

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar)  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE (CCBS)  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA (PPGFt)

**PATRICIA REHDER DOS SANTOS**

AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES,  
RESPIRATÓRIAS E METABÓLICAS AO TREINAMENTO  
MUSCULAR INSPIRATÓRIO UTILIZANDO A PRESSÃO  
INSPIRATÓRIA CRÍTICA EM CICLISTAS RECREACIONAIS:  
ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO, CONTROLADO E DUPLO  
CEGO

**SÃO CARLOS  
2019**

**PATRICIA REHDER DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES,  
RESPIRATÓRIAS E METABÓLICAS AO TREINAMENTO  
MUSCULAR INSPIRATÓRIA UTILIZANDO A PRESSÃO  
INSPIRATÓRIA CRÍTICA EM CICLISTAS RECREACIONAIS:  
ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO, CONTROLADO E DUPLO  
CEGO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, para a obtenção do título de Doutora em Fisioterapia.

**Área de concentração:** Fisioterapia  
Cardiorrespiratória.

**Orientadora:** Profa. Dra. Aparecida Maria  
Catai

**SÃO CARLOS  
2019**

Investigação conduzida no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular/Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico (NUPEF) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e 04 meses de bolsa demanda social; do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (34 meses de bolsa, Processo CNPq 140912/2016-9) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) 2016/22215-7, Projeto Temático)

## DIREITO DE REPRODUÇÃO

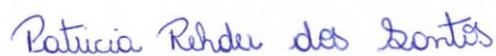
Autorizamos a reprodução total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte. Após um (1) ano da data da defesa pública desta tese.

São Carlos, 18 de fevereiro de 2019.



Profa. Dra. Aparecida Maria Catai

(Orientadora)



Ma. Patricia Rehder dos Santos

(Candidata ao título de Doutora)

Rehder-Santos, Patricia

Avaliação das respostas cardiovasculares, respiratórias e metabólicas ao treinamento muscular inspiratório utilizando a pressão inspiratória crítica em ciclistas recreacionais: estudo clínico randomizado, controlado e duplo cego / Patricia Rehder-Santos. -- 2019.

118 f. : 30 cm.

Tese (doutorado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: Aparecida Maria Catai

Banca examinadora: Profa Dra. Aparecida Maria Catai, Profa. Dra. Valéria Amorim Pires Di Lorenzo, Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi, Prof. Dr. Pedro Dal Lago, Prof. Dr. Marlus Karsten

Bibliografia

1. Treinamento muscular inspiratório. 2. Potência crítica. 3. Desempenho físico. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Patricia Rehder dos Santos, realizada em 18/02/2019:

---

Prof. Dra. Aparecida Maria Catai  
UFSCar

---

Prof. Dra. Valeria Amorim Pires Di Lorenzo  
UFSCar

---

Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi  
UFSCar

---

Prof. Dr. Pedro Dal Lago  
UFCSA

---

Prof. Dr. Marlus Karsten  
UDESC

## **DEDICATÓRIA**

À Deus, pois sem ele nada na minha vida seria possível.

Aos meus pais Antônio Carlos dos Santos e Maria Helena Rehder, minha irmã Priscila Rehder dos Santos Feroselli e minha sobrinha e afilhada Luana dos Santos Feroselli, sem vocês nenhum conquista faria sentido.

Ao grande amor da minha vida, Danilo Rodrigues Serrano, sem você, seu amor, sua atenção e companheirismo, eu não teria concluído esta etapa de minha vida, não aprenderia que o mundo pode ser visto de diversas formas e que em todas elas existe algo bom para se espelhar e capaz de nos fazer seguir em frente.

## AGRADECIMENTOS

Não poderia finalizar essa etapa da minha vida sem agradecer todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que ela deixasse de ser apenas um sonho e fosse colocada em prática. No entanto, seria impossível incluir nesta tese todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento pessoal e profissional, neste período. Por isso, deixo o meu muito obrigada a todas as pessoas que passarão por minha vida nestes longos anos de caminhada. Vocês fazem parte disso e essa conquista também é de vocês!

*“Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas quem caminha acompanhado, com certeza chegará mais longe”*

*Clarice Lispector*

Mas, da mesma forma, eu não poderia deixar de agradecer, com destaque algumas pessoas ou grupos, fundamentais para essa conquista. Sendo assim, seguem alguns agradecimentos especiais:

À Deus, por estar comigo em todos os momentos de minha vida, me dando suporte, guiando os meus passos e me fazendo levantar nos momentos em que eu mesma não queria mais e por me fazer enxergar que a vida pode não seguir os caminhos que nós almejamos, mas que estes caminhos também podem ser repletos de significado e coisas boas.

Ao meu pai, Antônio Carlos dos Santos, por sempre me ensinar a importância das coisas simples da vida, me apoiar e acreditar em mim.

