



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



GABRIEL BARBOSA

**OXIGENAÇÃO NOS MÚSCULOS BÍCEPS BRAQUIAL E
VASTO LATERAL NOS INTERVALOS E APÓS SPRINTS
REPETIDOS EM CORRIDA SEMI-ATADA DE ALTA
INTENSIDADE E CURTA DURAÇÃO**

Limeira
2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



GABRIEL BARBOSA

OXIGENAÇÃO NOS MÚSCULOS BÍCEPS BRAQUIAL E VASTO LATERAL NOS INTERVALOS E APÓS SPRINTS REPETIDOS EM CORRIDA SEMI-ATADA DE ALTA INTENSIDADE E CURTA DURAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências do Esporte à Faculdade de
Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de
Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto

Coorientador: Prof Dr. Felipe Marroni Rasteiro

Limeira
2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Ana Luiza Clemente de Abreu Valério - CRB 8/10669

B234o Barbosa, Gabriel, 2001-
Oxigenação nos músculos bíceps braquial e vasto lateral nos intervalos e após sprints repetidos em corrida semi-atada de alta intensidade e curta duração / Gabriel Barbosa. – Limeira, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Claudio Alexandre Gobatto.
Coorientador: Felipe Marroni Rasteiro.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Futebol. 2. Treinamento intervalado de alta intensidade. I. Gobatto, Claudio Alexandre, 1964-. II. Rasteiro, Felipe Marroni. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Oxygenation in the biceps brachii and vastus lateralis at intervals and after sprints in high intensity and short duration semi-tethered running

Palavras-chave em inglês:

Soccer

High-intensity interval training

Titulação: Bacharel em Ciências do Esporte

Banca examinadora:

Claudio Alexandre Gobatto [Orientador]

Felipe Marroni Rasteiro

Carolina Cirino

Data de entrega do trabalho definitivo: 31-01-2023

Autor: Gabriel Barbosa

Título: Oxigenação nos Músculos Bíceps Braquial e Vasto Lateral nos Intervalos e Após *Sprints* de Alta Intensidade e Curta Duração

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências do Esporte

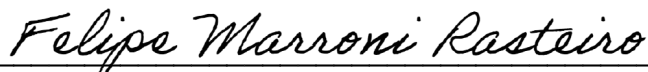
Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas

Aprovado em: 11 / 11 / 2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto (Orientador) – Presidente
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

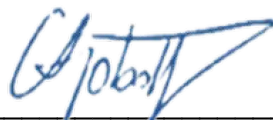


Prof. Dr. Felipe Marroni Rasteiro – Coorientador
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)



Prof(a). Dr(a). Carolina Cirino – Avaliadora
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Este exemplar corresponde à versão final da monografia aprovada.



Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto (Orientador)
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Dedico esse trabalho a todos os sonhadores frustrados pela pandemia de COVID-19

AGRADECIMENTOS

Há cinco anos, duvidava que um dia adentraria em uma das Universidades mais prestigiadas do país, talvez por não me julgar à altura do desafio. Porém, o destino me mostrou o quão errôneo eu estava, assim, conferiu-me uma oportunidade auspiciosa dentro da Universidade Estadual de Campinas.

No coração universitário, as dádivas e adversidades inerentes à realidade do ensino superior me fizeram perceber minhas potencialidades e fraquezas pessoais, coletivas e profissionais, abrindo-me os caminhos para a superação, bem como para meu amadurecimento como ser humano.

É indubitável que nesses quatro anos investidos em minha primeira graduação poderiam ser mais aproveitados dentro das infinitas possibilidades existentes dentro de uma instituição como a UNICAMP, contudo, a humanidade fora surpreendida por um cenário desfavorável que a forçou a conjuntura globalizada a se curvar diante de um elemento natural imprevisível, responsável pelo ceifar dos sonhos de inúmeros indivíduos.

Todavia, aproveitei-me do tempo de isolamento social para refletir acerca do futuro. Nessa jornada introspectiva, percebi o quanto o garoto inseguro de 17 anos evoluiu através do contato (ainda que majoritariamente indireto) com a comunidade da FCA, a ponto de desejar após essa etapa me embrenhar em campos de conhecimento além das Ciências do Esporte.

Feitas essas devidas considerações, agradeço em primeiro plano a Universidade Pública, instrumento essencial para o progresso da nação, viabilizando não somente a construção do conhecimento, mas também a ascensão social dos oprimidos do sistema desigual que assombra o Brasil.

Outrossim, destino esse momento para agradecer aos docentes da UNICAMP, os quais mediaram meu processo de ensino-aprendizagem, corroborando para minha primeira realização profissional. De maneira especial, cito meus orientadores e coorientadores: Prof^o Dr. Cláudio Alexandre Gobatto, Prof^a Dra. Fúlvia de Barros Manchado Gobatto e Prof^o Felipe Marroni Rasteiro, muito obrigado pelo acolhimento, sabedoria e de certa forma os puxões de orelha carinhosos.

Ainda, não posso deixar de expressar minha profunda gratidão aos meus colegas de turma e de LAFAE por partilharem experiências, alegrias e tristezas comigo. Não poderia terminar esse parágrafo sem mencionar vocês: Luís Eduardo, Talita e Maria Luísa, vocês são pessoas incríveis dignas de um futuro promissor, muito obrigado por aguentarem por quase meia década o remetente desse agradecimento, um viva para nós todos.

Finalmente, manifesto minha infinita ação de graças ao meu núcleo familiar: Sany Barbosa da Costa, Maria Aparecida Barbosa e Jonas Barbosa. Sem vocês nada disso seria possível, pois sem a ternura e o afável apoio de vocês, nunca chegaria tão longe, já diria Newton ao propor os conhecimentos da mecânica clássica: "...se consegui ver mais longe é porque estava aos ombros de gigantes".

Muito obrigado!

“Sapere aude”
Immanuel Kant

BARBOSA, Gabriel. Título: Oxigenação nos músculos bíceps braquial e vasto lateral nos intervalos e após *sprints* repetidos em corrida semi-atada de alta intensidade e curta duração. 2022. n.ºf. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2022.

RESUMO

As capacidades físicas condicionantes são absolutamente significantes para o rendimento em modalidades esportivas coletivas. Em partidas de futebol, por exemplo, estímulos repetidos de alta intensidade, intervalados por recuperação em baixa intensidade, são imprescindíveis e devem estar incluídos no processo de treinamento físico. Ainda, estratégias como o treinamento atado e semi-atado vêm sendo aplicadas para implementar a potência de atletas em esforços repetidos. Entretanto, há uma lacuna de conhecimento sobre o processo de oxigenação muscular durante e após os estímulos repetidos, a qual pode ser solucionada com a utilização de novas tecnologias portáteis, como o NIRS. Considerando que a via aeróbia é significativa para a recuperação metabólica em esforços repetidos, a compreensão sobre a oxigenação muscular nos parece um significativo caminho para potencializar o desempenho no futebol. De maneira geral, o projeto objetivou investigar a oxigenação nos músculos menos e mais ativos (Bíceps Braquial – BB e Vasto Lateral - VL, respectivamente) nos intervalos e após *sprints* repetidos em corrida semi-atada de alta intensidade e curta duração. Para isso, atletas do futebol foram submetidos a três sessões avaliativas, sendo primeira e segunda destinadas a familiarização com os equipamentos, mensurações antropométricas e de composição corporal. Na terceira sessão, os atletas realizaram o protocolo *Running-based Anaerobic Sprint Test* – RAST, atados ao carro de resistência variável para mensuração da força, velocidade e potência de corrida. Nessa ocasião, dois dispositivos foram utilizados para registrar as alterações na deoxihemoglobina (HHb) e taxa de saturação tecidual nas regiões alvo. As curvas de HHb e TSI foram analisadas, com os resultados observados a cada segundo da recuperação dos seis *sprints* e em janelas de um minuto após o término do teste completo. Os valores pico, médio e mínimo entre cada intervalo de recuperação foram também investigados. A comparação entre a oxigenação em BB e VL a cada segundo após os *sprints* foi conduzida por aplicação de ANOVA two-way para medidas repetidas (efeito do local do dispositivo NIRS e tempo). A comparação entre as respostas a cada intervalo foi também efetuada. O teste Produto x Momento de Person foi empregado para analisar as correlações entre as respostas de oxigenação entre os músculos, bem como entre os deltas de decaimento de potência de corrida e deltas de oxigenação muscular. O nível de significância foi pré-fixado em $p < 0,05$. Diferenças significantes foram identificadas entre a oxigenação do BB e VL ao longo dos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade e logo após o exercício. Não houve correlação significativa entre as variáveis de oxigenação (TSI BB x TSI VL; $\Delta[HHb]$ BB x $\Delta[HHb]$ VL), ou ao serem relacionadas com parâmetros mecânicos (Potência Relativa e Índice de Decaimento – Slope). Concluímos que a dinâmica de oxigenação de músculos mais ou menos ativos é diferente, salientando que o menos ativo (BB) apresentou elevado TSI e baixa $\Delta[HHb]$ nos intervalos e após os *sprints* repetidos de alta intensidade, levando a crer que o tecido desempenha importante papel no processo de recuperação muscular.

Palavras-chave: *sprints* repetidos, futebol, recuperação, oxigenação muscular, NIRS

BARBOSA, Gabriel. Oxygenation in the biceps brachii and vastus lateralis at intervals and after repeated sprints in high intensity and short duration semi-tethered running. 2022. n.º. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2022.

ABSTRACT

The conditioning physical capacities are absolutely significant for performance in collective sports. In soccer matches, for example, repeated high-intensity sprints, interspersed with low-intensity recovery, are essential and must be included in the physical training process. Still, strategies such as tethered and semi-tethered training have been applied to implement the power of athletes in repeated efforts. However, there is a knowledge gap about the muscle oxygenation process during and after repeated sprints, which can be solved with the use of new portable technologies, such as NIRS. Considering that the aerobic pathway is significant for metabolic recovery in repeated efforts, the understanding of muscle oxygenation seems to us to be a significant way to improve soccer performance. In general, the project aimed to investigate the oxygenation in the less and most active muscles (Biceps Brachii - BB and Vastus Lateralis - VL, respectively) at intervals and after repeated sprints in a high-intensity and short duration semi-tethered run. For this, soccer athletes were submitted to three evaluation sessions, the first and second aimed at familiarization with the equipment, anthropometric and body composition measurements. In the third session, the athletes performed the Running-based Anaerobic Sprint Test - RAST protocol, tied to the variable resistance car to measure strength, speed and running power. On that occasion, two devices were used to record changes in deoxyhemoglobin (HHb) and tissue saturation index in the target regions. The HHb and TSI curves were analyzed, with the results observed every second of the recovery of the six sprints and in one-minute windows after the end of the complete test. The peak, mean and minimum values between each recovery interval were also investigated. Comparison between oxygenation in BB and VL every second after sprints was conducted by applying ANOVA two-way for repeated measures (NIRS device location effect and time). The comparison between the responses at each interval was also performed. The Product x Person Moment test was used to analyze the correlations between the oxygenation responses between the muscles, as well as between the running power decay deltas and muscle oxygenation deltas. The significance level was pre-set at $p < 0.05$. Significant differences were identified between BB and VL oxygenation throughout the intervals between repeated high-intensity sprints and right after exercise. There was no significant correlation between the oxygenation variables (TSI BB x TSI VL; $\Delta[\text{HHb}] \text{ BB} \times \Delta[\text{HHb}] \text{ VL}$), or when related to mechanical parameters (Relative Power and Decay Index – Slope). We conclude that the oxygenation dynamics of more or less active muscles is different, stressing that the less active (BB) presented high TSI and low $[\Delta\text{HHb}]$ along the intervals and after repeated high-intensity sprints, leading to the belief that the tissue plays important role in the muscle recovery process.

