvolvimento do estudo poderá proporcionar a um elevado número de praticantes de *Crossfit*, independente do nível de condicionamento.

VII – CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA

A pesquisa pode ser suspensa caso apresente irregularidades nos procedimentos e nos critérios apresentados acima.

VIII - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu _____, certifico que, tendo lido ou ouvido, as informações acima e suficientemente esclarecido (a) de todos os itens, estou plenamente de acordo com a realização do experimento. Assim, eu autorizo a execução do trabalho de pesquisa exposto acima.

Lavras, ____ de _____ de 2020.

NOME (legível) _____

RG _____

ASSINATURA _____

ATENÇÃO: A sua participação na pesquisa é voluntária. Em caso de dúvidas, escreva para e-mail dos pesquisadores responsáveis: ricardoaugustnutri@gmail.com e sandrofs@ufla.br

ANEXO B

Escala adaptada de Borg para percepção de esforço

Nível	Esforço percebido
0	Nenhum
1	Mínimo
2	Pouco
3	Moderado
4	Levemente difícil
5	Difícil
6	Muito difícil
7	Extremamente difícil
8	Intenso
9	Muito intenso
10	Extremamente intenso