À minha mãe, Maria Helena Rehder, por ter me introduzido no caminho da busca por conhecimento e novas experiências.

À minha irmã, Priscila Rehder dos Santos Fermoselli, por ter sido forte e o suporte necessário à nossa família, quando eu não pude ser e por ter possibilitado assim que eu concluísse mais esta etapa da minha vida. Eu te amo!

À minha sobrinha e afilhada, Luana dos Santos Fermoselli, por ter proporcionado um novo conceito para a palavra família, em minha vida. Obrigada por ser esta nova luz para nos guiar.

Ao meu amor e companheiro, Danilo Rodrigues Serrano, eu não tenho palavras para te agradecer, quando a vida me tirou tudo, você estava lá para me dar um novo sentido a ela. Obrigada por ser meu companheiro e amigo de todas as horas, por ter segurado a minha mão, quando eu não conseguia levantar e me feito terminar essa jornada. Sem você essa tese não existiria, essa conquista é mais que minha é nossa. Te amo!

À minha orientadora e segunda mãe, Aparecida Maria Catai. Você é uma das principais responsáveis por esta defesa, sem o seu apoio e ombro amigo eu não conseguiria. Sou imensamente grata a Deus por ter colocado as pessoas certas em minha vida e a exatamente 9 anos atrás você foi uma delas. Estes quatro anos foram muito intensos e especiais para nós, em todos os sentidos. Na parte profissional vimos tudo dar errado e nos 45 min do segundo tempo, uma luz surgir no final do túnel, mesmo desistindo de vários planos, nossos esforços não foram em vão e hoje quando pensamos que seria o fim de uma jornada, será apenas um novo início. Na nossa vida pessoal, aprendemos o sentido da palavra equilíbrio, vimos nossas famílias e amigos precisando da gente, relembramos de como somos impotentes perante algumas decisões divinas, tivemos que fazer escolhas e aprender a conviver com as consequências delas. Muito obrigada por me guiar e andar comigo neste mar de descobertas e aprendizados!

Aos meus amigos, Vinicius Minatel e Juliana Cristina Milan Mattos, que desde do início me apoiaram a realizar este projeto. Por acreditarem que daria certo mesmo quando ninguém acreditava devido ao grande número de variáveis que poderiam dar errado {número de avaliações [e olha que o nosso protocolo inicial (utópico) era muito maior], tamanho da equipe de trabalho [começamos com um número ótimo, 1 pessoa, rrsrs, mas que foi crescendo rapidamente e com pessoas que vestiram a camisa do projeto e foram essenciais para as conquistas do mesmo], equipamentos quebrados, entre outras coisas} e por sempre me darem todo o suporte emocional e profissional. Algumas pessoas ganham anjos, que denominamos de amigos, para trilhar os caminhos da vida terrena. E vocês sempre serão os meus anjos! Amo vocês!!!

Aos meus amigos de coleta e de vida, Raphael Martins de Abreu, Étore De Favari Signini, Cláudio Donisete da Silva e Camila Akemi Sakaguchi. Obrigada por todo o companheirismo, amizade e aprendizados. Eu sei que não foram fáceis todos os períodos deste trabalho, coletas, treinamento de segunda a segunda, das 7h da manhã à meia noite (ou em alguns casos até mais, nosso recorde foi 1h30, porque os equipamentos as vezes insistiram em não cooperar). Muitas desistências e problemas para resolver de última hora, alguns conflitos de ideias, mas que sempre resolvemos conversando e ponderando as decisões. Equipamentos quebrados e tudo mais que aconteceram nestes anos, que nos fizeram criar novos planos quase que semanalmente. Mas conseguimos ser fortes e concluir com maestria este projeto, tivemos muitas quedas, mas também tivemos muitas vitórias. Eu sempre estarei aqui torcendo por cada conquista de vocês, como sei que também estarão pelas minhas. Meu muito obrigada! E se hoje me perguntassem se eu mudaria algo nessa história, com toda certeza eu diria que não, pois se hoje consigo enxergar de forma crítica tudo o que passamos é por que passamos por todos estes ensinamentos. Hoje tenho mais que colegas de coleta eu tenho amigos para a vida!!!

Aos alunos da graduação que eu tive a sorte e o prazer de auxiliar neste período, Étore De Favari Signini, Ana Carolina Aparecida Marcondes, Rafaela Sakumotu Lozano, Juliana Aparecido Cândido. Obrigada por permitirem aprender com vocês e passar o pouco que eu consegui adquirir nestes anos. Com vocês eu aprendi a melhorar como ser humano e ter certeza que a carreira de docente é a que me completa e a que eu quero seguir na minha vida. Estarei sempre aqui para o que precisarem e é muito bom ver cada novo passo que vocês estão dando, vocês são fantásticos e merecem tudo o que sonharem!!!

