

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 21/12/2021.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

TESE DE DOUTORADO

**EFEITOS DE QUATRO SEMANAS DE “VIVER ALTO E TREINAR BAIXO”
SEGUIDO DE UM PERÍODO DE POLIMENTO SOBRE AS ADAPTAÇÕES
AERÓBIAS**

Danilo Rodrigues Bertucci

**Rio Claro – SP
2020**

**EFEITOS DE QUATRO SEMANAS DE “VIVER ALTO E TREINAR BAIXO”
SEGUIDO DE UM PERÍODO DE POLIMENTO SOBRE AS ADAPTAÇÕES
AERÓBIAS**

DANILO RODRIGUES BERTUCCI

PROFESSOR. DR. MARCELO PAPOTI

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências do Câmpus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Doutor em Ciências da Motricidade.

B552e Bertucci, Danilo Rodrigues
Efeitos de quatro semanas de "viver alto e treinar baixo" seguido de um período de polimento sobre as adaptações aeróbias / Danilo Rodrigues Bertucci. -- Rio Claro, 2020
223 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Marcelo Papoti

1. Viver alto e treinar baixo. 2. Consumo máximo de oxigênio. 3. limiar anaeróbio. 4. Hipóxia normobárica. 5. Análise bayesiana. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITOS DE QUATRO SEMANAS DE “VIVER ALTO E TREINAR BAIXO” SEGUIDO DE UM PERÍODO DE POLIMENTO NAS ADAPTAÇÕES MUSCULARES AERÓBIAS

AUTOR: DANILO RODRIGUES BERTUCCI

ORIENTADOR: MARCELO PAPOTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, área: Biodinâmica da Motricidade Humana pela Comissão Examinadora:

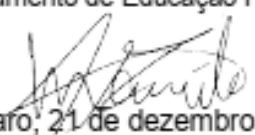
Prof. Dr. MARCELO PAPOTI (Participação Virtual)
USP - Universidade de São Paulo / Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto - SP

Prof. Dr. PAULO HENRIQUE SILVA MARQUES DE AZEVEDO (Participação Virtual)
Universidade Federal de São Paulo / Campus Baixada Santista - Santos/SP

Prof. Dr. GUILHERME MORAIS PUGA (Participação Virtual)
Instituto de Ciências Biomédicas, Faculdade de Educação Física / Universidade Federal de Uberlândia - MG

Prof. Dr. GUSTAVO RIBEIRO DA MOTA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências do Esporte / Universidade Federal do Triângulo Mineiro - Uberaba / MG

Prof. Dr. EDUARDO KOKUBUN (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP



Rio Claro, 21 de dezembro de 2020

Título alterado para:

Efeitos de quatro semanas de "viver alto e treinar baixo" seguido de um período de polimento sobre as adaptações aeróbias.

DEDICATÓRIA

A minha família e aos meus colegas de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos de um trabalho deveriam ser escritos a medida de seu desenvolvimento, dessa maneira, as chances de esquecer alguém ou alguma passagem diminuiriam bastante. Assim, de antemão agradeço a todos que de alguma forma me auxiliaram até aqui. No entanto, esse deve ser um momento único por isso algumas palavras devem ser ditas.

Inicio com o mais profundo agradecimento a minha Família, meus pais Agostinho e Sueli, pelo ensino da resiliência e humildade, minhas irmãs Gi e Cris por serem meus exemplos em diversos aspectos profissionais e pessoais, meu cunhado Marcelo, um irmão mais velho que a vida me deu e aos meus afilhados Lucão e Biel pelo amor incondicional que eles tem por mim, mesmo distante sempre nos encontramos em pensamentos. No entanto, acho que poderia resumir relação com a minha família com a palavra “Gratidão”, que tenho por todos vocês terem em diversos momentos de vossas vidas cada um em sua máxima capacidade de ajudar, terem realmente feito “das tripas um coração” para que eu estivesse aqui hoje, realizando um sonho. Desde o colégio, faculdade, especialização, mestrado e no doutorado, acreditem lembro de do papel de cada um nessa jornada.

Com certeza também tenho que agradecer sempre, da família que formei, minha esposa Mila, mãe do meu filho, como costume dizer, minha publicação de maior impacto, o Chico, a Kitty que nos deixou e a Kiara que ainda permanecerá por muito tempo, enchendo nossa casa de pelos de cachorro por todo lado. Aqui, nesse círculo familiar, aprendi a olhar as situações com outros olhos, a levar a vida mais leve e provei o que é o amor de um filho, então por isso muito obrigado, em diversos momentos, apenas a presença de vocês durante o processo, sempre me acalentou e me manteve forte, pois , esse processo do doutoramento foi árduo, mas extremamente prazeroso e único. E aproveito para deixar minhas sinceras desculpas se faltei com vocês em algum momento.

Uma das características que me orgulho muito, é a capacidade de adaptação e isso fez que a pós-graduação me desse muito mais do que a formação necessária para seguir carreira acadêmica, posso falar sem exegeros que ganhei muitos Pais, Mães e principalmente

irmãos. Ao pessoal da época que morei em São Carlos, sempre estarão no meu coração, costumávamos brincar durante o café entre um trabalho e outro “de São Carlos para o Mundo” e conseguimos galera, conseguimos. Aqui, gostaria de deixar meus agradecimentos especiais aos professores que me acolheram lá, o Prof. Sergio Perez e o meu orientador do mestrado, o Prof. Vilmar Baldissera, que me ensinou que a fisiologia é ‘cativante, motivante, intrigante e não se esquece jamais’ pois é, ele tinha razão.

Agora, no ano de 2016, um pouco mais experiente, ingressei no GECIFEX, e a história se repetiu para a minha sorte, ganhei novamente, muitos irmãos fisiológicos, mas agora mais novos. Mas a acolhida que tive assim que cheguei por lá foi sensacional. Então galera, muito obrigado, a todos sem exceção, ao GECIFEX “antigo” Vitão, Ricardo, Paulinho, Beisso, Ronaldão, Carlão, Tatá, Grilo, Tam, Gabriel Piru, Isabella e companhia limitada, como toda “molecada” que chegou no laboratório e que juntos cunhamos o lema, “GECIFEX, mais que um Lab, uma REP”.

Aproveito então o gancho para agradecer ao meu orientador, Marcelo Papoti, muito obrigado Papoti por todas as oportunidades que você proporciona a todos os seus alunos, já conversamos muito sobre isso, e o que esse período do doutorado marcou na minha vida profissional, não sei se acontecerá novamente. Posso falar que tenho a honra de conhece-lo a bastante tempo, e sempre atuando com coerência, energia nas horas corretas e com bons papos nos “espetinhos” da vida. Muito obrigado Papoti, sem dúvida foi uma jornada e tanto, com certeza não finalizo o doutorado como comecei e tenho a certeza que os alunos sob minha tutela terão a “cara” Gecifexiana.

Não poderia deixar de agradecer ao técnico do nosso laboratório, Marçal, pelos materiais ajustados para as mais diversas coletas mas principalmente pelas dicas de um churrasco de nível “doutorado” também. Também gostaria de agradecer a todos os participantes do presente estudo pelo compromisso e confiança. E por último, mas longe de menos importante, as Universidades envolvidas, UNESP-Rio Claro, EEFERP – USP e a UNICAMP, FCA-Limeira.

APOIO FINANCEIRO.

Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de São Paulo, FAPESP, auxílio à pesquisa - regular sob a inscrição, processo: 16/12781-5. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Também agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

A exposição a elevadas altitudes somada ao treinamento em baixas altitudes ou ao nível do mar tem sido utilizada para melhora da performance aeróbia e/ou melhora de algum parâmetro fisiológico. Denominado como “viver alto e treinar baixo” (VATB) os atletas permanecem períodos em hipóxia, enquanto treinam em normóxia. No entanto, ainda existem controvérsias sobre as possíveis adaptações ocorrerem em função do modelo VATB ou apenas do treinamento. Interessantemente estudos tem demonstrado que as melhoras no desempenho ocorrem entre uma a três semanas após o VATB, sugerindo a existência de fadiga residual proveniente da exposição a hipóxia, e com pouca investigação sobre a influência do polimento. Partindo do pressuposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos do VATB seguido de um período de polimento nos índices relativos à aptidão aeróbia muscular, e em uma segunda fase, investigar os efeitos do setup experimental nas adaptações moleculares referentes ao desempenho aeróbio. O estudo foi “controlado por placebo e randomizado”, 14 homens adultos ($28,1 \pm 6,6$ anos) foram divididos em grupo VATB ($n = 9$) e grupo placebo ($n = 5$). O exercício foi realizado utilizando a extensão dinâmica unilateral de joelho, desse modo 4 grupos foram formados, VATB perna treinada (PTH) e perna controle (PCH) e placebo perna treinada (PTN) e perna controle (PCN). Durante o VATB, foi requisitado aos participantes que permanecessem nas tendas pelo tempo que fosse possível, ao menos 10 horas por dia. O VATB respirou o ar com uma fração de oxigênio de aproximadamente 14,0%, enquanto o Placebo respirou ar ambiente fração de oxigênio 20,2%. Após as 4 semanas de VATB, foi realizado uma semana de polimento, mas sem que os participantes permanecessem nas tendas. As avaliações foram realizadas em três momentos, na linha de base (M1), após o VATB (M2) e após o polimento (M3). Em cada momento de avaliação, foram realizados testes incrementais e testes submáximos em ambas as pernas e biópsias de tecido muscular. O treinamento, foi baseado em sessões intervaladas de alta intensidade, as intensidades do treinamento foram ajustadas para cada participante por meio dos testes incrementais. No polimento houve redução drástica no volume das sessões, mas com a manutenção dos estímulos de intensidade. Para análise estatísticas, os dados hematológicos atenderam os pressupostos para testes paramétricos, então, foi aplicada uma ANOVA two way. O restante dos dados, não cumpriram com os pressupostos paramétricos (normalidade, esfericidade e outlier), foram utilizados os testes não paramétricos equivalentes, o teste de

Friedman com o *pós-hoc* de Dunn's para comparações múltiplas. Ainda, foram utilizados os testes de Wilcoxon signed-rank test e quando necessário o de Whitney U test. Os valores ausentes foram substituídos pelo método de maximização, porém essa estratégia foi aplicada em menos de 10% de todo o banco de dados. Também foi utilizada a abordagem bayesiana para se averiguar as probabilidades. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0.05$, os testes foram realizados nos softwares SPSS versão 20.0 (Somers, NY, USA) software e Graph Pad Prism versão 7. Os valores da saturação periférica de oxigênio, foi menor ($p < 0,05$) durante todo o período do VATB em relação ao Placebo, Não houve diferenças ($p > 0,05$) na quantidade de horas acumuladas nas tendas durante o experimento em ambos os grupos VATB 201,5 (12,6) horas e placebo, 200,80 (39,5). As concentrações de EPO, aumentaram ($p < 0,05$) no VATB nos momentos, 15 dias após a linha de base (M_{1+15}) e M2 em relação ao M1 e em relação ao Placebo, que não houve nenhuma alteração. Também não foram encontradas alterações estatísticas relacionadas as variáveis do sistema de equilíbrio ácido – base. O peso corporal dos participantes do VATB diminui no M2 e se manteve menor no M3 em relação ao M1 ($\sim 4\%$, $p = 0,001$, $\sim 2\%$, $p = 0,014$) sem alterações no placebo. No PTH, os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ relativos ao peso estimado da coxa foram superiores ($p < 0,05$) no M2, valores de $i\dot{V}O_{2pico}$ foram superiores no M2 e M3 ($p < 0,05$) e V_{Epico} também foi superior no M2 em relação ao M1. Os valores de limiar ventilatório 2, foi superior no M2 e manteve no M3 em relação ao M1. Esse grupo também apresentou melhor eficiência metabólica ($\dot{V}O_2$ para uma mesma carga) no M2 em relação ao M1. No PCH, os valores de $\dot{V}O_{2pico}$, $i\dot{V}O_{2pico}$ e limiares metabólicos não sofreram alterações. No entanto, a eficiência metabólica ($\dot{V}O_2$ para uma mesma carga) melhorou ($p < 0,05$) no M2 e M3 em relação ao M1. Com relação ao grupo placebo, no PTN, não houve diferenças nos valores de $\dot{V}O_{2pico}$ e eficiência metabólica, no entanto, na $i\dot{V}O_{2pico}$, e limiar ventilatório 2 os valores em M3 foram superiores ($p < 0,05$) em relação ao M1. No PCN, os valores de $\dot{V}O_{2pico}$, limiares metabólicos e eficiência metabólica não se alteraram durante o experimento. A estratégia VATB não potencializou o processo de super compensação das concentrações de glicogênio muscular, no entanto, após o período de polimento o grupo que P_TH obteve maiores valores do que o treinado em normóxia.

Dessa forma, nessa primeira etapa do estudo, podemos concluir que a estratégia VATB seguido em um período de polimento pode gerar mais benefícios que apenas o treinamento seguido do polimento.

Palavras – chave: Viver alto treinar baixo, consumo máximo de oxigênio, intensidade máxima, limiar anaeróbio e hipóxia normobárica, análise bayesiana e biópsia muscular.

ABSTRACT

Exposure to high altitudes added to training at low altitudes or at sea level has been used to improve aerobic performance and/or improve some physiological parameter. Termed as “live high and train low” (LHTL) athletes spend periods in hypoxia while training in normoxia. However, there are still controversies about the possible adaptations taking place due to the LHTL model or just the training. Interestingly, studies have shown that performance improvements occur between one and three weeks after LHTL, suggesting the existence of residual fatigue from exposure to hypoxia, and with little investigation into the influence of taper. Based on the assumption, the objective of the present work was to verify the effects of LHTL followed by a taper period in the indexes related to the muscular aerobic fitness, and in a second phase, to investigate the effects of the experimental setup in the molecular adaptations related to the aerobic performance. The study was “placebo-controlled and randomized”, 14 adult men (28.1 ± 6.6 years) were divided into a LHTL group ($n = 9$) and a placebo group ($n = 5$). The exercise was performed using dynamic unilateral knee extension, thus 4 groups were formed, LHTL trained leg (TL_{Hypo}) and control leg (CL_{Hypo}) and placebo trained leg (TL_{PLA}) and control leg (CL_{PLA}). During LHTL, participants were asked to stay in the tents for as long as possible, at least 10 hours a day. The LHTL group breathed air with an oxygen fraction of approximately 14.0%, while Placebo breathed room air with an oxygen fraction of 20.2%. After the 4 weeks of LHTL, a week of taper was performed, but without the participants remaining in the tents. Assessments were performed at three moments, at baseline (M1), after LHTL (M2) and after taper (M3). At each assessment time, incremental and submaximal tests were performed on both legs and muscle tissue biopsies. The training was based on high intensity interval sessions, the training intensities were adjusted for each participant through the incremental tests. In polishing, there was a drastic reduction in the volume of sessions, but with the maintenance of intensity stimuli. For statistical analysis, hematological data met the assumptions for parametric tests, so a two-way ANOVA was applied. The rest of the data did not comply with the parametric assumptions (normality, sphericity and outlier), the equivalent non-parametric tests were used, the Friedman test with Dunn’s post-hoc test for multiple comparisons. Still, the Wilcoxon signed-rank test and, when necessary, the Whitney U test were used. Missing values were replaced by the maximize method, but this