Keywords: repeated sprints, soccer, recuperation, muscle oxygenation, NIRS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Desenho experimental do presente estudo, com detalhamento das sessões de avaliação e do protocolo do Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST).....	21
Figura 2.	Gráficos do Comportamento Médio de TSI e $\Delta[\text{HHb}]$ nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) nos intervalos dos sprints repetidos de alta intensidade.....	25
Figura 3.	Gráficos de comparação de TSI (Painel A) e $\Delta[\text{HHb}]$ (Painel B) nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) ao longo dos intervalos entre sprints repetidos de alta intensidade.....	26
Figura 4.	Gráficos de Comparação de TSI (Painel A) e $\Delta[\text{HHb}]$ (Painel B) nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) ao longo do período de recuperação.....	27
Figura 5.	Gráficos de Correlação de TSI (Painel A e C) e $\Delta[\text{HHb}]$ (Painel B e D) nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) ao longo dos intervalos entre sprints repetidos de alta intensidade (Painel A e B, respectivamente) e ao longo do período de recuperação (Painel C e D, respectivamente).....	28
Figura 6.	Gráficos de Correlação TSI x Potência Relativa (Painel A e B) e $\Delta[\text{HHb}]$ x Potência Relativa (Painel C e D) nos músculos bíceps braquial (BB) (Painel A e C, respectivamente) e vasto lateral (VL) (Painel B e D, respectivamente) ao longo dos intervalos entre sprints repetidos de alta intensidade.....	29
Figura 7.	Gráficos de Correlação de Slope de Potência Relativa x TSI (Painel A e B) e Potência Relativa x $\Delta[\text{HHb}]$ (Painel C e D) nos músculos bíceps braquial (BB) (Painel A e C, respectivamente) e vasto lateral (VL) (Painel C e D, respectivamente) ao longo dos intervalos entre sprints repetidos de alta intensidade para investigar o comportamento da variável potência.....	30
Anexo 1.	Formulário de Anamnese.....	40
Anexo 2.	Histórico Esportivo-Competitivo.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Resultados de Potência Absoluta dos atletas ao longo dos seis <i>sprints</i>	29
Tabela 2.	Resultados de Potência Relativa dos atletas ao longo dos seis <i>sprints</i>	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RAST	<i>Running-based Anaerobic Sprint Test</i>
NIRS	<i>Near-infrared Spectroscopy</i>
BB	Bíceps Braquial
VL	Vasto Lateral
TSI	Taxa de Saturação Tecidual
Δ[HHb]	Concentração de desoxi-hemoglobina
LAFAE	Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte
FCA	Faculdade de Ciências Aplicadas
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
CRV	Carro de Resistência Variada
[O₂Hb]	Concentração de Oxi-hemoglobina
[tHb]	Concentração total de hemoglobina
VO₂	Consumo de Oxigênio.

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
δ	Delta
I	Intervalo
S	<i>Sprint</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos.....	18
2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1	Participantes.....	18
2.2	Desenho Experimental.....	19
2.3	Medidas antropométricas e composição corporal.....	21
2.4	<i>Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST)</i>	21
2.5	Carro de Resistência Variável (CRV)	22
2.6	Oxigenação muscular	22
2.7	Análise estatística	23
3.	RESULTADOS.....	24
3.1	Comportamento geral de TSI e Δ [HHb]	24
3.2	Comparações de TSI e Δ [HHb].....	26
3.3	Correlações de TSI e Δ [HHb].....	28
3.4	Potência Absoluta e Relativa	29
3.5	Correlações de TSI, Δ [HHb] e potência.....	31
4.	DISCUSSÃO	32
5.	CONCLUSÃO	35
6.	REFERÊNCIAS	37
7.	ANEXOS	44
7.1	ANEXO 1.....	44
7.2	ANEXO 2.....	46

1. INTRODUÇÃO

O desempenho esportivo em modalidades coletivas como o futebol está fortemente relacionado às capacidades físicas força, velocidade e potência. Durante as partidas, os atletas executam tarefas de alta intensidade e curta duração, como sprints e saltos, intervalados por esforços de baixa intensidade (RAMPININI et al., 2009, BUCHHEIT et al., 2010, CARLING et al., 2011). Por serem muito treinados e, portanto, pouco treináveis, estratégias agudas e crônicas precisam ser empregadas em programas de treinamento com o intuito de potencializar tais capacidades, para que o desempenho seja implementado. Esse é o caso dos treinamentos que utilizam sistemas atados (PETRAKOS et al., 2016, MACMORROW et al., 2019).

São caracterizados como treinamento atado aqueles compostos por exercícios em que os indivíduos são amarrados à uma resistência, devendo realizar o gesto motor específico como a corrida, a natação e canoagem, entre outros (LIMA et al., 2011, MESSIAS et al., 2015, PAPOTI et al., 2017). Em esforços em ambientes esportivos, como o campo de futebol, é possível utilizar sistemas semi-atados, que promovem resistência, mas permitem o deslocamento (LOCKIE et al., 2003, SPINKS et al., 2007, CRONIN et al., 2008). À exemplo, nosso grupo desenvolveu um sistema sensorizado capaz de impor uma resistência ajustável aos atletas e ainda registrar a força, velocidade e potência durante corridas (LIMA et al., 2011, SOUSA et al., 2015). O emprego desse meio de treinamento vem ganhando significativo destaque científico e prático quando se objetiva o desenvolvimento de capacidades físicas como força, velocidade e, conseqüentemente, potência. Evidentemente, para além dos esforços mecânicos exigidos em treinamento atado, ajustes fisiológicos ocorrem no organismo em esforços físicos dessa natureza (SPENCER et al., 2005, GIRARD et al., 2011, CHARRON et al., 2020)

Com o intuito de gerar adaptações orgânicas e melhorar o desempenho físico, esforços anaeróbios repetidos de alta intensidade e curta duração frequentemente são incluídos na dinâmica de treinamento de atletas (NEDREHAGEN et al., 2015, TAYLOR et al., 2015), especialmente a partir da aplicação de um protocolo avaliativo denominado *Running-based Anaerobic Sprint Test* – RAST (ZACHAROGIANNIS et al., 2004; ZAGATTO et al., 2009). Por outro lado, pouco se conhece sobre as respostas de oxigenação muscular tecidual durante e após sessões agudas de alta intensidade e curta duração. Por meio de avanços tecnológicos na área da física,

computação e fisiologia, a técnica de espectroscopia na região do infravermelho próximo (do inglês *Near-infrared Spectroscopy* – NIRS) vem sendo empregada para estimar as trocas de oxi e deoxi-hemoglobina em tecido muscular. Ainda, com a evolução dos sistemas de aquisição desses dados por modelo não cabeado (*wireless*), dispositivos NIRS podem agora ser utilizados em ambientes reais de treinamento esportivo. Nosso grupo de pesquisa, recentemente analisou as respostas de oxigenação muscular em músculos mais ou menos ativos (Vasto Lateral – VL e Bíceps Braquial – BB, respectivamente) antes, durante e após uma corrida atada máxima de 30 segundos (MANCHADO-GOBATTO et al., 2020), encontrando resultados significantes sobre alteração de oxigenação nesses tecidos. Entretanto, essa análise foi realizada em ambiente laboratorial e em esforço contínuo.

Considerando o emprego de sprints repetidos, inclusive no futebol, bem como a significativa participação da recuperação nesses sprints, investigações sobre a oxigenação em diferentes músculos durante o período de intervalo de corridas de alta intensidade nos parece ser de significativa valia. De fato, as vias metabólicas predominantemente ativadas para a execução de sprints repetidos de alta intensidade são a anaeróbia alático (ATP-CP) e láctica (glicose anaeróbia) (GAITANOS et al., 1993, MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2012, DARDOURI et al., 2014, ARCHIZA et al., 2020). Entretanto, a via aeróbia contribui de modo significativo para a recuperação entre os sprints e consequente manutenção dessas atividades de intensidade elevada. Como há a dependência de oxigênio no processo de recuperação do sistema anaeróbio láctico, a taxa de re-oxigenação reflete o equilíbrio dinâmico entre a oferta de oxigênio aos músculos ativos e a captação do mesmo pelas células. É possível que o atleta que consiga manter a taxa de re-oxigenação elevada durante os períodos de recuperação entre sprints repetidos, logre maior êxito por reduzir a presença de metabólitos sanguíneos como o lactato, reutilizá-lo como fonte energética e assim, possibilitar a ressíntese ATP mais eficiente por períodos maiores (BLEI et al., 1992, HASELER et al., 1999, UFLAND et al., 2013). Dessa forma, embora essa temática já tenha sido abordada no passado (OGURI et al., 2008, GATTERER et al., 2018, VASQUEZ-BONILLA et al., 2021), nenhum dos trabalhos foi conduzido em concomitância com os registros reais de potência de corrida em próprio ambiente esportivo, como o campo de futebol e as respostas de oxigenação em músculos mais ou menos ativos nos períodos de recuperação de sprints repetidos.

Tendo por base a importância dos sprints repetidos de alta intensidade e curta duração, e as respostas de oxigenação muscular nos intervalos desses sprints que devem estar associadas à manutenção ou decaimento da potência muscular, o presente projeto foi estruturado.

1.1 Objetivos

O presente projeto objetivou investigar a oxigenação nos músculos Bíceps Braquial (BB) e Vasto Lateral (VL) nos intervalos e após *sprints* repetidos em corrida semi-atada de alta intensidade e curta duração.