Aos meus colegas do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV)/Núcleo em Pesquisas em Exercícios Físicos (NUPEF): Natália Maria Perseguini, Silvia Cristina de Moura-Tonello, Thomas Beltrame, Mariana Oliveira Gois, Vinicius Minatel, Juliana Cristina Milan-Mattos, Rodrigo Polaquini Simões, Viviane Castello-Simões, Luciana Di Thomazzo, Guilherme Arêas, Flávia Cristina Rossi Caruso Bonjorno, Camila Bianca Falasco Pantoni, Cristina Oliveira, Stephanie Nogueira Linares, Maria Cecília Moraes Frade, Gabriela Aguiar Mesquita Galdino, Claudio Donisete da Silva, Étore De Favari Signini, Camila Akemi Sakaguchi, Raphael Martins Abreu, Richard Ducatti, Bruno Araújo Ribeiro, Ana Carolina Aparecida Marcondes, Giovana Lissa Alexandre Sanches, Juliana Aparecido Cândido, Rafaela Sakumotu Lozano, Natália Schichi Valverde, entre

outras pessoas que passaram por nós nestes quatro anos. Muito obrigada por todos os ensinamentos e companheirismo. Eu aprendi muito com vocês!

A minha banca de qualificação, Cleiton Augusto Libardi e Rodrigo Polaquini Simões. Obrigada por me fazerem pensar e repensar neste projeto desde o início. Vocês me fizeram enxergar os pontos positivos e corrigir os pontos falhos, que podiam ser corrigidos. Conversar com vocês sempre é um momento de aprendizado e evolução profissional.

A minha banca de defesa, Valéria Amorim Pires Di Lorenzo, Cleiton Augusto Libardi, Pedro Dal Lago, Marlus Karsten, por todas as contribuições e questionamentos realizados, que nos proporcionaram olhar para este trabalho com outros olhos. Muito obrigada!

A Profa. Dra. Ester da Silva e a Profa. Dra. Audrey Borghi-Silva, por todos os ensinamentos e apoio dado neste período, bem como o empréstimo de equipamentos (Ergoespirometro Ultima CPXD e Resistor Inspiratório PowerBreathe K5, respectivamente) que foram essenciais para a continuação e finalização deste projeto.

A Profa. Dra. Tatiana de Oliveira Sato, que durante todo o planejamento e execução deste projeto me auxiliou com todas as minhas dúvidas de estatística. Muito obrigada por toda paciência e atenção!!!

À CAPES e ao CNPq, por financiarem este projeto durante os seus três anos de execução. À FAPESP por nos ajudar nas publicações e a dar continuidade a este projeto.

Aos funcionários e docentes do Departamento de Fisioterapia (Dfisio) e do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar (PPG-Ft). Agradeço por todo o suporte durante estes anos de estudo e muito trabalho. Sem os cafés, confraternizações, amizades adquiridas, apoio e incentivo, eu não teria chegado até aqui. Muito obrigada!!!

A comissão discente (2017), Stephanie Nogueira Linares, Clara Monteiro Italiano, Maria Cecília Frade, Marcela Carvalho, Shirley Moreira da Silva, Bruna Silva Marques, Adalberto Felipe Martinez, Dayana Rosa, Germanna Medeiros, Jéssica Bianca Aily, Marina Machado Cid, Viviane, Camila Gâmbaro, Cristina Camargo de Oliveira, Natalia Barbosa Tossini, Cintia Cristina Santi Martignago, Mikaela da Silva Corrêa. Obrigada por sonharem comigo e me ajudarem a mostrar que nós podemos fazer coisas fantásticas

pelo nosso programa e por nossas futuras carreiras, todas as classes juntas são mais fortes e capazes de construir um futuro ainda mais brilhante.

As minhas amigas, Tamara Rodrigues, Lara Röhm, Ana Paula Machado, Andriette Turi, Mariana Poveda de Oliveira Santo, Marcele Buto, Adriana Sagawa. Muito obrigada pelo ombro amigo e por todo suporte emocional e físico que vocês me deram neste período. Amo vocês!

Aos participantes deste estudo. Sem a disposição, perseverança e paciência de vocês este sonho nunca teria se concretizado. Este projeto é para vocês e por vocês! Meu muito obrigada!

À Profa. Dra Paula Regina Mendes da Silva Serrão, Natália Barbosa Tossini, Cristiane de Sousa Melo, Bruna Nascimento, Paula Fernanda, André Simões, Victor Leme e Lara Röhm, que me ajudaram a superar um dos últimos desafios deste período. Literalmente, se essa tese foi digitada e finalizada, foi porque vocês me deram a mão e me auxiliaram durante a minha reabilitação. Vocês são muito especiais e ficaram guardados eternamente em meu coração e em minhas preces. Muito obrigada!!!

“O período de maior ganho de conhecimento e experiência  
é o período mais difícil da vida de alguém”.