strategy was applied to less than 10% of the entire database. The Bayesian approach was also used to ascertain the probabilities. The significance level adopted was $p \leq 0.05$, the tests were performed using SPSS software version 20.0 (Somers, NY, USA) software and Graph Pad Prism version 7. The peripheral oxygen saturation values were lower ($p < 0.05$) during the entire period of LHTL in relation to Placebo, There were no differences ($p > 0.05$) in the amount of hours accumulated in the tents during the experiment in both groups LHTL 201.5 (12.6) hours and placebo, 200.80 (39.5). EPO concentrations increased ($p < 0.05$) in LHTL at 15 days after baseline (M1+15) and M2 compared to M1 and compared to Placebo, which did not change. There were also no statistical changes related to the variables of the acid-base balance system. The body weight of LHTL participants decreased at M2 and remained lower at M3 compared to M1 (~4%, $p = 0.001$, ~2%, $p = 0.014$) with no change in placebo. In TL_{Hypo} , the values of $\dot{V}O_{2peak}$ relative to the estimated weight of the thigh were higher ($p < 0.05$) in M2, values of $i\dot{V}O_{2peak}$ were higher in M2 and M3 ($p < 0.05$) and $\dot{V}E_{peak}$ it was also superior in M2 compared to M1. The intensity associated to Ventilatory threshold 2 were higher in M2 and maintained in M3 compared to M1. This group also showed better metabolic efficiency ($\dot{V}O_2$ for the same load) in M2 compared to M1. In the CL_{Hypo} , the values of $\dot{V}O_{2peak}$, $i\dot{V}O_{2peak}$ and metabolic thresholds did not change. However, the metabolic efficiency ($\dot{V}O_2$ for the same load) improved ($p < 0.05$) in M2 and M3 compared to M1. Regarding the placebo group, in the TL_{PLA} , there were no differences in the values of $\dot{V}O_{2peak}$ and metabolic efficiency, however, in the $i\dot{V}O_{2peak}$, and ventilatory threshold 2 values in M3 were higher ($p < 0.05$) in relation to the M1. In CL_{PLA} , the values of $\dot{V}O_{2peak}$, metabolic thresholds and metabolic efficiency did not change during the experiment. The LHTL strategy did not enhance the super-compensation process of muscle glycogen concentrations, however, after the taper period, the group that TL_{Hypo} obtained higher values than the one trained in normoxia. Thus, in this first stage of the study, we can conclude that the LHTL strategy followed in a taper period can generate more benefits than just training followed by taper.

Key words: Live high train low, maximal oxygen uptake, maximal intensity, anaerobic threshold and normobaric hypoxia, Bayesian analysis and muscle biopsy.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa do documento.
- Figura 2.** Esquema adaptado do trabalho de Fenrnadez – Torres e colaboradores. Atividade do HIF-1 α em condições de normóxia, nessa condição a molécula de HIF-1 α é hidroxilado formando o complexo com o fator de von Hippel Lindau (VHL) que por sua vez se liga à ubiquitina (ub) para ser posteriormente degradado pelo preteassoma
- Figura 3.** Esquema adaptado do trabalho de Fenrnadez – Torres e colaboradores. Atividade do HIF-1 α em condições de hipóxia, nessa condição a molécula de HIF-1 α é estabilizada e fosforilado pelo proteína quinase ativada por mitogeno (MAPK); uma vez fosforilado, se desloca para o núcleo e se liga a subunidade HIF-1 β e forma o complexo [HIF-1 α / HIF-1 β]. Esse complexo por sua vez se liga no núcleo, na região dos elementos sensíveis à hipóxia (HRE) presente nas regiões promotoras os vários genes que serão subsequentemente ativados.
- Figura 4.** SpO2: saturação da hemoglobina medida na polpa digital; $\circ$: pO2: pressão parcial de oxigênio no ambiente. No eixo X, estão descritas as configurações do gerador e suas respectivas altitudes
- Figura 5.** Figura retirada do manual do gerador de hipóxia que mostra a taxa de ganho em altitude em função do tempo, no eixo Y está representada a altitude em pés (1 pés = 0,3048 cm) e no eixo X o tempo em minutos
- Figura 6.** Adaptada do artigo de Gibala et al.,(GIBALA et al., 2012) indica que o treinamento intervalado de alta intensidade e baixo volume, ativa a 5'-AMP-proteína quinase ativada (AMPK) e p38 mitogen-activated protein kinase (MAPK). Ambas cascatas de sinalização molecular desencadeadas pelo exercício físico estão envolvidas na fosforilação direta e ativação do PGC1-alfa. O aumento da abundância do PGC1-alfa após o TIAI ocorre pela co-ativação dos fatores de transcrição para aumentar a transcrição dos genes da mitocôndria que resulta no acumula de proteínas mitocôndrias que por sua vez desencadeiam a biogênese mitocondrial. Somando aos eventos moleculares que são causados pela hipóxia, supomos a potencialização do desempenho esportivo. A diminuição da pressão de O₂ sanguínea estabiliza as concentrações de HIF1alfa que por sua vez atua na transcrição e tradução de diversos genes que podem estar relacionados ao desempenho esportivo.
- Figura 7.** Gráfico que exemplifica a determinação dos limiares metabólicos no exercício de extensão dinâmica unilateral de joelhos. Dados referentes a um participante do grupo normóxia, perna treinada no momento da segunda avaliação. $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$; equivalente respiratório de oxigênio, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ equivalente respiratório de dióxido de carbono, o LV1 é indicado em 33 watts e o LV2 em 55 watts.

- Figura 8.** Detalhamento da oscilação dos valores da carga externa ou impulso de treinamento (TRIMP) obtida por meio da equação 1, citada anteriormente. Os círculos pretos representam os dias que as avaliações foram realizadas (Teste incremental, tempo limite na $i\dot{V}O_{2max}$, biópsia muscular e 80% + 200% da $i\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. Os círculos azuis, representam os dias de descanso e os vermelhos os dias de treinamento; a área hachurada de cinza, represente o período de polimento.
- Figura 9.** Valores referentes a distribuição das cargas de treinamento.
- Figura 10.** Valores em percentual da frequência cardíaca máxima prevista pela idade. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 11.** Valores de consumo de oxigênio nos 6 esforços de 5 minutos. *, diferença entre os grupos. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 12.** Valores das concentrações de lactato em todos os esforços da sessão. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 13.** Valores de PSE, nos estágios da sessão 6x5 minutos. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 14.** Valores de %FCmáx. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 15.** Valores de consumo de oxigênio nos 8 esforços de 2 minutos. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 16.** Valores das [Lac] em todos os esforços da sessão. *, significa diferença entre os grupos. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 17.** Valores de PSE, nos estágios da sessão 8x2 minutos. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 18.** Valores de %FCmáx, *, significa diferença entre grupos. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo normóxia.
- Figura 19.** Valores de consumo de oxigênio nos 6 esforços de 30 segundos. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 20.** Valores das [Lac] em todos os esforços da sessão. Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.
- Figura 21.** Valores de PSE, nos estágios da sessão 6 x 30 segundos (all-outs). Circulo vermelho, representa o grupo VATB e o circulo preto, o grupo placebo.

Figura 22. Delineamento do período experimental, S, semanas de treinamento. AV1, avaliação 1 (linha de base); AV2, avaliação 2 (após o período de treinamento) e AV3, (avaliação após o polimento).

Figura 23. Exemplo de relação muito próxima a linear em um exercício incremental de extensão unilateral de joelho. Dados referentes a um participante do grupo VATB, perna treinada no momento da segunda avaliação.

Figura 24. Ergômetro de Kroghh que permite a extensão dinâmica de joelho. Figura ilustrativa, retirada na íntegra do trabalho de (ANDERSEN; SALTIN, 1985; HELGE et al., 2001).

Figura 25. Valores de saturação de oxigênio (SpO₂) observados na entrada e na saída das tendas ao longo do experimento. Os símbolos vazios representam o VATB e os símbolos cheios representam o placebo *: diferença significativa em relação aos valores de entrada e aos valores de saída do grupo placebo ($p < 0,05$).

Figura 26. Variação percentual da SaO₂ (Δ SaO₂) determinada entre os valores de entrada e saída das tendas. Círculos vazios, representam o VATB e círculos cheios o placebo. *, diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

Figura 27. Horas acumuladas dentro das tendas por ambos os grupos.

Figura 28. Resposta dos valores referentes a carga interna (tempo de sessão X percepção subjetiva de esforço após 30 minutos), valores representados em média $\pm$ desvio padrão de ambos os grupos (círculo vermelho: grupo VATB e círculo preto: normóxia), área hachurada de cinza, represente o período de polimento.