Especificamente, objetivou-se:

- Analisar as curvas de taxa de saturação tecidual (TSI) e deoxihemoglobina (HHb) em BB e VL nos intervalos de dez segundos dos seis *sprints* repetidos e após a execução do protocolo;
- Comparar e correlacionar os valores de TSI e HHb nos dois diferentes músculos, nos intervalos e após os *sprints* repetidos de alta intensidade e curta duração;
- Correlacionar as variações em TSI e HHb nos dois diferentes músculos em cada intervalo com os resultados de potência em corrida semi-atada;
- Investigar a correlação entre as reduções de potência em corrida durante os *sprints* repetidos de alta intensidade e curta duração com as respostas de oxigenação em músculos mais ou menos ativos para a tarefa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Participantes

Foram avaliados 10 atletas do sexo masculino (idade = 22 ± 0 anos; massa corporal = $76,9 \pm 0,3$ kg, estatura = $1,80 \pm 0$ m, % de gordura = $11,1 \pm 0,1\%$). Após triagem de equipes/atletas, com intuito de analisar a possibilidade de participação no estudo de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, os participantes responderam a dois instrumentos estruturados, sendo eles: i) Ficha de Anamnese; e ii) Questionário sobre o histórico esportivo-competitivo, contendo

questões a respeito de sua inserção atual no ambiente esportivo, regularidade competitiva, nível das competições das quais participou nos últimos dois anos e classificação nessas competições. Como critérios de inclusão, os atletas deveriam pertencer a equipes de futebol, com experiência mínima de dois anos na modalidade e estarem participando das rotinas de treino da equipe. Em contrapartida, os participantes não deveriam ser tabagistas, apresentar qualquer lesão osteomioarticular ou problemas cardiopulmonares que os impediriam de realizar os protocolos previstos no projeto. Os avaliados foram orientados a não consumir bebidas alcoólicas nas últimas 24 horas ou cafeína nas últimas quatro horas antecedentes ao protocolo experimental, a não executar exercícios físicos intensos e manter uma dieta equilibrada previamente ao experimento. Finalmente, esclarece-se que os experimentos foram iniciados apenas depois da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (CAAE 15544719.0.0000.5404).

2.2 Desenho Experimental

Os avaliados foram submetidos a três sessões avaliativas. Na primeira sessão, os sujeitos receberam as informações sobre o estudo. Após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), responderam os questionários de anamnese e histórico esportivo-competitivo, bem como foram familiarizados com os equipamentos (carro de resistência variável e dispositivos NIRS). Em um segundo momento, as medidas antropométricas e mensurações de dobras cutâneas para estimar a composição corporal foram executadas. Na terceira visita, realizaram o protocolo de sprints repetidos em corrida semi-atada para mensuração direta da força, velocidade e conseqüentemente potência. Esse estudo integrou um projeto maior aprovado pela FAPESP, que investigará os resultados dos sprints de corrida e recuperação. Nesse projeto de iniciação científica, ênfase foi destinada às análises dos períodos recuperativos entre os sprints atados de alta intensidade.

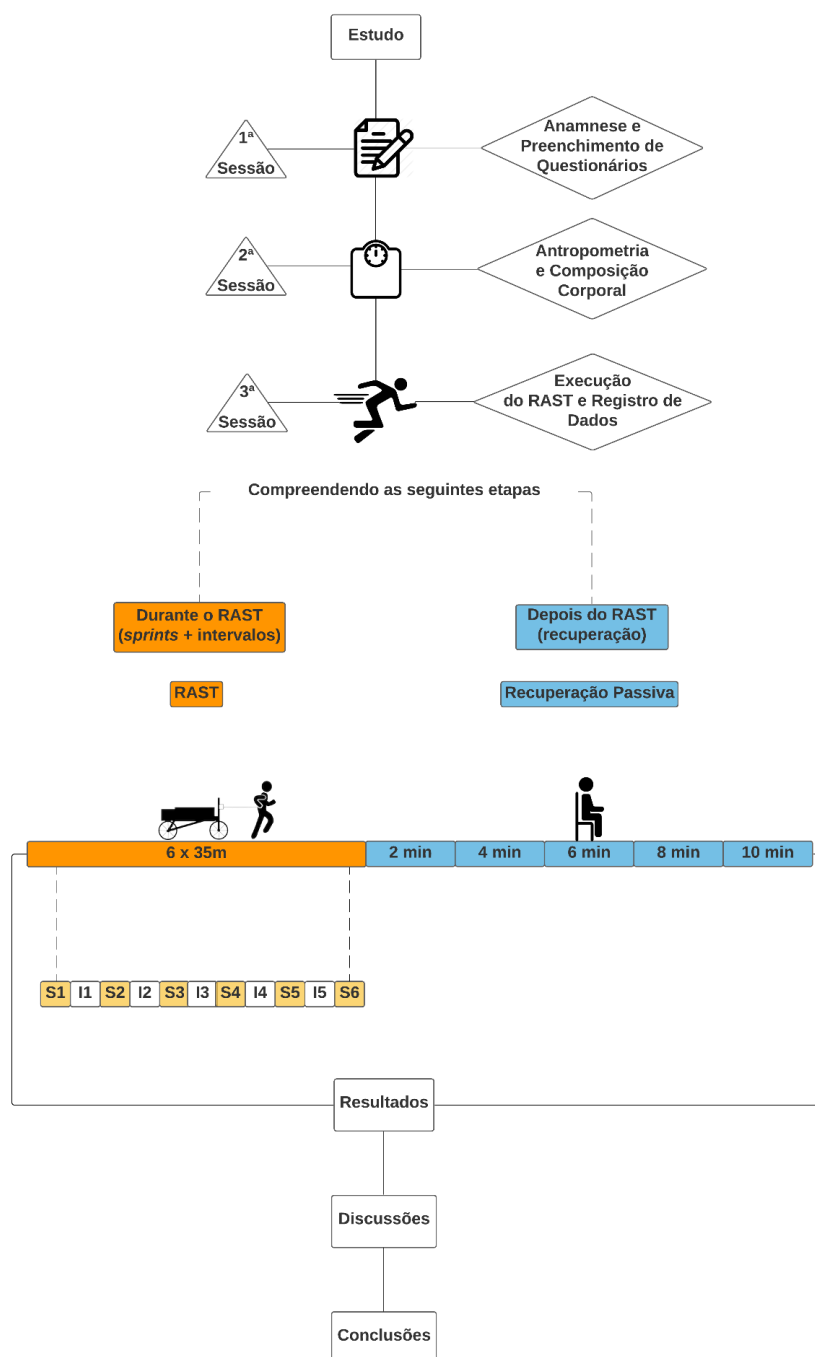


Figura 1. Desenho experimental do presente estudo, com detalhamento das sessões de avaliação e do protocolo do *Running-based Anaerobic Sprint Test* (RAST). **S1, S2, S3, S4, S5, S6** – *Sprints* de um a seis **I1, I2, I3, I4, I5** – Intervalos de um a cinco.

Todos os protocolos foram conduzidos utilizando equipamentos desenvolvidos e/ou alocados no Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte (LAFAE), Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA-UNICAMP). As avaliações foram realizadas em campo de futebol (grama) visando respeitar a especificidade de gestos motores e ambiente de treinamento usados por atletas de futebol.

2.3 Medidas antropométricas e composição corporal

Para a análise da antropometria e estimativa da composição corporal foram mensuradas a massa corporal (Kg) (balança digital portátil da marca Carrion®, com capacidade máxima de 150Kg e precisão de 100g), estatura (cm), diâmetro biepicôndilo umeral (cm) e diâmetro biepicôndilo femoral (cm) (paquímetro ósseo da marca Precision®). Foram também mensuradas a circunferência da perna direita (cm) e circunferência do braço contraído direito (cm) (fita antropométrica flexível da marca Cardiomed®).

O percentual de gordura (% gordura) dos jogadores foi estimado seguindo a proposta de FAULKNER (1968), considerando a subsequente equação:

$$\% \text{ gordura} = 5,783 + (0,153 * \Sigma 4DC)$$

onde $\Sigma 4DC$ refere-se à somatória das espessuras das dobras cutâneas, tríceps, subescapular, abdômen e supra ilíaca (mensuradas por um adipômetro da marca Lange®). Todas as dobras cutâneas foram mensuradas em triplicata pelo mesmo avaliador, sendo utilizada a mediana dos valores advindos das três mensurações. O avaliador que conduziu as mensurações possui elevada experiência na realização desses procedimentos.

O somatotipo foi determinado pelo método proposto por (HEATH & CARTER, 1967) a partir de variáveis antropométricas, que permitiu estimar três componentes morfológicos: endomorfo, ectomorfo e mesomorfo. Para as medidas de todas as variáveis foram adotados os procedimentos da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (STEWART et al., 2016).

2.4 Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST)

O protocolo de *sprints* repetidos, empregado para análise da oxigenação muscular foi o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST). Esse teste é composto por seis *sprints* de corrida em máxima velocidade, intervalados por 10 segundos de recuperação passiva entre eles. O protocolo foi executado em campo de futebol, com

o atleta atado ao carro de resistência variável (CRV), que efetuou o registro de força, velocidade e potência dos *sprints* de corrida.

2.5 Carro de Resistência Variável (CRV)

O CRV foi utilizado para mensurar diretamente a força, velocidade e consequentemente a potência de corrida em *sprints* repetidos. Para as análises desse trabalho de conclusão de curso, foram considerados os resultados de potência de corrida em cada um dos seis *sprints* do RAST. A mensuração da velocidade pelo CRV tem como base a relação entre o deslocamento do aparato em uma escala de tempo, por meio de um sistema magnético alocado nas rodas do carro (Efeito Hall). Com os valores de intervalo de tempo entre cada um dos pulsos identificado, a velocidade média foi calculada e atribuída ao instante médio entre cada pulso. Para a mensuração da força, uma célula de carga fixada na estrutura frontal do CRV emite um sinal referente à sua deformação, que é amplificado e modulado para armazenamento em computador através de *software* específico (*LabView Signal Express 2.0*, National Instruments, EUA). Desse modo, os dados de velocidade foram interpolados através de uma função *spline* para adquirir uma frequência equivalente ao sinal de força, permitindo assim o cálculo da potência por meio do produto direto entre força e velocidade. O CRV possui um sistema de frenagem eletromagnético nas duas rodas traseiras para a regulação da resistência a ser vencida pelo atleta. Adotamos uma resistência de 19,07% da massa corporal do avaliado, tendo por base estudos anteriores do laboratório (SOUSA et al., 2017).

Enfim, salienta-se que a investigação da correlação entre as reduções de potência e as repostas oxidativas foi conduzida a partir da determinação de um índice de decaimento (slope), o qual foi obtido a partir da média dos coeficientes angulares das variáveis Potência Relativa (Potência Absoluta/massa corporal); TSI BB; TSI VL; $\Delta\text{HHb BB}$ e $\Delta\text{HHb VL}$ ao longo dos *sprints*.