Dalai Lama

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei  
para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser,  
mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

## RESUMO

**Introdução:** O treinamento muscular inspiratório (TMI) tem trazido grandes benefícios para melhora do desempenho físico em indivíduos saudáveis e ativos. Contudo, não há consenso em relação a melhor carga de treinamento para esta população. **Objetivo:** Avaliar o efeito da pressão inspiratória crítica (PThC) no desempenho físico e nas respostas cardiovasculares, respiratórias e metabólicas em ciclistas recreacionais. **Métodos:** Trinta e um homens ciclistas recreacionais (20 a 40 anos) foram aleatorizados em Grupo Sham (6cmH<sub>2</sub>O)(GS, n=10), Grupo PThC (GPC, n=10) e Grupo 60% da pressão inspiratória máxima (PI<sub>MÁX</sub>)(G60, n=10), levando-se em consideração a faixa etária e a capacidade funcional aeróbia. Todos os participantes foram submetidos as seguintes avaliações: teste de função pulmonar, teste de força muscular respiratória (FMR), teste de exercício cardiopulmonar (TECP), teste de resistência muscular inspiratória incremental (RMIi) [pressão respiratória máxima sustentada por 1 minuto (PTh<sub>MÁX</sub>)], utilizando um resistor inspiratório de carga linear (PowerBreathe K5). Durante as avaliações foram captados os sinais de ECG (BioAmp FE132), pressão de pulso periférico, batimento a batimento (Finometer Pro) e movimentos torácicos por meio de uma cinta torácica (Marazza) e as respostas ventilatórias e metabólicas, por meio de um sistema de medidas de gases expirados (ULTIMA MedGraphics /VMAX Encore 29). O TMI teve duração de 11 semanas (3 vezes/semana e 55 minutos/sessão). Os dados foram analisados por testes estatísticos específicos (paramétricos ou não paramétricos) de acordo com a distribuição dos dados e suas respectivas variâncias. Foi estabelecido  $p < 0,05$ . **Resultados:** A PThC foi capaz de aumentar a potência pico, avaliada no TECP; bem como, a força e resistência muscular inspiratória. Já 60% da PI<sub>MÁX</sub> aumentou a potência e o consumo de oxigênio pico (VO<sub>2PICO</sub>), avaliadas no TECP e a força muscular inspiratória. Todos os grupos de treinamento foram capazes de aumentar a PI<sub>MÁX</sub> e PTh<sub>MÁX</sub>, porém nenhuma foi capaz de alterar o padrão respiratório e a função pulmonar dos participantes, após o treinamento. **Conclusão:** O TMI realizado com a PThC parece ser melhor para o ganho de força e resistência muscular inspiratória e a carga de 60% da PI<sub>MÁX</sub> melhor para o aumento do VO<sub>2PICO</sub>. Sendo assim, ambas as cargas (PThC e 60% da PI<sub>MÁX</sub>) geraram melhora do desempenho físico de ciclistas recreacionais.

**Palavras-Chaves:** Exercício Físico. Fisioterapia. Desempenho Físico. Potência Crítica. Músculos Respiratórios.

## ABSTRACT

**Introduction:** Inspiratory muscle training (IMT) has brought great benefits for improving physical performance in healthy and active individuals. However, there is no consensus regarding the better training load for this population. **Objective:** To evaluate the effect of critical inspiratory pressure (PThC) on physical performance and cardiovascular, respiratory and metabolic responses in recreational cyclists. **Methods:** Thirty-one men recreational cyclists (20-40 years old) were randomized to Sham Group (6cmH<sub>2</sub>O)(SG, n = 10), PThC Group (CPG, n = 10) and Group 60% of maximal inspiratory pressure (MIP) (60G, n = 10), taking into account age group and aerobic functional capacity. All participants were submitted to the following evaluations: pulmonary function test, respiratory muscle strength test (RMS), cardiopulmonary test (CPET), incremental inspiratory muscle endurance test (IMEi) [maximal sustained respiratory pressure for 1 minute (PTh<sub>MAX</sub>)], using a linear load inspiratory resistor (PowerBreathe K5). During the evaluations, ECG (BioAmp FE132), peripheral pulse pressure, beat-to-beat (Finometer Pro) and thoracic movements were recorded using a chest strap (Marazza) and ventilatory and metabolic responses, using a system of expired gas measurements (ULTIMA MedGraphics/VMAX Encore 29). IMT lasted 11 weeks (3 times/week and 55 minutes/session). The data were analyzed by specific statistical tests (parametric or non-parametric) according to the data distribution and their respective variances. It will be established  $p < 0.05$ . **Results:** The PThC was able to increase the peak power, evaluated in the CPET and inspiratory muscle strength and endurance. On the other hand, 60% of MIP increased peak power and peak oxygen consumption (VO<sub>2PEAK</sub>), assessed by CPET and IMS. All loads were able to increase MIP and PTh<sub>MAX</sub>, but none were able to change participants' breathing patterns or function pulmonary, after training. **Conclusion:** The IMT performed with PThC seems to be better for strength gain and inspiratory muscle endurance and the load of 60% of MIP better for increasing VO<sub>2PEAK</sub>. However, both loads (PThC and 60% of MIP) lead to improved performance of recreational cyclists.