Figura 29. Valores referentes ao percentual da frequência cardíaca máxima prevista ($FC_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}$) média durante o período de treinamento, a área cinza corresponde ao período de polimento. Círculos vermelhos, grupo VATB e círculos pretos representam o grupo normóxia.

Figura 30. Valores referentes a percepção subjetiva de esforço (PSE) média durante o período de treinamento, a área cinza corresponde ao período de polimento. Círculos vermelhos, grupo VATB e círculos pretos representam o grupo normóxia.

Figura 31 Detalhamento das variáveis medidas durante o período experimental, dados apresentados em média e DP, apenas durante as sessões de treinamento. Os símbolos coloridos representam as diferentes intensidades das sessões, círculo azul escuro: intensidade do L1, círculo azul claro: 100% iVO₂max, círculo amarelo: L2 (80% iVO₂max) e o círculo vermelho: *all-out* (200% iVO₂max), a hachurada em cinza representa o polimento. Painel A: frequência cardíaca média durante as sessões, painel B: carga interna e painel C: % da frequência cardíaca pico prevista pela idade. Painel A1: valores de frequência cardíaca média dividido pelas intensidades, B1: valores de carga interna dividido pelas intensidades, C1: valores de % da frequência cardíaca pico prevista pela idade dividido pelas intensidades, *:

$1 < BF_{10} < 3$ = evidência ANEDOTICA para H1; **: $BF_{10} \geq 3$ = MODERADO; ***: $BF_{10} \geq 10$ = FORTE;

Figura 32 Nos painéis A, B e C estão detalhados os valores de Lactato sanguíneo, % da frequência cardíaca pico e VO_2 respectivamente mensurados em cada momento de esforço nas 3 sessões distintas. O círculo representa a sessão a 100% iVO_2 max, quadrado: *all-out* (200% iVO_2 max) e triângulo: L2 (80% iVO_2 max), dados expressos em média $\pm$ DP, a linha vermelha pontilhada representa os valores obtidos a avaliação de linha de base em cada uma das variáveis. Painel A1: valores de lactato sanguíneo em cada uma das sessões, B1: valores de % da frequência cardíaca pico prevista pela idade em cada uma das sessões e C1: valores VO_2 em cada uma das sessões, †: $BF_{10} \geq 10$ = FORTE; ††: $BF_{10} \geq 100$ = EXTREMO.

Figura 33. Valores de eritrócitos, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 34. Valores de hemoglobina, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 35. Valores de hematócrito, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 36. Valores do volume corpuscular médio, * significa diferença em relação ao momento anterior (15d); círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 37. Valores de hemoglobina corpuscular média, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 38. Valores de concentração de hemoglobina corpuscular média, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 39. Valores de RDW, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 40 Valores de EPO, * significa diferença estatística no mesmo momento em relação ao grupo placebo; # significa diferença estatística no grupo VATB em relação ao momento 15d; círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 41. Valores de Leucócitos, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 42. Valores de plaquetas, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 43. Valores de segmentados, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 44. Valores de linfócitos, * significa interação grupo*momento; # significa diferença estatística entre grupos em um mesmo momento; & significa diferença estatística em relação ao polimento no grupo VATB; círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 45. Valores de monócitos, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 46. Valores de eosinófilos, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo.

Figura 47. Valores de basófilos, círculos brancos, grupo VATB e círculos pretos, grupo placebo, * significa diferença no efeito do tempo em relação ao momento 15d.

Figura 48. Painel A, valores individuais do pH durante o período do experimento referentes ao grupo normóxia, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 49. Painel A, valores individuais do pH durante o período do experimento referentes ao grupo VATB. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento), * significa diferença estatística em relação ao M2-M1.

Figura 50. Painel A, valores individuais do íon Na⁺ durante o período do experimento referentes ao grupo VATB, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento), * significa diferença estatística em relação ao M3-M1.

Figura 51. Painel A, valores individuais do íon Na⁺ durante o período do experimento referentes ao grupo normóxia, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento), * significa diferença estatística em relação ao M2-M1.

Figura 52. Painel A, valores individuais de K⁺ durante o período do experimento referentes ao grupo VATB, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-

M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento), * significa diferença estatística em relação ao M3-M2.

Figura 53. Painel A, valores individuais de K^+ durante o período do experimento referentes ao grupo normóxia. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 54. Painel A, valores individuais de HCO_3^- durante o período do experimento referentes ao grupo normóxia, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 55. Painel A, valores individuais de HCO_3^{3std} durante o período do experimento referentes ao grupo normóxia, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 56. Painel A, valores individuais de BE durante o período do experimento referentes ao grupo VATB, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 57. Painel A, valores individuais de BE durante o período do experimento referentes ao grupo placebo, * significa diferença estatística em comparação ao pré-treinamento. Painel B, variações em valores absolutos, círculos representam as variações individuais e o traço, a mediana das variações; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 58. Painel A, valores individuais de $\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PT_H expresso de forma relativa ao peso da coxa; Painel B, valores individuais de $\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PC_H expresso de forma relativa ao peso da coxa; Painel C, valores individuais de $\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PT_N expresso de forma relativa ao peso da coxa; Painel D, valores individuais de $\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PC_N expresso de forma relativa ao peso da coxa; . Painel A1, valores individuais das variações do $\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PT_H; Painel B1, valores individuais das variações do $\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PC_H; Painel C1, valores individuais das variações do $\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PT_N; Painel D1, valores individuais das variações do

$\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PC_N ; * significa diferença estatística do pré-treinamento; &, significa diferença estatística do M2-M1; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 59. Painel A, valores individuais de potência máxima relativa ao peso da coxa ($i\dot{V}O_{2pico} - W$. Kg-1) do grupo PT_H; Painel B, valores individuais de potência máxima relativa ao peso da coxa ($i\dot{V}O_{2pico} - W$. Kg-1) do grupo PC_H; Painel C, valores individuais de potência máxima relativa ao peso da coxa ($i\dot{V}O_{2pico} - W$. Kg-1) do grupo PT_N; Painel D, valores individuais de potência máxima relativa ao peso da coxa ($i\dot{V}O_{2pico} - W$. Kg-1) do grupo PC_N; . Painel A1, valores individuais das variações da $i\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PT_H; Painel B1, valores individuais das variações do $i\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PC_H; Painel C1, valores individuais das variações do $i\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PT_N; Painel D1, valores individuais das variações do $i\dot{V}O_{2pico}$ do grupo PC_N ; * significa diferença estatística do pré-treinamento; #, significa diferença estatística do M3-M2; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 60. Valores individuais dos percentuais dos limiares em relação a intensidade máxima no grupo PT_H. Símbolos vazios, representam os valores do LV1, símbolos cheios (cinza) representam os valores de LV2.

Figura 61. Valores individuais dos percentuais dos limiares em relação a intensidade máxima no grupo PT_H. Símbolos vazios, representam os valores do LV1, símbolos cheios (cinza) representam os valores de LV2.

Figura 62. Valores individuais dos percentuais dos limiares em relação a intensidade máxima no grupo PT_N. Símbolos vazios, representam os valores do LV1, símbolos cheios (cinza) representam os valores de LV2.

Figura 63. Valores individuais dos percentuais dos limiares em relação a intensidade máxima no grupo PC_N. Símbolos vazios, representam os valores do LV1, símbolos cheios (cinza) representam os valores de LV2.

Figura 64. Painel A, valores individuais de economia de movimento relativa ao peso da coxa ($mLO2.Kg.W-1$) do grupo PT_H; Painel B, valores individuais de economia de movimento relativa ao peso da coxa ($mLO2.Kg.W-1$) do grupo PC_H; Painel C, valores individuais de economia de movimento relativa ao peso da coxa ($mLO2.Kg.W-1$) do grupo PT_N; Painel D, valores individuais de economia de movimento relativa ao peso da coxa ($mLO2.Kg.W-1$) do grupo PC_N; . Painel A1, valores individuais das variações da economia de movimento do grupo PT_H; Painel B1, valores individuais das variações da economia de movimento do grupo PC_H; Painel C1, valores individuais das variações da economia de movimento do grupo PT_N; Painel D1, valores individuais das variações da economia de movimento do grupo PC_N ; * significa diferença estatística do pré-treinamento; &, significa diferença

estatística do M2-M1; M2-M1 (pós treinamento – pré-treinamento), M3-M2 (polimento – pós-treinamento) e M3-M1 (polimento – pré-treinamento).