2.6 Oxigenação muscular

A análise da oxigenação periférica muscular foi realizada por meio do equipamento portátil NIRS *PortaMon MKII* (*Artinis Medical System*, Holanda). Esse equipamento mensura continuamente as trocas na oxigenação tecidual analisando a oxi-hemoglobina, a desoxi-hemoglobina, a hemoglobina total e a saturação tecidual, com uma frequência de captura a 10Hz. As análises das curvas de taxa de saturação tecidual (TSI) e deoxihemoglobina (HHb) dos músculos Bíceps Braquial e Vasto Lateral foram obtidos e tratados por meio do *software* *Oxysoft* (*Artinis Medical System*, Holanda). Os filtros e análises de oxigenação foram efetuados em consonância com (MANCHADO-GOBATTO et al., 2020).

2.7 Análise estatística

Os resultados estão apresentados em média $\pm$ erro padrão da média. A adoção de estatística paramétrica ocorreu após da confirmação de normalidade e homogeneidade dos dados por teste *Shapiro Wilk* e *Levene*, respectivamente. Os valores de TSI e HHb foram analisadas, com os resultados sendo observados a partir da média dos intervalos entre os seis *sprints* e em janelas de 2 minutos após o término do RAST. A comparação dos valores de TSI e HHb de ambas as musculaturas, em cada intervalo, foi conduzida por aplicação da ANOVA *two-way* para medidas repetidas (local do dispositivo NIRS x intervalo). O mesmo procedimento foi realizado para a análise do período de recuperação (local do dispositivo NIRS x momento). Para a análise do índice de decaimento foi considerada a inclinação da reta das respostas durante todo o RAST, totalizando, portanto, seis corridas para a variável de potência. O mesmo ocorreu para os intervalos entre *sprints*, para as variáveis TSI e HHb. O teste Produto x Momento de Pearson foi empregado para analisar as correlações entre as respostas de oxigenação dos músculos, bem como entre o índice de decaimento da potência de corrida e da oxigenação muscular. Em todos os casos, o nível de significância foi $p < 0,05$.

Ainda, o desvio padrão (DP) dos dados foi calculado a partir da definição da raiz quadrada da variância, enquanto o erro padrão da média (EPM) foi determinado por meio da razão do desvio padrão sobre a raiz quadrada do número amostral.

3. RESULTADOS

3.1 Comportamento geral de TSI e $\Delta[\text{HHb}]$

Avaliando TSI, notamos estabilidade de tal variável para ambos os músculos. Já em relação ao $\Delta[\text{HHb}]$, percebe-se uma elevação da variável de BB ao longo de todos os intervalos entre esforços e logo após. O $\Delta[\text{HHb}]$ de VL acompanha a tendência de aumento, ainda que de forma discreta em relação ao outro músculo (**Figura 2**).

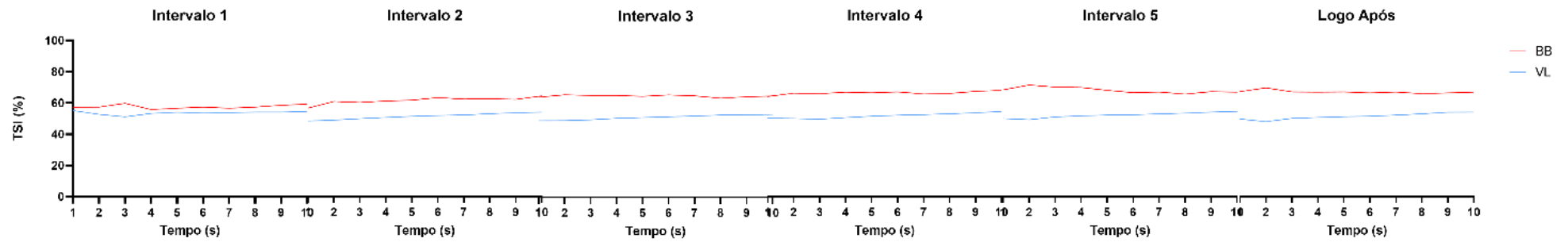
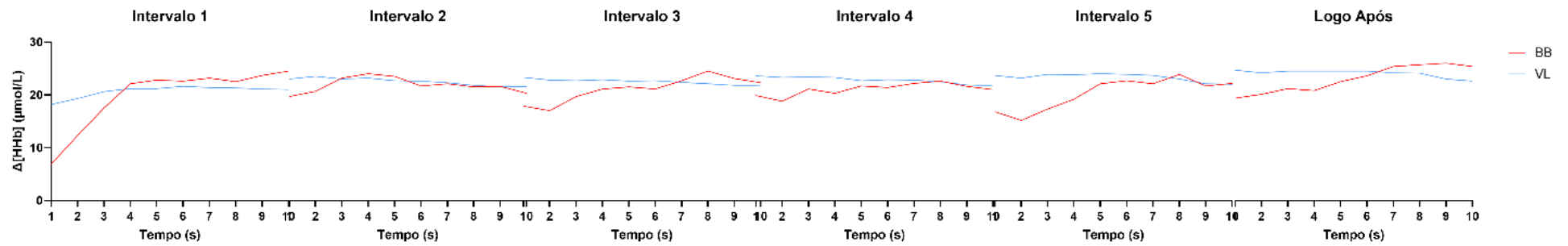
A**B**

Figura 2. Gráficos do Comportamento Médio de TSI e $\Delta[\text{Hb}]$ nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) nos intervalos dos *sprints* repetidos de alta intensidade.

3.2 Comparações de TSI e $\Delta[\text{HHb}]$

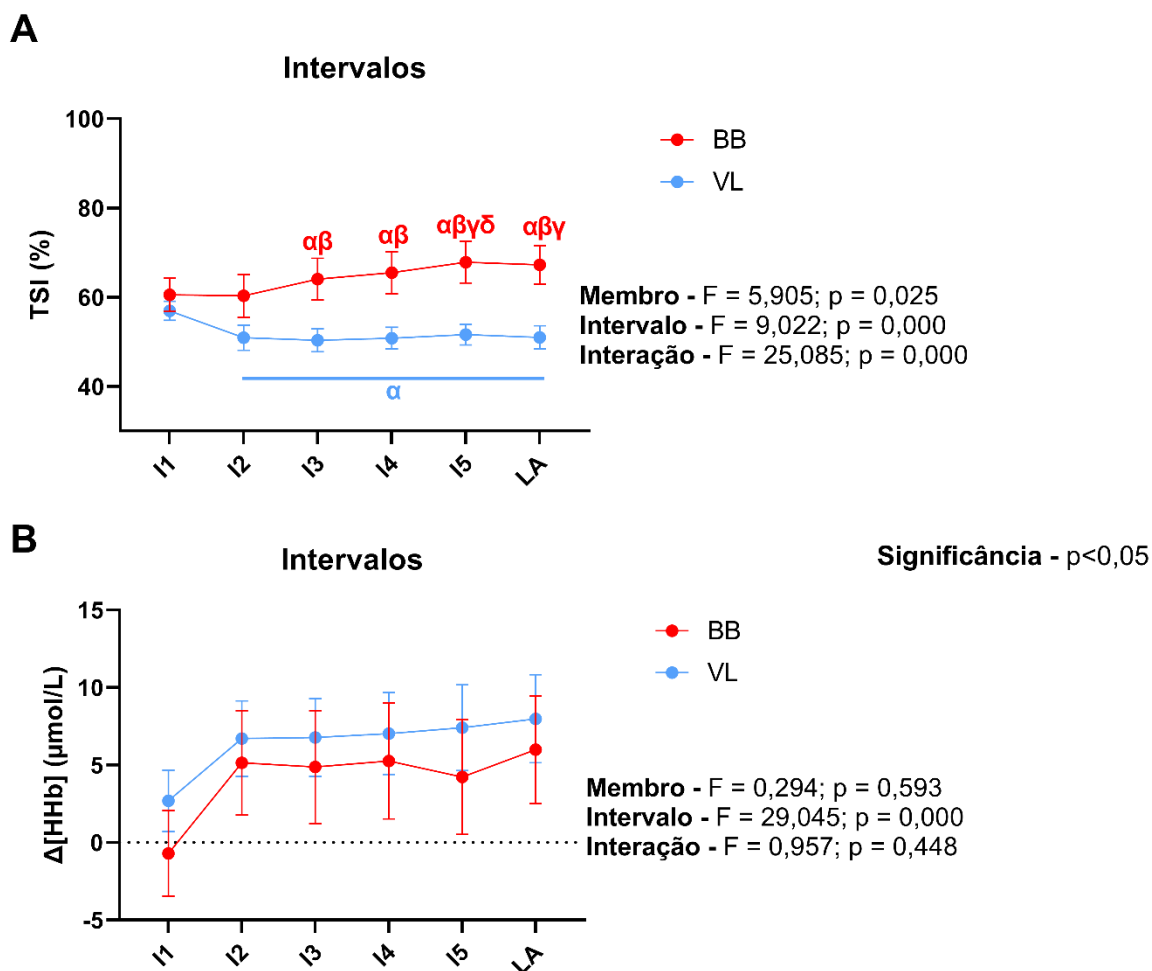


Figura 3. Gráficos de comparação de TSI (**Painel A**) e $\Delta[\text{HHb}]$ (**Painel B**) nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) ao longo dos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade. α – estatisticamente diferente do I1; β – estatisticamente diferente do I2; γ – estatisticamente diferente do I3 e δ – estatisticamente diferente do I4. **Sinais em Vermelho** – *Post-hoc* do bíceps braquial; **Sinais em Azul** – *Post-hoc* do vasto lateral. I1, I2, I3, I4 e I5 – Intervalo de um a cinco; LA – Logo após.

Por meio da ANOVA two-way para medidas repetidas, foi possível observar um efeito significativo do membro, e intervalo, assim como uma interação significativa desses efeitos (**Figura 3A**). Em relação à $\Delta[\text{HHb}]$, após a realização do mesmo protocolo estatístico, foi possível identificar um efeito significativo dos intervalos (**Figura 3B**), o mesmo cenário não foi observado para o membro e a interação entre esses efeitos.