**Keywords:** Physical Exercise. Physiotherapy. Physical Performance. Critical Power. Respiratory Muscles.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Linha temporal dos protocolos experimentais. ....	34
<b>Figura 2.</b> Ilustração da disposição dos equipamentos utilizados durante teste de exercício cardiopulmonar (TECP). ....	36
<b>Figura 3.</b> Ilustração do protocolo de determinação da pressão respiratória crítica. ....	38
.....	38
<b>Figura 4.</b> Ilustração da disposição dos equipamentos utilizados durante o protocolo de carga incremental respiratório .....	39
<b>Figura 5.</b> Ilustração do protocolo de treinamento muscular inspiratório.....	41
<b>Figura 6.</b> Fluxograma de perdas. ....	56
<b>Figura 7.</b> Alterações da classificação funcional aeróbica após 11 semanas de treinamento muscular inspiratório, nos grupos avaliados.....	59
<b>Figura 8.</b> Fluxograma de perdas do capítulo 3. ....	74
<b>Figura 9.</b> Efeito do treinamento muscular inspiratório na força e resistência muscular inspiratória.....	77

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização da amostra. ....	58
<b>Tabela 2.</b> Respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas a 11 semanas de treinamento muscular inspiratório, durante o teste de exercício cardiopulmonar em ciclistas recreacionais. ....	60
<b>Tabela 3.</b> Caracterização dos participantes e dados basais. ....	75
<b>Tabela 4.</b> Efeito do treinamento muscular inspiratório na função pulmonar de ciclistas recreacionais. ....	78
<b>Tabela 5.</b> Efeito do treinamento muscular inspiratório no padrão respiratório de ciclistas recreacionais. ....	80
<b>Tabela 6.</b> Progressão das cargas de treinamento muscular inspiratório .....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CI	Capacidade Inspiratória
CONSORT	<i>Consolidated Standards of Reporting Trials</i>
CVF	Capacidade Vital Forçada
CVL	Capacidade Vital Lenta
DC	Débito Cardíaco
DFISIO	Departamento de Fisioterapia
DXA	<i>Dual-energy X-ray Absorptiometry</i>
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FEF <sub>MAX</sub>	Fluxo Expiratório Forçado Máximo
FR	Frequência Respiratória
FMI	Força Muscular Inspiratória
FMR	Força Muscular Respiratória
G60	Grupo 60% da Pressão Inspiratória Máxima
GPC	Grupo Pressão Inspiratória Crítica
GS	Grupo Sham
IMC	Índice de Massa Corporal
LAv	Limiar Aeróbico Ventilatório
LFCV	Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular
MMI	Metaborreflexo Muscular Inspiratório
NUPEF	Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico
OUES	Eficiência Respiratória para o Consumo de Oxigênio

PAS	Pressão Arterial Sistólica
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PC	Potência Crítica
PCR	Ponto de Compensação Respiratória
PCRu	Proteína C reativa
PE <sub>MÁX</sub>	Pressão Expiratória Máxima
PETO <sub>2</sub>	Pressão Parcial de oxigênio expirado
PETCO <sub>2</sub>	Pressão Parcial de gás carbônico ao final da expiração
PFP	Prova de Função Pulmonar
PI <sub>MÁX</sub>	Pressão Inspiratória Máxima
PThC	Pressão Inspiratória Crítica
PTh <sub>MÁX</sub>	Pressão Inspiratória mantida por pelo menos 1 minuto
RER	Taxa de Troca Respiratória
RMI	Resistência Muscular Inspiratória
RMI	Resistência Muscular Inspiratória
RMIi	Resistência Muscular Inspiratória Incremental
RVP	Resistência Vascular Periférica
SPIRIT <i>Trials</i>	<i>Standard Protocol Items: Recommendations for Interventional Trials</i>
Te	Tempo Expiratório
TECP	Teste de Exercício Cardiopulmonar
Ti	Tempo Inspiratório
T <sub>LIM</sub>	Tempo Limite

TMI	Treinamento Muscular Inspiratório
TT	Tempo Total
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
USE	Unidade Saúde Escola
VC	Volume Corrente
VE	Ventilação Minuto
VE/VO <sub>2</sub>	Equivalente ventilatório para o Consumo de Oxigênio
VE/VCO <sub>2</sub>	Equivalente Ventilatório para Produção de Gás Carbônico
VE/VCO <sub>2</sub> SLOPE	Eficiência Respiratória para a Produção de Gás Carbônico
VEF <sub>1</sub>	Volume Expiratório Final no primeiro minuto
VL	Vasto Lateral
VO <sub>2</sub>	Consumo de Oxigênio
VRE	Volume de Reserva Expiratória
VS	Volume Sistólico
VVM	Ventilação Voluntária Máxima
W	Constante de Curvatura
W <sub>LIM</sub>	Trabalho Máximo Limite