Figura 65 As respostas individuais e as diferenças individuais foram detalhadas, o grupo LHTL nos painéis A e o grupo PLA nos painéis B, o retângulo significa o valor mediano. Os painéis pares representam as respostas individuais em todos os grupos e situações e os painéis ímpares representam as diferenças individuais em todos os grupos e em todas as situações

Figura 66 As variações individuais do conteúdo de glicogênio muscular em ambas as pernas, os círculos pretos representavam o grupo LHTL e os círculos cinza representavam o grupo PLA, a área entre as linhas tracejadas vermelhas representava o TE, ($0,068 \text{ mg} \cdot 100\text{mg}^{-1}$).

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores individuais de saturação de hemoglobina (%) e fração de oxigênio no ambiente (%) em cinco altitudes escolhidas pelos pesquisadores.
- Tabela 2.** Características antropométricas e valores de consumo máximo de oxigênio de todos os participantes, valores estão descritos em média e desvio padrão.
- Tabela 3.** Dados apresentados em média $\pm$ desvio padrão. Valores de percentual das variáveis leucograma.
- Tabela 4.** Todos os parâmetros da análise do Sistema de equilíbrio ácido – base, coletas de amostras venosas. Grupo VATB (n = 9) e grupo placebo (n = 5).
- Tabela 5.** Valores pico obtidos no teste incremental, desempenho e metabólicos. Os resultados estão descritos em mediana e intervalo interquartil, VATB (n = 9) e placebo (n = 5).
- Tabela 6.** Variáveis para a validação do teste incremental. Os resultados estão expressos em mediana e intervalo interquartil. Grupo VATB (n = 9), grupo normóxia (n = 5).
- Tabela 7.** Os valores de potência (Watts) correspondente aos limiares metabólicos determinados por meio de parâmetros ventilatórios, limiar ventilatório 1 (LV1) e limiar ventilatório 2 (LV2) estão expressos em mediana (intervalo interquartil).
- Tabela 8.** Valores de potência e economia de movimento no esforço a 80% em ambos os grupos. Os resultados estão expressos em mediana e intervalo interquartil. Grupo VATB, (n = 8) e placebo (n = 4).
- Tabela 9.** Parâmetros cardiorrespiratórios no exercício submáximo. Os dados estão descritos em mediana e interquartil, grupo VATB (n = 8) e placebo (n = 4).
- Tabela 10.** Valores da gasometria de amostras de sangue arterializada. Os dados estão descritos em mediana e interquartil, grupo VATB (n = 8) e normóxia (n = 4).
- Tabela 12 *Note.* All models include subject
- Tabela 13 *Note.* The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0, $r = 1/\sqrt{2}$) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected. TL_{HIP}: Live high train low trained leg, CL_{HIP}: Live high train low control leg, TL_{NOR}: placebo trained leg, CL_{NOR}: placebo control leg.
- Tabela 14 Analysis of Effects of mixed model Bayesian ANOVA.

Tabela 15 TL_{HIP}: Live high train low trained leg, CL_{HIP}: Live high train low control leg, TL_{NOR}: placebo trained leg, CL_{NOR}: placebo control leg, M1: baseline, M2: post-training, M3: Taper.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tabela das concentrações de oxigênio aproximadas para a ACT – 12 em condições normais.

Quadro 2. Planejamento de treino proposto durante o período do estudo.

LISTA DE SIGLAS

[Hb] = Hemoglobina

ATP = Adenosina trifosfato.

EPO = eritropoietina

ERO = espécie reativa de oxigênio.

FC_{máx} = Frequência Cardíaca Máxima

FiO₂ = fração inspirada de oxigênio

GLUT-1 = Transportador de glicose -1

GLUT-4 = Transportador de glicose -4

HIF = fatores indutíveis por hipóxia

HIF-1 α = fator indutível por hipóxia 1 alfa

HIF-1 β = fator indutível por hipóxia 1 beta

Htc = hematócrito

LV1 = Limiar ventilatório 1.

LV2 = Limiar ventilatório 2.

PetCO₂ = pressão de dióxido de carbono ao final da expiração.

PetO₂ = pressão de oxigênio ao final da expiração.

PHD = prolil hidroxilases

pVHL = proteína von Hippel-Lindau

QR = Quociente Respiratório

SpO₂ = saturação periférica de oxigênio

TI = Teste Incremental.

TIAI = Treinamento intervalado de alta intensidade

VATB = Viver Alto e treinar baixo.

VCO₂ = Produção de Dióxido de Carbono.

$\dot{V}_E$ = Ventilação.

$\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ = Equivalente de Dióxido de Carbono

$\dot{V}_E/\dot{V}O_2$ = Equivalente de Oxigênio

VEGF = fator de crescimento vascular endotelial

$\dot{V}O_2$ = Consumo de Oxigênio.

$\dot{V}O_{2max}$ = Consumo Máximo de Oxigênio.

$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ = Consumo pico de oxigênio

SUMÁRIO

PRÓLOGO	27
Capítulo 1 - Atividades realizadas	30
Capítulo 2 - Visão geral do projeto principal.....	34
Adaptações musculares moleculares ao VATB	37
Capítulo 3 - Geradores de hipóxia e resultados da exposição.....	42
Capítulo 4 - Programa de Treinamento.	47
Polimento.....	49
Capítulo 5 - Sessões de treinamento.	54
Sessões treinamento monitoradas	59
Capítulo 6 - Materiais e métodos.	66
Participantes.....	67
Desenho experimental	67
Protocolo de exposição à hipóxia normobárica.	68
Familiarização e ergômetro	68
Protocolo de treinamento.....	70
Teste incremental	71
Testes submáximos – Economia de movimento.	72
Coleta e análises sanguíneas	72
Extração e análise do músculo esquelético.....	73
Análise das Concentrações de Glicogênio.....	74
Análise estatística.	75
Capítulo 7 - Resultados.	77
Exposição a hipóxia normobárica	78
Sessões de treinamento.....	79
Parâmetros hematológicos.	84
Leucograma	89
Gasometria – resultados da punção venosa.	93
Resultados do teste incremental máximo.	100
Resultados do teste submáximo – economia de movimento.	111
Capítulo 8 - Discussão dos resultados.....	123
Conclusões.....	141
Referências bibliográficas.	143
Anexo 1 - Artigo # 1.....	152

PRÓLOGO

Desde a Grécia antiga, os eventos culturais são iniciados com um Prólogo, origem do grego PRO (antes) + LOGO (discurso). Em geral, anunciando um evento por um monólogo com explicações para melhor entendimento dos leitores ou espectadores (MASCARENHAS, 2009). Assim, este prólogo, visa conduzi-lo para o melhor entendimento do presente documento.

O presente documento está dividido em capítulos que não precisam necessariamente serem lidos em sequência. Procuramos com esse modelo de Tese realçar a quantidade e qualidade de trabalho realizado durante o projeto “*Adaptações metabólicas, hematológicas e neuromusculares provenientes do treinamento "dormir alto e treinar baixo", seguido de um período de polimento: um estudo duplo-cego e randomizado*” que obteve suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP sob o processo de número 16/12781-5, ao qual essa Tese está vinculada. Na sequência, segue uma breve descrição dos capítulos que também podem ser acessados por meio de hiperlinks, de maneira mais rápida na figura 1. Ainda, estão disponíveis hyperlinks para facilitar o trânsito pelo documento, eles estão identificados em palavras sublinhadas.