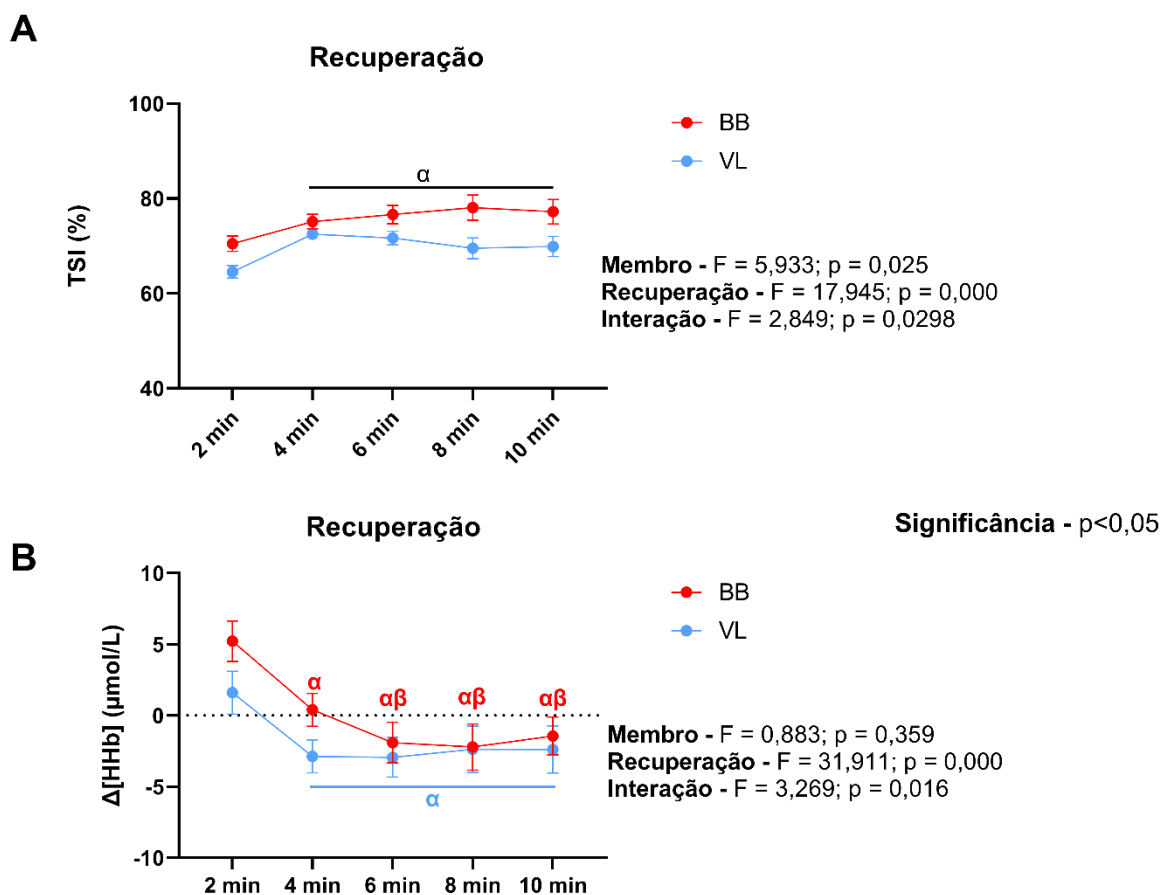


Figura 4. Gráficos de Comparação de TSI (Painel A) e $\Delta[\text{HHb}]$ (Painel B) nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) ao longo do período de recuperação. α – estatisticamente diferente do 2 min; β – estatisticamente diferente do 4 min. **Sinais em Vermelho** – *Post-hoc* do bíceps braquial; **Sinais em Azul** – *Post-hoc* do vasto lateral. **Sinais em Preto** – *Post-hoc* de ambas as musculaturas. **2 min, 4 min, 6 min, 8 min e 10 min** – tempo de recuperação.

Realizando o mesmo teste para os dados de TSI ligados à recuperação pós RAST, pôde-se observar o efeito significado do membro, e momento, assim como uma interação significativa desses efeitos (**Figura 4A**). Acerca do período de recuperação para $\Delta[\text{HHb}]$, foi observado um efeito significativo do momento e interação com o efeito do membro (**Figura 4B**), contudo não foi identificada uma significância no efeito do membro apenas.

Portanto, vislumbra-se que o comportamento dos dois músculos é diferente em relação ao TSI nos intervalos entre *sprints*, bem como, ao longo do período de recuperação pós exercício. O segundo intervalo entre *sprints* registrou o menor valor para TSI BB quando comparado ao comportamento posterior da referida variável, sendo que o TSI VL no primeiro intervalo foi notoriamente superior aos demais, algo já evidenciado por (SMITH e BILLAUT, 2010; BROCHERIE *et al.*, 2015). Além disso, ao longo da recuperação, o valor de TSI BB foi superior ao de TSI VL, atingindo o

pico após 8 minutos, contrastando com TSI VL que atingiu o ápice na metade desse tempo (4 minutos) e se encontra minimizado na referida minutagem de recuperação.

Por fim, os resultados demonstram que o comportamento da variável $\Delta[\text{HHb}]$ nos referidos músculos nos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade e na recuperação pós exercício foi diferente, destacando aumento considerável de $\Delta[\text{HHb}]$ VL ao longo dos intervalos de recuperação.

3.3 Correlações de TSI e $\Delta[\text{HHb}]$

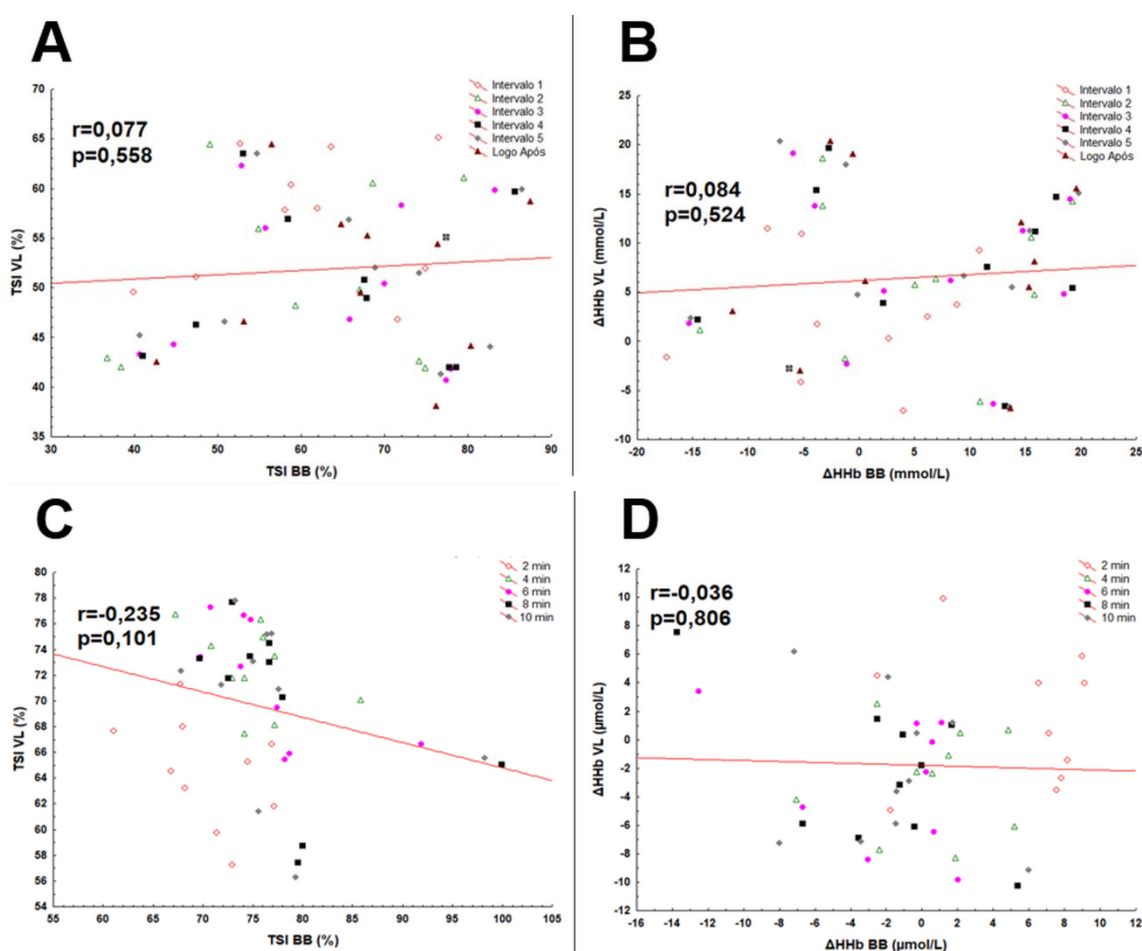


Figura 5. Gráficos de Correlação de TSI (**Painel A e C**) e $\Delta[\text{HHb}]$ (**Painel B e D**) nos músculos bíceps braquial (BB) e vasto lateral (VL) ao longo dos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade (**Painel A e B, respectivamente**) e ao longo do período de recuperação (**Painel C e D, respectivamente**).

Após a efetuação do Teste de Correlação de Pearson para as variáveis TSI BB x TSI VL (**Figura 5A**) e $\Delta[\text{HHb}]$ BB x $\Delta[\text{HHb}]$ VL (**Figura 5B**) considerando os intervalos, foram observadas baixas e não significativas correlações entre as variáveis em pauta. Ao analisarmos os mesmos elementos ao longo do período de recuperação

pós-*sprints* repetidos de alta intensidade (**Figuras 5C e 5D**), notamos comportamento similar quanto à correlação, sendo fraca e não significativa.

3.4 Potência Absoluta e Relativa

A **Tabela 1** exibe os resultados de Potência Absoluta exercida pelos atletas voluntários ao longo dos seis *sprints*.

Atleta	POTÊNCIA ABSOLUTA (W)					
	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
1	820,53	659,91	541,06	492,30	387,05	296,69
2	628,72	513,59	510,26	457,32	412,95	373,77
3	604,49	491,87	421,79	387,94	319,43	271,19
4	765,41	654,03	580,52	513,86	453,26	349,14
5	699,55	659,23	560,72	457,21	395,39	366,55
6	671,40	589,75	524,38	432,61	381,87	337,50
7	845,50	741,26	701,75	603,44	555,52	481,92
8	851,89	767,54	517,90	510,51	463,66	357,29
9	673,37	578,29	526,76	434,54	369,99	281,12
10	633,48	550,48	512,12	486,73	536,41	539,38
MÉDIA	719,43	620,59	539,73	477,65	427,55	365,45
DP	93,94	91,88	70,54	58,95	74,66	85,46
EPM	29,71	29,06	22,31	18,64	23,61	27,02

Tabela 1. Resultados de Potência Absoluta dos atletas ao longo dos seis *sprints*

A **Tabela 2** apresenta os resultados de Potência Relativa exercida pelos atletas voluntários ao longo dos seis *sprints*.