## LISTA DE SIMBOLOS

$\Delta$	Delta
$<$	Menor
$\beta$	<i>Power</i>

## SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	23
2	CAPÍTULO I: HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO EXPERIMENTAL.	27
2.1	INTRODUÇÃO	28
2.2	Objetivos	30
2.2.1	Objetivo geral	30
2.2.2	Objetivos específicos	30
2.3	Materiais e Métodos	30
2.3.1	Desenho do estudo	30
2.3.2	Participantes	31
2.3.3	Aspectos éticos	32
2.3.4	Planejamento do estudo	32
2.3.4	Avaliação clínica, nutricional e caracterização da amostra	33
2.3.5	Protocolo experimental	33
2.3.6	Teste de força muscular respiratória	34
2.3.7	Monitorização do teste de exercício cardiopulmonar (TECP) e de determinação da pressão inspiratória crítica (PThC)	39
2.3.8	Treinamento muscular inspiratório	40
2.3.9	Análise Estatística	42
2.4	DISCUSSÃO	43
2.5	CONTRIBUIÇÕES PARA A ÁREA DA SAÚDE E RESULTADOS ESPERADOS	45
2.6	RESULTADOS	45
3	CAPÍTULO II: EFEITO DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE AS VARIÁVEIS DO TESTE DE EXERCÍCIO CARDIOPULMONAR.	46
3.1	INTRODUÇÃO	47
3.2	Materiais e Métodos	48
3.2.1	Desenho do Estudo	48
3.2.2	Recrutamento dos Participantes e Aspectos Éticos	48
3.2.3	Participantes	49
3.2.4	Avaliação clínica e caracterização da amostra	49

3.2.5	Protocolo experimental	50
3.2.6	Treinamento muscular inspiratório	53
3.2.7	Análise Estatística	54
3.3	Resultados	55
3.4	Discussão	62
3.4.1	Desempenho Físico	62
3.4.2	Respostas Cardiovasculares, Respiratórias e Metabólicas	63
3.4.3	Limitações do Estudo	64
3.4.4	Implicações Clínicas	64
3.4.5	Conclusão	65
4	<b>CAPÍTULO III: EFEITO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE AS RESPOSTAS VENTILATÓRIAS.</b>	66
4.1	INTRODUÇÃO	67
4.2	MÉTODOS	67
4.2.1	Classificação do estudo	67
4.2.2	Aspectos éticos e desenho do estudo	67
4.2.3	Participantes	68
4.2.4	Avaliação clínica e caracterização da amostra	69
4.2.5	Protocolo Experimental	69
4.2.6	Treinamento muscular inspiratório (TMI)	71
4.2.7	Análise estatística	72
4.3	RESULTADOS	73
4.3.1	Participantes estudados	73
4.3.2	Função pulmonar, padrão respiratório, força muscular respiratória e resistência muscular inspiratória	76
4.4	DISCUSSÃO	81
4.4.1	Força muscular inspiratória	81
4.4.2	Resistência Muscular Inspiratória	81
4.4.3	Função Pulmonar	82
4.4.4	Padrão Respiratório	82
4.4.5	Limitações	83
4.4.6	Prática Clínica	83

4.5 CONCLUSÃO _____	83
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS _____	84
6. REFERÊNCIAS _____	85
ANEXO A _____	91
Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos. _____	91
APÊNDICE 1 _____	95
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). _____	95
APÊNDICE 2 _____	101
Atividades desenvolvidas durante a execução da Tese. _____	101

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os resultados positivos gerados pela utilização do treinamento muscular inspiratório (TMI) em indivíduos saudáveis ativos e não ativos vem transformando este tipo de intervenção em uma das mais estudadas nas últimas décadas (CAHALIN; ARENA, 2015; HAJGHANBARI et al., 2013; KARSTEN et al., 2018; SALES et al., 2016). O TMI já utilizado como parte integrante da reabilitação cardiorrespiratória e em indivíduos com fraqueza muscular inspiratória (EDWARDS, 2013; GETHING; PASSFIELD; DAVIES, 2004) surge atualmente como uma alternativa para melhorar o desempenho esportivo de atletas amadores e de elite, por meio da diminuição da sensação subjetiva de esforço respiratório (dispneia) nestes indivíduos (FAIRBARN et al., 1991; HOLM; SATTLER; FREGOSI, 2004; JAKOVLJEVIC; MCCONNELL, 2009; JOHNSON; SHARPE; BROWN, 2007; KILDING; BROWN; MCCONNELL, 2010; MICKLEBOROUGH et al., 2009; SONETTI et al., 2001; WELLS et al., 2005; WYLEGALA et al., 2007).