No **capítulo 1**, estão descritas as atividades realizadas pelo candidato, atividades essas que no período do doutoramento englobaram os três pilares da Universidade, ensino, pesquisa e extensão. Já, no **capítulo 2**, estão apresentados a literatura utilizada para a construção do *rationale* do projeto propriamente dito. No **capítulo 3**, discutiremos sobre os geradores de hipóxia e resultados das diferentes abordagens a respeito da exposição hipóxia. Considera-se de um capítulo particularmente importante por se tratar de um equipamento relativamente “raro” no Brasil. No **capítulo 4**, abordaremos o programa de treinamento bem como a justificativa da sua utilização frente ao *setup* experimental e hipóteses. No **capítulo 5**, as sessões de treinamento propriamente ditas e a análise da periodização experimental que foi desenvolvida para o presente projeto, como valores de frequência cardíaca, carga interna, consumo de oxigênio e lactato sanguíneo. Já no **capítulo 6**, estão descritos os materiais e métodos utilizados juntamente com o design estatístico em todo o projeto, ali, destacamos a utilização da abordagem bayesiana que ainda é recente nas ciências do exercício. No capítulo 7, os resultados, que, no presente documento estão descritos com maior riqueza de detalhes em comparação aos artigos 1,2 e 3 (Anexos 1,2 e 3). O capítulo 8 é composto pela discussão e interpretação dos principais achados.

Finalmente as referências bibliográficas. Recomendamos fortemente especial atenção na **figura 1**, que descreve o “mapa” do documento.

É importante destacar que o presente estudo obteve financiamento pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo número 16/12781-5, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e apoio da Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto, EEFERP-USP, da Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas, FCA-Unicamp, campi de Limeira, SP . Além disso, o discente foi financiado pela coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) (demanda social).

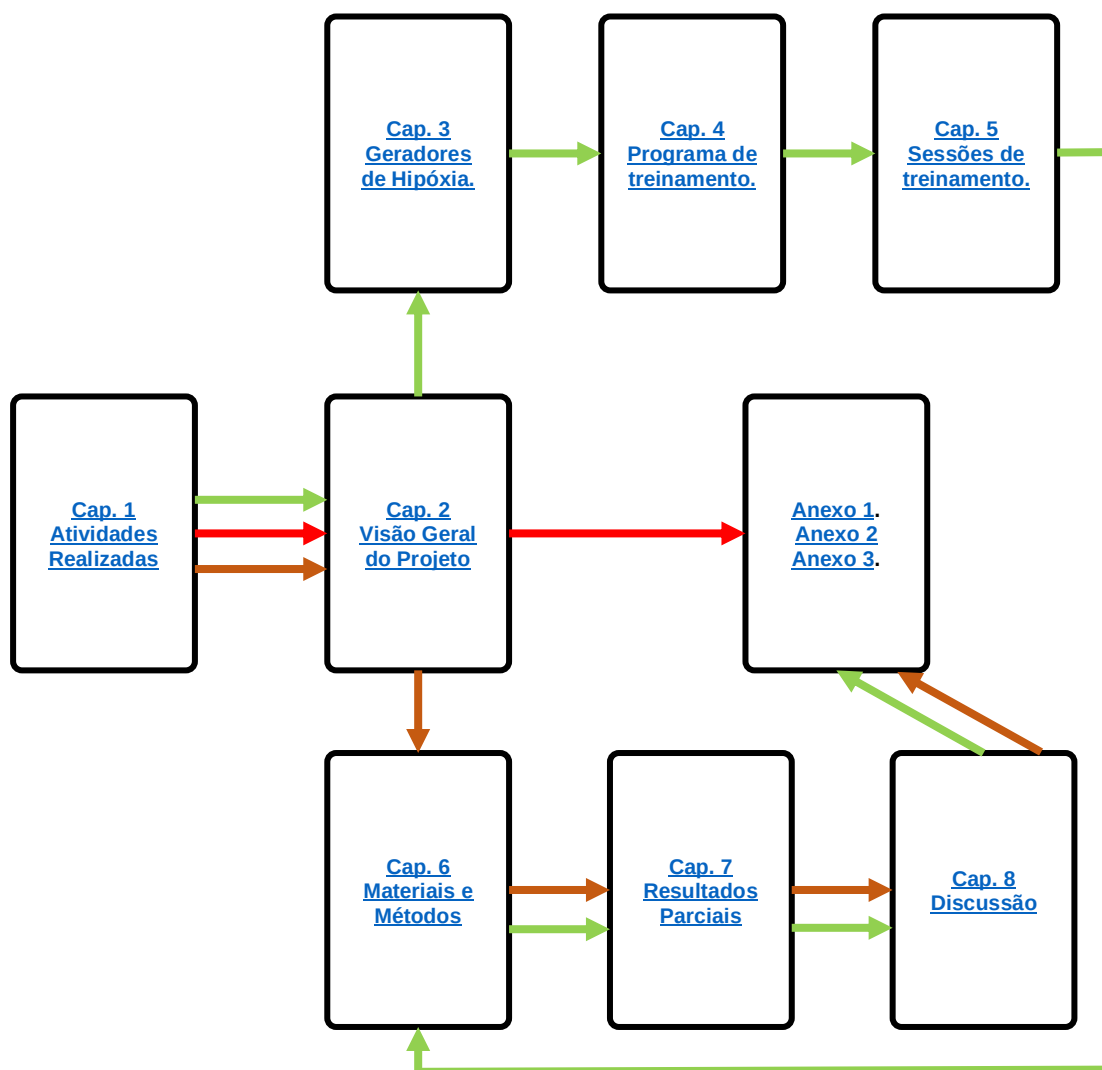


Figura 1. Na figura 1, estão descritas sugestões de seguimento para a leitura do documento, as cores sugerem ordem de acordo com a disponibilidade e interesse que forem surgindo com o decorrer da leitura.

Conclusões

O presente estudo teve como objetivo, analisar os efeitos de quatro semanas da estratégia Viver Alto e Treinar Baixo (VATB) seguido de um período de polimento nas adaptações musculares aeróbias. Para isso, foi feito o uso de tendas capazes de simular o ambiente de altitude (aproximadamente 3000 metros) e o exercício de extensão dinâmica unilateral de joelho. A partir conteúdo do presente trabalho, pode se concluir que:

- Durante o período de treinamento, as sessões mais intensas elicitaram maiores repostas cardíacas, no entanto, as sessões com maior densidade (relação esforço pausa) causaram maiores distúrbios na homeostase como foi evidenciado a partir da análise da carga interna.

- Houve maiores taxas de melhora dos parâmetros relacionados a aptidão aeróbia, VO_2max , $i\text{VO}_2\text{max}$, limiares metabólicos e Economia de movimento no grupo treinado que realizou o VATB.
- No entanto, com excessão das marcantes alterações na concentração da Eritropoetina, não identificamos nenhum outro parâmetros que indicasse hematopoiese.
- Não foram encontradas alterações estatísticas no parâmetros de gasometria sanguínea.
- A estratégia VATB não potencializou o processo de super compensação das concentrações de glicogênio muscular, no entanto, após o período de polimento o grupo que P_TH obteve maiores valores do que o treinado em normóxia.

PERSPECTIVAS

O nosso estudo se encontra dentro da ciência normal, no que diz respeito à construção ainda recente do paradigma relacionado a exposição à hipóxia e desempenho atlético muscular. Observamos um aumento nos índices relacionados a aptidão aeróbia após o VATB e essas adaptações se sobrepõem as adaptações que ocorreram no grupo placebo. Além disso, o treinamento de extensão dinâmica unilateral de joelho parece ser um método promissor para o aumento da tolerância ao exercício em pessoas saudáveis, visto, os valores de consumo de oxigênio e frequência cardíaca atingidos nas avaliações. Esse último, pode ser ainda mais relevante para indivíduos portadores de doenças crônica.

Referências bibliográficas.