Atleta	Massa corporal (kg)	POTÊNCIA (W/kg)					
		Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
1	75,4	10,88	8,75	7,18	6,53	5,13	3,93
2	80,8	7,78	6,36	6,32	5,66	5,11	4,63
3	63	9,60	7,81	6,70	6,16	5,07	4,30
4	86	8,90	7,60	6,75	5,98	5,27	4,06
5	82	8,53	8,04	6,84	5,58	4,82	4,47
6	76	8,83	7,76	6,90	5,69	5,02	4,44
7	79	10,70	9,38	8,88	7,64	7,03	6,10
8	89	9,57	8,62	5,82	5,74	5,21	4,01
9	66,5	10,13	8,70	7,92	6,53	5,56	4,23
10	75	8,45	7,34	6,83	6,49	7,15	7,19
MÉDIA		9,34	8,04	7,01	6,20	5,54	4,74
DP		1,02	0,86	0,85	0,63	0,84	1,06
EPM		0,32	0,27	0,27	0,20	0,27	0,34

Tabela 2. Resultados de Potência Relativa dos atletas ao longo dos seis sprints

3.5 Correlações de TSI, $\Delta[\text{HHb}]$ e potência

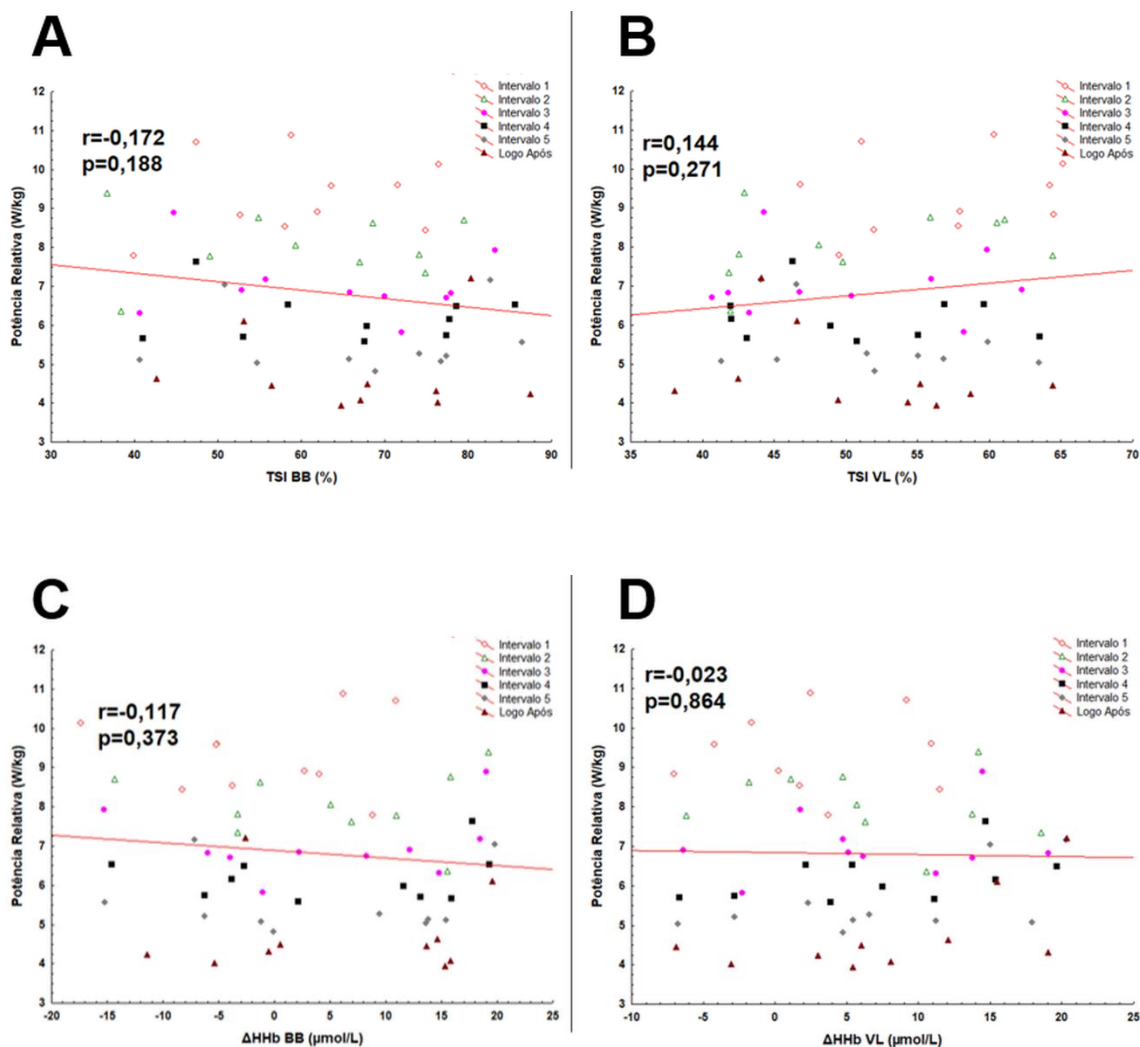


Figura 6. Gráficos de Correlação TSI x Potência Relativa (**Painel A e B**) e $\Delta[\text{HHb}]$ x Potência Relativa (**Painel C e D**) nos músculos bíceps braquial (BB) (**Painel A e C, respectivamente**) e vasto lateral (VL) (**Painel B e D, respectivamente**) ao longo dos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade.

Depois da realização do Teste de Correlação de Pearson para as variáveis TSI BB e TSI VL x Potência Relativa (**Figuras 6A e 6B**), vislumbrou-se correlação não significativa entre TSI de ambos os músculos e a potência. Da mesma maneira, ao correlacionarmos $\Delta[\text{HHb}]$ BB e $\Delta[\text{HHb}]$ VL x Potência Relativa (**Figuras 6C e 6D**), é evidente a fraca correlação de $\Delta[\text{HHb}]$ dos tecidos estudados com a potência. Por conseguinte, as variáveis TSI BB, TSI VL, $\Delta[\text{HHb}]$ BB e $\Delta[\text{HHb}]$ VL possuem baixa correlação com a Potência Relativa ao longo dos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade.

3.4 Correlações de slope da potência, TSI e $\Delta[\text{HHb}]$

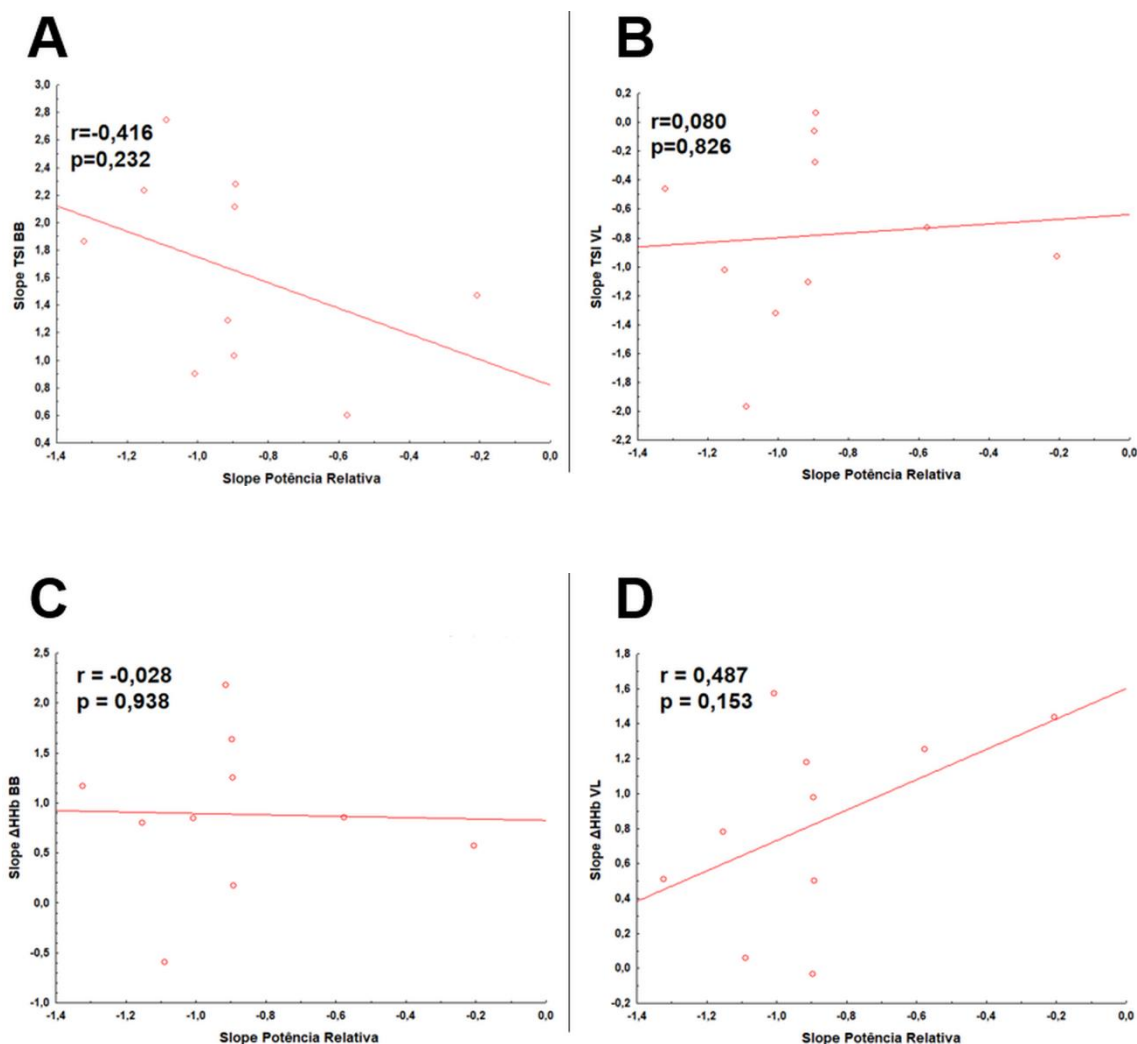


Figura 7. Gráficos de Correlação de Slope de Potência Relativa x TSI (**Painel A e B**) e Potência Relativa x Δ [HHb] (**Painel C e D**) nos músculos bíceps braquial (BB) (**Painel A e C, respectivamente**) e vasto lateral (VL) (**Painel C e D, respectivamente**) ao longo dos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade para investigar o comportamento da variável potência.

Posteriormente a aplicação do Teste de Correlação de Pearson para as variáveis Slope Potência Relativa x Slope TSI (**Figuras 7A e 7B**) e Slope Potência Relativa x Slope Δ [HHb] (**Figuras 7C e 7D**) de ambas as musculaturas, se torna clara a baixa relação de TSI dos dois tecidos em pauta e a potência, tal comportamento também é compartilhado pela interação de Δ [HHb] e potência. Consequentemente, o comportamento da potência nos seis *sprints* não possui correlação significativa com o TSI ou Δ [HHb] de ambos os músculos estudados.