Já é bem estabelecido que a dispneia e a fadiga muscular periférica são os principais responsáveis pela interrupção do exercício físico, tanto em indivíduos saudáveis como em pacientes com doenças cardiorrespiratórias (DEMPSEY et al., 2006, 2008; JANSSENS et al., 2013; SHEEL et al., 2001). A dispneia ocorre, entre outros fatores, devido à presença precoce de limitação ao fluxo expiratório, desencadeado por uma hiperinsuflação dinâmica induzida pela atividade física, levando a uma redução da eficiência do trabalho respiratório, gerando a sensação de dispneia (BABB, 2013; DEMPSEY et al., 2006; HAUTMANN et al., 2000; HILL et al., 2007; JOHNSON; COWLEY; KINNEAR, 1996; SMITH et al., 2014). Já a fadiga muscular periférica pode ser desencadeada pela ativação do mecanismo de metaborreflexo muscular inspiratório, que se caracteriza pelo redirecionamento do fluxo sanguíneo destinado a musculatura ativa, durante a atividade física, para a musculatura respiratória levando a uma fadiga periférica e consequente interrupção do exercício (AMANN, 2012; BAILEY et al., 2010; DEMPSEY et al., 2002; JONES; KILLIAN, 2000).

Ressalta-se que durante o exercício físico os sistemas pulmonar, cardiovascular e musculoesquelético devem trabalhar de forma coordenada, com o intuito de promover adequada ventilação alveolar, troca gasosa eficiente com baixo gasto energético e bom desempenho físico (NEDER; NERY, 2003; SHEEL; GUENETTE, 2008; WASSERMAN, 2012). Portanto, a realização do TMI se faz necessário a fim de otimizar

o funcionamento do sistema respiratório e retardar o aparecimento da dispneia e da ativação do metaborreflexo, como já descrito por diversos estudos (CAHALIN et al., 2013; CAHALIN; ARENA, 2015; HAJGHANBARI et al., 2013; KARSTEN et al., 2018), levando a melhora do desempenho físico.

Porém, apesar do grande número de estudos que avaliam a eficiência do TMI, ainda existe uma grande incógnita na literatura relacionada à escolha do melhor protocolo para cada população e objetivo de treinamento. Dessa forma, se faz necessário a realização de novos estudos que visem estabelecer a melhor carga, duração e frequência de treinamento para indivíduos saudáveis ativos, e que promovam adaptações centrais e periféricas auxiliando na regulação da atividade dos músculos respiratórios (KARSTEN et al., 2018; STURDY et al., 2003).

Dentre estes parâmetros, o mais estudado é a carga de treinamento, porém ainda não existe um consenso sobre qual é a melhor carga a ser utilizada. Assim, estudos presentes na literatura têm utilizado mais frequentemente a medida de força muscular inspiratória (FMI), sendo que a porcentagem da pressão inspiratória máxima ( $PI_{MÁX}$ ) é a variável mais utilizada para o estabelecimento das cargas de treinamento (HILL et al., 2007; STURDY et al., 2003). No entanto, além da FMI é necessário considerar também a resistência muscular inspiratória (RMI), pois juntas elas podem gerar maiores ajustes sistêmicos, levando a melhora do desempenho físico, visto que a musculatura respiratória se destaca dos demais músculos do corpo humano, devido a sua grande capacidade de resistência (POWERS et al., 1992).

Segundo a revisão de Hajghanbari et al. (2013) as cargas de treinamento apresentadas nos estudos incluídos no mesmo variaram entre 50% e 80% da  $PI_{MÁX}$ . Já na revisão escrita por Janssens et al. (2013), os autores concluíram que mudanças na força muscular inspiratória (FMI) foram mais significativas nos treinamentos com cargas entre 60% e 80% da  $PI_{MÁX}$ . Observando os estudos escolhidos por estas revisões, nota-se que a maioria dos que apresentaram bons resultados em relação ao TMI, utilizaram a carga de 60% da  $PI_{MÁX}$ . Contudo, dentro do nosso conhecimento, ainda não foram encontrados na literatura proposição de novos métodos que utilizem a RMI, conjuntamente com a FMI, para a determinação da carga de treinamento.

Ressalta-se que, em estudo prévio do nosso Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV), vinculado a um doutorado e ao Processo CNPq 480067/2012-0 – Edital Universal, foi proposto determinar a pressão inspiratória crítica (PThC) de homens jovens e de meia idade aparentemente saudáveis, bem como avaliar as respostas

cardiovasculares, respiratórias, autonômicas e metabólicas durante os testes RMI (MINATEL, 2017). Esta nova metodologia foi baseada no conceito de potência crítica (PC) definida como o trabalho máximo ( $W_{LIM}$ ) onde pode ser mantido um exercício por um longo período – tempo limite ( $T_{LIM}$ ) sem que apareçam sinais de fadiga (HILL, 1993; MONOD; SCHERRER, 1965) ou como a carga onde as vias aeróbica e anaeróbica são recrutadas conjuntamente (JONES et al., 2010).