- ANDERSEN, P.; SALTIN, B. Maximal perfusion of skeletal muscle in man. **The Journal of Physiology**, 1985.
- AULIN, K. P. et al. Short-term intermittent normobaric hypoxia-haematological, physiological and mental effects. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 2007.
- BANNISTER, E. W.; WENGER, H. A. Monitoring training. Physiological Testing of the Elite Athlete. **MacDougall JD, Wenger HA, Green HG**, 1982.
- BEJDER, J. et al. Endurance, aerobic high-intensity, and repeated sprint cycling performance is unaffected by normobaric “Live High-Train Low”: a double-blind placebo-controlled cross-over study. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 5, p. 979–988, 2017.
- BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental Exercise Test Design and Analysis. **Sports Medicine**, v. 37, n. 7, p. 575–586, 2007.
- BINDER, R. K. et al. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. **Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.**, v. 15, n. 6, p. 726–734, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19050438>>. Acesso em: 27 maio. 2014.
- BONNE, T. C. et al. “Live High-Train High” increases hemoglobin mass in Olympic swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 7, p. 1439–1449, 2014.
- BOOTH, F. W. Muscle adaptation to exercise : New Saltin ’ s paradigms. v. 25, p. 49–52, 2015.
- BOSQUET, L. et al. Effects of tapering on performance: A meta-analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1358–1365, 2007.
- BRINK-ELFEGOUN, T. et al. Maximal oxygen uptake is not limited by a central nervous system governor. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 102, n. 2, p. 781–786, 2007.
- BRUGNIAUX, J. V. et al. Eighteen days of “living high, training low” stimulate erythropoiesis and enhance aerobic performance in elite middle-distance runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 1, p. 203–211, 2006a.

- BRUGNIAUX, J. V. et al. Living high-training low: Tolerance and acclimatization in elite endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 1, p. 66–77, 2006b.
- BURGOMASTER, K. A. et al. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 98, n. 6, p. 1985–1990, 2005. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.01095.2004>>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- BURGOMASTER, K. A. et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 151–160, 1 jan. 2008.
- CARR, A. J. et al. Increased hypoxic dose after training at low altitude with 9h per night at 3000m normobaric hypoxia. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 14, n. 4, p. 776–782, 2015.
- CASSIDY, S. et al. **High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health** *Diabetologia* Springer Verlag, , 1 jan. 2017. .
- CHAPMAN, R. F.; STRAY-GUNDERSEN, J.; LEVINE, B. D. Individual variation in response to altitude training. **Journal of Applied Physiology**, 1998.
- CIRER-SASTRE, R.; BELTRÁN-GARRIDO, J. V.; CORBI, F. Contralateral effects after unilateral strength training: A meta-analysis comparing training loads. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 17, n. 1, p. 163–166, 2018.
- DE SMET, S. et al. Physiological adaptations to hypoxic vs. normoxic training during intermittent living high. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. MAY, p. 1–16, 2017.
- DE SMET, S. et al. High-intensity interval training in hypoxia does not affect muscle HIF responses to acute hypoxia in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 4, p. 847–862, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-018-3820-4>>.
- DEHNERT, C. et al. Erythropoiesis and performance after two weeks of living high and training low in well trained triathletes. **International Journal of Sports Medicine**, 2002.
- DÜNNWALD, T. et al. Body composition and body weight changes at different altitude levels: A systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. MAR, 2019.

- FAVIER, F. B. et al. HIF-1-driven skeletal muscle adaptations to chronic hypoxia: Molecular insights into muscle physiology. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 72, n. 24, p. 4681–4696, 2015.
- FEITO, Y. et al. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 76, 7 ago. 2018.
- FERNÁNDEZ-TORRES, J. et al. Role of HIF-1 α signaling pathway in osteoarthritis: a systematic review. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 57, n. 2, p. 162–173, 2017.
- FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **J Strength Cond Res**, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.
- FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; KONING, J. J. De. Monitoring Training Loads : The Past , the Present , and the Future. **International Journals of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 12, p. S2–S8, 2017.
- GARVICAN-LEWIS, L. A.; SHARPE, K.; GORE, C. J. Time for a new metric for hypoxic dose? **Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 1, p. 352–355, 2016.
- GIBALA, M. J. et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **Journal of Physiology**, v. 575, n. 3, p. 901–911, set. 2006.
- GIBALA, M. J. et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **Journal of Physiology**, v. 590, n. 5, p. 1077–1084, fev. 2012.
- GILLEN, J. B. et al. Twelve weeks of sprint interval training improves indices of cardiometabolic health similar to traditional endurance training despite a five-fold lower exercise volume and time commitment. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, 1 abr. 2016.
- GLEADLE, J. M.; RATCLIFFE, P. J. Induction of hypoxia-inducible factor-1, erythropoietin, vascular endothelial growth factor, and glucose transporter-1 by hypoxia: Evidence against a regulatory role for Src kinase. **Blood**, v. 89, n. 2, p. 503–509, 1997.
- GOOD, J. et al. Acute responses to sprint-interval and continuous exercise in adults with and without exercise-induced bronchoconstriction. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 2, p. 212–220, 17 jan. 2019.
- GORE, C. J. et al. Live high:train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 173, n. 3, p. 275–286, 2001.
- GREEN, H. et al. Downregulation of Na⁺-K⁺-ATPase pumps in skeletal muscle with training in normobaric hypoxia. **Journal of Applied Physiology**, 1999.

- GREEN, H. J. et al. Increases in submaximal cycling efficiency mediated by altitude acclimatization. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 3, p. 1189–1197, 2000.
- GRIFFITHS, A. et al. The effects of environmental hypoxia on substrate utilisation during exercise: A meta-analysis. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 16, n. 1, p. 1–14, 2019.
- HARMS, C. A. et al. Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 82, n. 5, p. 1573–1583, 1997.
- HEARRIS, M. A. et al. **Regulation of muscle glycogen metabolism during exercise: Implications for endurance performance and training adaptations** *Nutrients* MDPI AG, , 2 mar. 2018. .
- HELGE, J. W. et al. Training affects muscle phospholipid fatty acid composition in humans. **Journal of Applied Physiology**, 2001.
- HENDERSON, K. K.; CLANCY, R. L.; GONZALEZ, N. C. Living and training in moderate hypoxia does not improve $\dot{V}O_2$ max more than living and training in normoxia. **Journal of Applied Physiology**, 2001.
- HINGST, J. R. et al. Exercise-induced molecular mechanisms promoting glycogen supercompensation in human skeletal muscle. **Molecular Metabolism**, v. 16, n. July, p. 24–34, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.molmet.2018.07.001>>.
- HOLLOSZY, J. O.; COYLE, E. F. **Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences** *Journal of Applied Physiology* American Physiological Society, , 1 dez. 2016. .
- HOPPELER, H.; KLOSSNER, S.; VOGT, M. Training in hypoxia and its effects on skeletal muscle tissue. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, p. 38–49, 2008.
- HOPPELER, H.; VOGT, M. Muscle tissue adaptations to hypoxia. **Journal of Experimental Biology**, 2001.
- KALVA-FILHO, C. **Influência do glicogênio muscular sobre a origem da fadiga em diferentes domínios de intensidade**. 2019. 2019.
- KALVA-FILHO, C. A. et al. A prototype for dynamic knee extension: construction, force characterization and electromiographic responses. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 14, n. 3, p. 97–109, 2020.
- KATAYAMA, K. et al. Effect of intermittent hypoxia on oxygen uptake during submaximal exercise in endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 1–2, p. 75–83, 2004.