4. DISCUSSÃO

Até onde sabemos, esse estudo é um dos pioneiros em: a) investigar a oxigenação nos músculos mais e menos ativos, nos intervalos e após *sprints* repetidos em corrida semi-atada de alta intensidade e curta duração; b) efetuar comparações entre variáveis oxidativas e buscar correlacionar a saturação a parâmetros mecânicos. Os principais resultados encontrados indicam que o comportamento da oxigenação muscular nos intervalos e após *sprints* repetidos em corrida semi-atada de alta intensidade é distinto quando observamos músculos mais e menos ativos ao longo da tarefa executada em campo (VL - Vasto Lateral e BB - Bíceps Braquial, respectivamente), dialogando com MANCHADO-GOBATTO et al. (2020), ainda que o estudo referenciado tenha se dado em ambiente laboratorial a partir da realização de uma corrida máxima e atada de 30s. Os resultados explicitados na **Figura 2** podem ser explicados pela instabilidade de $\Delta[\text{HHb}]$ quando comparada ao TSI, tendo em vista que TSI equivale à expressão $([\text{O}_2\text{Hb}]/[\text{THb}]) \times 100$ (PARADIS-DESCHÊNES et al., 2020), sendo $[\text{O}_2\text{Hb}]$ equivalente à concentração de oxiemoglobina sanguínea e $[\text{THb}]$ igual ao somatório de $[\text{O}_2\text{Hb}]$ com $[\text{HHb}]$.

Ainda, ao longo dos intervalos foi perceptível uma elevação de TSI dos músculos menos ativos (BB) em contraste da redução de TSI dos mais ativos (VL) e menor $\Delta[\text{HHb}]$ BB e $\Delta[\text{HHb}]$ VL nos intervalos e recuperação, respectivamente (**Figuras 3 e 4**). Tais resultados estão em consonância com (DI PRAMPERO, 1981; CAMUS e THYS, 1991), que propõem que tal acréscimo de O_2 se relaciona com o aumento de VO_2 promovido tanto com o aumento da demanda do músculo mais ativo, quanto a quantidade mínima de captação de O_2 de músculos menos ativos ao longo dos *sprints*, bem como tecidos inativos. Desta maneira, ao vislumbrarmos aumento da oxigenação de músculos menos ativos nos intervalos, podemos apontar que por serem curtos e de natureza passiva, os intervalos viabilizam recuperação incompleta ao VL, o qual é auxiliado pelo BB para que consiga recompor seu metabolismo anaeróbio e continuar a tarefa proposta por um tempo limitado, considerando a dependência muscular com relação ao oxigênio para a viabilização da recuperação anaeróbia a partir da eliminação de metabólitos, como o lactato (BLEI et al., 1992, HASELER et al., 1999, UFLAND et al., 2013).

Assim, é possível sugerir que o intervalo curto e passivo proporcionou uma participação do BB ao longo do protocolo RAST, ao estimular seu metabolismo aeróbio e corroborar com a recuperação dos músculos fatigados. Tal auxílio pode ser evidenciando quando se vislumbra menor $\Delta[\text{HHb}]$ para BB, em detrimento da elevada

TSI BB nos intervalos, o que possivelmente indicaria uma maior concentração de oxigênio no músculo menos ativo em relação ao consumo próprio do gás (MANCHADO-GOBATTO et al., 2020). Dessa forma, tendo em vista que o exercício anaeróbio corresponde a um estímulo perturbador da homeostase fisiológica, proporcionando acidose metabólica ao indivíduo (KREISBERG, 1984; VENON et al., 2010; KAMEL et al., 2019), o excesso de oxigênio presente em BB seria deslocado para viabilizar a depuração de lactato (cuja função se destina a temporizar excesso de H^+ na corrente sanguínea no caso de acidose metabólica) resultante da hiperlactacidemia de VL na tentativa do organismo em reestabelecer o equilíbrio sistêmico característico do estado de repouso. A depleção do lactato pode ser realizada a partir de outros tecidos, tais como cérebro, coração e músculos inativos (BROOKS, 1986; BROOKS, 2021; GLANCY et al., 2021).

Outra maneira alternativa de se explicar essa possível corroboração de BB para com a recuperação de VL seria por meio do efeito Bohr, o qual aponta a existência de efetores alostéricos (aumento da concentração de CO_2 , diminuição de pH e elevação da concentração de H^+) capazes de reduzir a afinidade O_2 -hemoglobina, favorecendo a dissociação do gás da molécula transportadora, dispondo-o para utilização pelos diversos tecidos do corpo (BOHR, 1904; BAUER, 1969; MAIRBAURL, 2013; MALTE et al., 2018). Novamente considerando o desequilíbrio redox experienciado pelos atletas ao longo da realização dos *sprints* repetidos em corrida semi-atada de alta intensidade e curta duração e a consequente acidose láctica, pode-se propor que o incremento da concentração de H^+ na corrente sanguínea motivaria o desacoplamento do gás oxigênio em maior concentração no BB (ao longo dos intervalos) da hemoglobina, liberando-o na corrente sanguínea, assim, tornando-o disponível para que pudesse ser extraído pelos tecidos em déficit em relação ao O_2 , como VL. . Desta maneira, o músculo agonista dos *sprints* poderia fazer uso desse nutriente para a própria recuperação.

Ainda, ao longo do período de recuperação, ambos os músculos parecem aumentar o VO_2 para viabilizar a recuperação completa, tendo em vista a redução de $\Delta[HHb]$ (CHRISTMASS et al., 1999; STOCKER et al., 2016). Vale ressaltar que tal diminuição ocorre de maneira mais sensível em BB em relação ao agonista da ação (VL).

Com base nesses resultados, a prescrição de treinamento aeróbio para músculos menos ativos nos *sprints* repetidos de alta intensidade pode ser de grande

valia para o rendimento atlético, visto que a eficiência na recuperação implica em indubitável vantagem competitiva de um competidor em relação ao outro, tendo em vista o implemento no reestabelecimento dos estoques de creatina-fosfato e na eliminação de lactato produzido ao longo da tarefa, o qual pode ser convertido em energia para a manutenção do exercício extenuante (GAITANOS et al., 1993; DUPONT et al., 2010; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2012, DARDOURI et al., 2014, ARCHIZA et al., 2020). Não obstante, salientamos que estudos aprofundados no campo ainda são cabíveis para consolidar tal ideia.

Por se tratar de um estudo sobre as respostas de oxigenação e mecânica no *Running-based Anaerobic Sprint Test* (RAST) seguido de 10 minutos de recuperação passiva, algumas limitações devem ser pontuadas. Não foi utilizado o analisador de gases para uma investigação precisa de VO_2 , considerando que o O_2 corresponde ponto de interesse na recuperação muscular entre os *sprints* que compõem o RAST, esse tipo de monitoramento é essencial para uma boa compreensão da dinâmica de oxigênio do ponto de vista local e sistêmico. Ainda, outro ponto concerne ao fato da ausência de mensuração da lactacidemia e dos estoques de creatina-fosfato ao longo da determinação da dinâmica oxidativa durante o exercício, algo relevante para fortalecer as evidências acerca da recuperação muscular encontradas no estudo. Por último, visando o melhoramento do rigor das correlações propostas no estudo, seria interessante a expansão do número amostral para estudos futuros. Estudos com enfoque na oxigenação muscular no contexto da recuperação entre *sprints* repetidos de alta intensidade ainda são escassos, é indubitável que esse caminho deva ser mais desvendado pela ciência.

5. CONCLUSÃO

Esse estudo confirma que o comportamento da dinâmica do oxigênio entre músculos mais e menos ativos é diferente e não correlacionada, destacando que o menos ativo (BB) apresentou maior TSI e menor $\Delta[\text{HHb}]$ em relação ao mais ativo (VL) nos intervalos entre *sprints* repetidos de alta intensidade. Também foi verificado que após a execução do RAST, a elevação significativa de TSI BB, em oposição à predominante estagnação de TSI VL, indica uma provável contribuição dos músculos menos ativos na recuperação do metabolismo dos músculos mais ativos na execução de *sprints* repetidos de alta intensidade.

6. REFERÊNCIAS

ARCHIZA, B. et al. **The Relationship Between Repeated-Sprint Ability, Aerobic Capacity, and Oxygen Uptake Recovery Kinetics in Female Soccer Athletes.** Journal of Human Kinetics, 75: 115–126, 2020.

BAR-OR, O. **The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity.** Sports Medicine, 4(6): 381-394, 1987.

BAUER C. **Antagonistic influence of Co₂ and 2,3 diphosphoglycerate on the Bohr effect of human haemoglobin.** Life sciences, 8(20), 1041–1046, 1969.

BOHR C. et al. **Über einen in biologischer beziehung wichtigen einfluss, den die kohlendäurespannung des blutes auf dessen sauerstoffbindung übt.** Skand Arch Physiol 16: 402–412, 1904.

BLEI, M L et al. **Separate measures of ATP utilization and recovery in human skeletal muscle.** The Journal of Physiology, 465: 203–222, 1993.

BORG, GA. **Psychophysical bases of perceived exertion.** Medicine and Science in Sports and Exercise, 14: 377-381, 1982.

BROCHERIE, F et al. **Neuro-mechanical and metabolic adjustments to the repeated anaerobic sprint test in professional football players.** European Journal of Applied Physiology, 115(5): 891-903, 2015.

BROOKS G. A. **The lactate shuttle during exercise and recovery.** Medicine and science in sports and exercise, 18(3), 360–368, 1986.

BROOKS, G. A. et al. **Lactate in contemporary biology: a phoenix risen.** The Journal of physiology, 600(5), 1229–1251, 2022.

BROWNSTEIN, C G et al. **The Effect of Maturation on Performance During Repeated Sprints With Self-Selected Versus Standardized Recovery Intervals in Youth Footballers.** Pediatric Exercise Science, 30(4): 500–505, 2018.

BUCHHEIT, M et al. **Repeated-sprint sequences during youth soccer matches.** International Journal of Sports Medicine, 31(10): 709–716, 2010.

CAMUS, G et al. **An evaluation of the maximal anaerobic capacity in man.** International Journal of Sports Medicine, 12(4), p. 349-355, 1991.

CARLING, C et al. **Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer.** Journal of Sports Sciences, 30(4): 325–336, 2012.

CARREGARO, R.L. et al. **Effects of different methods of antagonist muscles pre-activation on knee extensors neuromuscular responses.** Brazilian Journal of Physical Therapy, 15(6):452-9, 2011.

CHARRON, J et al. **Physiological Responses to Repeated Running Sprint Ability Tests: A Systematic Review.** International Journal of Exercise Science, 13(4): 1190–1205, 2020.

CHRISTMASS, M. A et al. **Effect of work and recovery duration on skeletal muscle oxygenation and fuel use during sustained intermittent exercise.** European journal of applied physiology and occupational physiology, 80(5), 436–447, 1999.

CRONIN, J et al. **Effects of weighted vests and sled towing on sprint kinematics.** Sports Biomechanics, 7(2): 160–172, 2008.

DARDOURI, W et al. **Relationship Between Repeated Sprint Performance and both Aerobic and Anaerobic Fitness.** Journal of Human Kinetics, 40: 139–148, 2014.

DI PRAMPERO, P. **Energetics of muscular exercise.** Reviews of Physiology, 89, n. Biochemistry Pharmacology, p. 143-222, 1981.

DUPONT, G et al. **Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability.** European journal of applied physiology, 110(3), 627–634, 2010.