- KUIPERS, H. et al. Variability of Aerobic Performance in the Laboratory and Its Physiologic Correlates. **International Journal of Sports Medicine**, v. 06, n. 04, p. 197–201, 14 ago. 1985.
- LEVINE, B. D.; STRAY-GUNDERSEN, J. “Living high-training low”: Effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 1, p. 102–112, 1997.
- LOBIGS, L. M. et al. The athlete’s hematological response to hypoxia: A meta-analysis on the influence of altitude exposure on key biomarkers of erythropoiesis. **American Journal of Hematology**, v. 93, n. 1, p. 74–83, 2018.
- LUNDBY, C. et al. Exercise economy does not change after acclimatization to moderate to very high altitude. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 17, n. 3, p. 281–291, 2007.
- LUNDBY, C.; GASSMANN, M.; PILEGAARD, H. Regular endurance training reduces the exercise induced HIF-1 α and HIF-2 α mRNA expression in human skeletal muscle in normoxic conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 4, p. 363–369, 2006.
- MACINNIS, M. J.; GIBALA, M. J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. **Journal of Physiology**, v. 595, n. 9, p. 2915–2930, 2017.
- MARTINEZ-BELLO, V. E. et al. Living at high altitude in combination with sea-level sprint training increases hematological parameters but does not improve performance in rats. **European Journal of Applied Physiology**, 2011.
- MASCARENHAS, S. **Os olhares de Janus**. 1. ed. Brasília - DF: EMBRAPA, 2009.
- MASON, S.; JOHNSON, R. S. The role of HIF-1 in hypoxic response in the skeletal muscle. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 618, n. 5, p. 229–244, 2007.
- MATHUPALA, S. P.; REMPEL, A.; PEDERSEN, P. L. Glucose catabolism in cancer cells: Identification and characterization of a marked activation response of the type II hexokinase gene to hypoxic conditions. **Journal of Biological Chemistry**, v. 276, n. 46, p. 43407–43412, 2001.
- MATTILA, V.; RUSKO, H. EFFECT OF LIVING HIGH AND TRAINING LOW ON SEA LEVEL PERFORMANCE IN CYCLISTS⁹²⁸. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 1996.
- MELISSA, L. et al. Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxic versus normoxic conditions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 1997.

- MILLET, G. P. et al. Combining Hypoxic Methods for Peak Performance. **Sports Medicine**, v. 40, n. 1, p. 1–25, 2010.
- MILLET, G. P.; BROCHERIE, F.; GIRARD, O. New metric for the hypoxic stimulus, not for the response. **Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 1, p. 356, 2016.
- MOUNIER, R.; PEDERSEN, B. K.; PLOMGAARD, P. Muscle-specific expression of hypoxia-inducible factor in human skeletal muscle. **Experimental Physiology**, v. 95, n. 8, p. 899–907, 2010.
- MUJKA, I. et al. **Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes** **Sports Medicine**, 2004. .
- MUJKA, I. **Polimento e maximização para um ótimo desempenho físico**. 1ª edição ed. Barueri - SP: Manole, 2012.
- MUJKA, I.; PADILLA, S. Scientific bases for precompetition tapering strategies. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 7, p. 1182–1187, 2003.
- MUJKA, I.; SHARMA, A. P.; STELLINGWERFF, T. Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes: A Narrative Review. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40279-019-01165-y>>.
- NAKAMURA, F. Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da Carga de Treinamento: A Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão é um Método Confiável ? **R da Educação Física**, v. 21, n. 1, p. 1–11, 2010.
- NIEMEYER, M.; LEITHAEUSER, R.; BENEKE, R. Oxygen uptake plateau occurrence depends on oxygen kinetics and oxygen deficit accumulation. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 29, n. 10, p. 1466–1472, 2019.
- NORDSBORG, N. B. et al. Four weeks of normobaric “live high-train low” do not alter muscular or systemic capacity for maintaining pH and K⁺ homeostasis during intense exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. March 2012, p. 2027–2036, 2012.
- NUSSBAUMER-OCHSNER, Y. et al. Effect of Short-Term Acclimatization to High Altitude on Sleep and Nocturnal Breathing. **Sleep**, v. 35, n. 3, p. 419–423, 2012.
- OLEK, R. A. et al. Adaptive changes after 2 weeks of 10-s sprint interval training with various recovery times. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. APR, 17 abr. 2018.
- OSTERKAMP, L. K. Current perspective on assessment of human body proportions of relevance to amputees. **Journal of American Dietetic Association**, v. 96, n. 2, 1995.
- PARK, H.-Y.; PARK, W.; LIM, K. Living High-Training Low for 21 Days Enhances Exercise Economy, Hemodynamic Function, and Exercise Performance of Competitive Runners. **Journal of sports science & medicine**, v. 18, n. 3, p. 427–437, 2019.

Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31427864>%0A<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC6683611>>.

PAROLIN, M. L. et al. Regulation of glycogen phosphorylase and PDH during exercise in human skeletal muscle during hypoxia. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 278, n. 3 41-3, p. 522–534, 2000.

PESCADOR, N. et al. Hypoxia promotes glycogen accumulation through hypoxia inducible factor (HIF)-mediated induction of glycogen synthase 1. **PLoS ONE**, v. 5, n. 3, 2010.

PYNE, D. B.; MUJIK, I.; REILLY, T. Peaking for optimal performance: Research limitations and future directions. **Journal of Sports Sciences**, 2009.

RICHALET, J.-P.; GORE, C. J. Live and/or sleep high:train low, using normobaric hypoxia. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 18, p. 29–37, 2008.

RICHARDSON, R. S. et al. Myoglobin Desaturation during Exercise Transport. **Journal of Clinical Investigation**, v. 96, n. 4, p. 1916–26, 1995. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=185828&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>.

ROBERTSON, E. Y. et al. Reproducibility of performance changes to simulated live high/train low altitude. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 2, p. 394–401, 2010.

RODRÍGUEZ, F. A. et al. Performance of runners and swimmers after four weeks of intermittent hypobaric hypoxic exposure plus sea level training. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, p. 1523–1535, 2007.

SAUGY, J. J. et al. Comparison of “Live high-train low” in normobaric versus hypobaric hypoxia. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, 2014.

SAUNDERS, P. U. et al. Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 3, p. 931–937, 2004.

SCHMITT, L. et al. Influence of “living high-training low” on aerobic performance and economy of work in elite athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 5, p. 627–636, 2006.

SEILER, K. S.; KJERLAND, G. Ø. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? **Scandinavian**

- journal of medicine & science in sports**, v. 16, n. 1, p. 49–56, fev. 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16430681>>. Acesso em: 26 maio. 2014.
- SEILER, S.; HETLELID, K. J. The Impact of Rest Duration on Work Intensity and RPE during Interval Training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 9, p. 1601–1607, set. 2005. Disponível em: <<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00005768-200509000-00021>>. Acesso em: 23 maio. 2014.
- SEILER, S.; SJURSEN, J. E. Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 14, n. 5, p. 318–25, out. 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15387806>>. Acesso em: 23 maio. 2014.
- SIEBENMANN, C. et al. “Live high - train low” using normobaric hypoxia: A double-blinded, placebo-controlled study. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 1, p. 106–117, 2012a. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22033534>>.
- SIEBENMANN, C. et al. “Live high-train low” using normobaric hypoxia: a double-blinded, placebo-controlled study. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 1, p. 106–117, 2012b. Disponível em: <<http://jap.physiology.org/cgi/doi/10.1152/japplphysiol.00388.2011>>.
- STRAY-GUNDERSEN, J.; CHAPMAN, R. F.; LEVINE, B. D. “Living high-training low” altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. **Journal of Applied Physiology**, 2001.
- TERRADOS, N. et al. Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? **Journal of Applied Physiology**, 1990.
- TRUIJENS, M. J. et al. Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances. **Journal of Applied Physiology**, v. 94, n. 2, p. 733–743, 2003.
- TRUIJENS, M. J. et al. The effect of intermittent hypobaric hypoxic exposure and sea level training on submaximal economy in well-trained swimmers and runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 2, p. 328–337, 2008.
- VAN DOORN, J. et al. The JASP guidelines for conducting and reporting a Bayesian analysis. **Psychonomic Bulletin and Review**, 2020.
- VIGODA, A. et al. Glycogen metabolism in rat heart muscle cultures after hypoxia. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 254, n. 1–2, p. 311–318, 2003.
- VOGT, M. et al. Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 1, p.

173–182, 2001.

WEISSGERBER, T. L. et al. **Beyond Bar and Line Graphs: Time for a New Data Presentation Paradigm** *PLoS Biology*, 2015. .

ZOLL, J. et al. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. III.

Muscular adjustments of selected gene transcripts. **Journal of Applied Physiology**, 2006.