FAULKNER, J.A. **Physiology of swimming and diving.** Exercise Physiology. Baltimore: Academic Press, 1968.

GAITANOS, G C et al. **Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise.** Journal of Applied Physiology 75(2): 712–719, 1993.

GATTERER, H et al. **Exercise Performance, Muscle Oxygen Extraction and Blood Cell Mitochondrial Respiration after Repeated-Sprint and Sprint Interval Training in Hypoxia: A Pilot Study.** Journal of Sports Science & Medicine, 17(3), 339–347, 2018.

GIRARD, O et al. **Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue.** Sports Medicine, 41(8): 673–694, 2011.

GLAISTER, M. **Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness.** Sports Medicine, 35(9): 757-77, 2005.

GLANCY, B. et al. **Mitochondrial lactate metabolism: history and implications for exercise and disease.** The Journal of physiology, 599(3), 863–888, 2021.

HARRIS, R C et al. **The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man.** European Journal of Physiology, 367(2): 137-42, 1976.

HASELER, L J et al. **Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability.** Journal of Applied Physiology, 86(6): 2013-8, 1999.

HEATH, B H et al. **A modified somatotype method.** American Journal of Physical Anthropology, 27(1): 57-74, 1967.

JACKSON A S et al. **Generalized equations for predicting body density of men.** The British Journal of Nutrition, 40(3): 497–504, 1978.

KAMEL, K. S. el al. **L-lactic acidosis: pathophysiology, classification, and causes; emphasis on biochemical and metabolic basis.** Kidney international, 97(1), 75–88, 2020.

KREISBERG R. A. **Pathogenesis and management of lactic acidosis.** Annual review of medicine, 35, 181–193, 1984.

LIMA, M C S et al. **A semi-tethered test for power assessment in running.** International Journal of Sports Medicine, 32(7): 529-34, 2011.

LITTLE T et al. **Effects of sprint duration and exercise: rest ratio on repeated sprint performance and physiological responses in professional soccer players.** Journal of Strength and Conditioning Research, 21(2): 646–648.

LOCKIE, R G et al. **Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes.** Journal of strength and Conditioning Research, 17(4): 760-7, 2003.

MAIRBAURL H. **Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells.** Frontiers in physiology, 4, 332, 2013.

MALTE, H. et al. **The Bohr/Haldane effect: a model-based uncovering of the full extent of its impact on O₂ delivery to and CO₂ removal from tissues.** Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), 125(3), 916–922, 2018.

MANCHADO-GOBATTO et al. **New insights into mechanical, metabolic and muscle oxygenation signals during and after high-intensity tethered running.** Scientific Reports, 10(1), 1-14, 2020.

MCMORROW, B J et al. **Effect of Heavy Resisted Sled Sprint Training During the Competitive Season on Sprint and Change-of-Direction Performance in Professional Soccer Players.** International Journal of Sports Physiology and Performance, 14(8): 1066-1073, 2019.

MENDEZ-VILLANUEVA, A et al. **The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCr resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed.** Plos One, 7(12), 2012.

MESSIAS, L. H. D. et al. **All-out Test in Tethered Canoe System can Determine Anaerobic Parameters of Elite Kayakers.** International Journal of Sports Medicine, 36(10): 803-8, 2015.

NEDREHAGEN et al. **The Effects of in-Season Repeated Sprint Training Compared to Regular Soccer Training.** Journal of Human Kinetics, 49: 237–244, 2015.

OGURI, K et al. **Pronounced muscle deoxygenation during supramaximal exercise under simulated hypoxia in sprint athletes.** Journal of Sports Science & Medicine, 7(4), 512–519, 2008.

PAPOTI, M et al. **Tethered Swimming for the Evaluation and Prescription of Resistance Training in Young Swimmers.** International Journal of Sports Medicine, 38(2): 125-133, 2017.

PARADIS-DESCHÊNES, P et al. **Ischemic Preconditioning Enhances Aerobic Adaptations to Sprint-Interval Training in Athletes Without Altering Systemic Hypoxic Signaling and Immune Function.** Frontiers in sports and active living vol. 2 (41), 2020.

PETRAKOS, G et al. **Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review.** Sports Medicine, 46(3): 381-400, 2016.

RAMPININI, E et al. **Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players.** Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 34(6): 1048-54, 2009.

SMITH, KJ; BILLAUT, F. **Influence of cerebral and muscle oxygenation on repeated-sprint ability.** European Journal of Applied Physiology, 109(5): 989-999, 2010.

SOUSA F et al. **Anaerobic metabolism during short all-out efforts in tethered running: Comparison of energy expenditure and mechanical parameters between different sprint durations for testing.** Plos One, 12(6), 2017.

SOUSA, F. **Validade e reprodutibilidade de parâmetros de capacidade e potência aeróbias e anaeróbias obtidas por meio de uma sessão de avaliação em corrida atada: Validity and reliability of anaerobic power and capacity parameters derived from one test session in tethered running.** 2017.

SPENCER, M et al. **Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports.** Sports Medicine, 35(12): 1025-44, 2005.

SPINKS, C. D et al. **The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players.** Journal of Strength and Conditioning Research, 21(1): 77-85, 2007.

STEWART, A; MARFELL-JONES, M; OLDS, T; DE RIDDER, H. **International Standards for Anthropometric Assessment** (2011). ISAK, International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2016.

STOCKER F. et al. **Relationship of post-exercise muscle oxygenation and duration of cycling exercise.** BMC Sports Sci Med Rehabil.;8(9), 2016.

TAYLOR, J et al. **The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials.** Sports Medicine, 45(6): 881-91, 2015.

UFLAND, P et al. **Repeated-sprint performance, locomotor profile and muscle oxygen uptake recovery: effect of training background.** International Journal of Sports Medicine 34(10): 924-30, 2013.

VASQUEZ-BONILLA, A et al. **Muscle Oxygen Desaturation and Re-Saturation Capacity Limits in Repeated Sprint Ability Performance in Women Soccer Players: A New Physiological Interpretation.** International Journal of Environmental Research and Public Health 18(7):3484. 2021.

VERNON, C et al. **Lactic acidosis: recognition, kinetics, and associated prognosis.** Critical care clinics, 26(2), 2010.

ZACHAROGIANNIS, E et al. **An evaluation of tests of anaerobic power and capacity.** Medicine Science in Sports Exercise, 36(5), 116, 2004.

ZAGATTO, A.M. et al. **Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances.** The Journal of Strength Conditioning Research, 23(6),1820-1827, 2009.

7. ANEXOS

7.1 ANEXO 1

Formulário de Anamnese



Anamnese

Nome: _____ Idade: _____

Data: _____

Idade que iniciou os treinos: _____

1 – Quantos litros de água você toma por dia? _____ L/dia

2 – Quantas horas você dorme por noite? _____ hr/noite

3 – Você faz acompanhamento médico? Quantas vezes no mês? _____/mês

4 – Com que frequência você consome álcool? _____/semana ou _____/mês

5 – Possui algum problema respiratório? () Sim. () Não.

Se sim, qual o medicamento utilizado e a frequência?

6 – Faz o uso de tabaco (cigarro)? () Sim. () Não.

Se sim, com que frequência? _____/semana ou _____/mês

7 – Faz o uso de algum medicamento? () Sim. () Não.

Se sim, qual medicamento e a frequência?

8 – Faz ou já fez uso de esteroide anabolizante? () Sim. () Não.

Se sim, qual, e o tempo total que utilizou?

9 – Costuma sentir algum desconforto quando pratica atividades intensas? () Sim. () Não.

Se sim, qual desconforto?

10 – Possui algum problema ortopédico? () Sim. () Não.

Se sim, qual?

11 – Já passou por algum processo cirúrgico? () Sim. () Não.

Se sim, quantas vezes e quais cirurgias?

* Toda informação aqui escrita, será de total sigilo entre pesquisador e avaliado. Nenhuma informação será utilizada para outros fins, além da segurança do avaliado. Após o término do estudo, todas as informações serão descartadas, afim de assegurar total sigilo.

7.2 ANEXO 2

Histórico Esportivo-Competitivo



Histórico Esportivo-Competitivo

Prezado Sr.

Este documento, chamado Histórico Esportivo - Competitivo, visa identificar o seu histórico de competições assim como a frequência de treinamento referente a sua preparação para campeonatos.

Nome:

Data de nascimento: ____/____/____ e-mail: _____

Cidade de origem: _____

- 1- Há quanto tempo joga profissionalmente? _____
- 2- Qual a frequência semanal de treinos? _____ dias/semana
- 3- Qual é o volume (horas) semanal médio de treinos? _____ horas/semana.
- 4- Quanto tempo dura em média uma sessão de treinamento? ____ hora(s) ____ minuto(s).
- 5- Quantos vezes ao dia você treina? () 1 período () 2 períodos () 3 períodos
- 6- Em qual período do dia treina? () manhã () tarde () noite () horário de almoço () outros: _____

7- Compete em qual nível?

Regional () Estadual () Nacional () Internacional ()

8- Você participa de quantos campeonatos por ano? _____

Cite o mais importante e o resultado mais recente do mesmo: _____

9- Atualmente, em qual posição você joga? _____

9.1- Você já atuou em mais de uma posição ao longo de sua carreira? () Sim () Não

Se sim, _____ quais? _____

9.2- De todos os campeonatos disputados, você atuou **predominantemente** como:

Titular () Reserva ()

10- Quais foram suas competições nos últimos dois anos? E o nível da competição e lugar da qualificação?

- _____

- 11- Você faz controle da frequência cardíaca quando treina ou compete? () Sim () Não
11.1- **Caso sim**, qual o valor máximo atingido no treino? _____ bpm. E em competição? _____ bpm
ou
() Não controlo a frequência cardíaca em competições.
- 12- Você segue alguma planilha de treino (periodização) orientada por algum profissional de Educação Física? () Sim () Não
- 13- Você já sofreu algum tipo de lesão? () Sim () Não
Se sim, onde e qual? _____
- 13.1- Em que condições? () Treinando () Competições?
- 14- Você também pratica outras modalidades esportivas regularmente? () Sim. () Não.
- 14.1- Qual(is) é(são) a(s) modalidade(s) esportiva(s) praticada(s)? _____
- 14.2- Há quanto tempo você pratica a(s) modalidade(s) citada(s) acima? _____ anos.
- 14.3- Com qual frequência você pratica essa(s) modalidade(s)? _____ vezes/semana.
- 14.4- Quanto tempo dura em média os treinos dessa(s) modalidade(s)? _____ horas.

Eu, _____, portador do RG: _____, estou ciente de que as informações pessoais e dados obtidos neste questionário serão empregados para fins de pesquisa científica, e que somente os profissionais responsáveis pelo projeto, terão acesso com meu direito de privacidade resguardado. Assinatura do atleta:

_____, _____ de _____ de 20____.