A determinação da PThC é realizada pelo gráfico trabalho total (abscissa) pelo tempo total até a exaustão (ordenada), de múltiplos exercícios executados até a fadiga. Feito isso, é realizada uma regressão linear dos pontos para identificar a constante de curvatura ( $W^{\circ}$ ) e a PThC é determinada como o ponto em que a reta cruza a abscissa. Esta relação trabalho-tempo é definida por uma função hiperbólica, em que o *slope* representa a função aeróbica e o intercepto em y ( $W^{\circ}$ ), a capacidade de trabalho anaeróbico, ou seja, o trabalho máximo que pode ser realizado usando a energia armazenada no músculo ativo (trifosfato de adenosina, fosfocreatina, glicogênio e oxigênio ligado a mioglobina) (MORITANI et al., 1981; VANHATALO; DOUST; BURNLEY, 2007). Além disso, deve-se destacar que para sua determinação é utilizado tanto a FMI como a RMI, esta última pela avaliação da PThMÁX, que representa a máxima carga que o indivíduo consegue sustentar por pelo menos 1 minuto (DALL'AGO et al., 2006; EASTWOOD et al., 1998; NEVES et al., 2012, 2014b).

Os principais resultados do estudo de Minatel et al. (2015) foram apresentados no Congresso *European Respiratory Society (ERS) 2015 – International Congress*. Assim, foram observados que a percentagem da PThC é semelhante a outros valores de PC presentes na literatura; sendo que a PThC e o porcentual da PThMÁX foram influenciados pela idade. O que sugere que o conceito de PThC pode ser aplicado como uma nova ferramenta de TMI, uma vez que este método leva em consideração a FMI e RMI, conjuntamente. Outra informação importante apresentada na Tese de Vinicius Minatel (MINATEL, 2017) é que a PThC equivale a aproximadamente 80% da PIMÁX (índice de FMI) e a 90% da PTHMÁX (índice de RMI).

Além disso, durante a proposição de uma nova carga de treinamento é necessário a comparação dos resultados desta nova metodologia com as demais cargas presentes na literatura, para esclarecer qual é a melhor intensidade de treinamento para determinada população e definir as respostas geradas por este treinamento, nos principais sistemas envolvidos: sistema cardiovascular, respiratório e metabólico, que compõem as engrenagens do exercício físico; como também para identificar mecanismos de controle

destas respostas. O estudo das respostas das variáveis cardiovasculares, como da frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica e diastólica (PAS e PAD, respectivamente), débito cardíaco (DC), volume sistólico (VS) e resistência vascular periférica (RVP) são essenciais para a identificação da demanda gerada pelo exercício para o sistema cardiovascular e são recursos poucos avaliados em protocolos de testes de RMI e FMI, bem como para a avaliação do efeito do TMI. Outro comportamento que deve ser estudado para se propor um TMI é a avaliação das respostas respiratórias, já que os artigos de revisão mostram que o TMI pode melhorar tanto a  $PI_{MÁX}$ , como a RMI e a ventilação voluntária máxima (VVM) (HAJGHANBARI et al., 2013).

Tendo em vista estes apontamentos foram produzidos para esta tese três manuscritos, sendo eles:

1) “*Critical inspiratory pressure – a new methodology for evaluating and training the inspiratory musculature for recreational cyclists: study protocol for a randomized controlled trial*”, aprovado pelo periódico *TRIALS* e que teve como principal objetivo esclarecer alguns pontos relacionados a construção do protocolo experimental, bem como apontar as hipóteses que se pretendiam esclarecer com a aplicação deste desenho experimental;

2) “*Inspiratory muscle training alters the physical performance of recreational cyclists: a randomized controlled clinical study*”, a ser submetido ao periódico *Physical Therapy in Sports*, que objetivou avaliar qual a melhor intensidade de treinamento muscular inspiratório para a melhora do desempenho de ciclistas recreacionais;

3) “*Critical inspiratory pressure promotes greater inspiratory muscle strength and endurance in recreational cyclists. A double randomized controlled trial*”, submetido ao periódico *British Journal of Sports Medicine*, este manuscrito teve como objetivo esclarecer o efeito de diferentes intensidades de treinamento muscular inspiratório para respostas respiratórias, em ciclistas recreacionais.

## 2      **CAPÍTULO I: HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO EXPERIMENTAL.**

Parte das informações com adição de ilustrações e detalhamento da descrição da triagem, avaliação dos participantes e análise de dados, aqui apresentadas, estão presentes no manuscrito intitulado: “*Critical inspiratory pressure – a new methodology for evaluating and training the inspiratory musculature for recreational cyclists: study protocol for a randomized controlled trial*”. Autores: Patrícia Rehder-Santos; Vinicius Minatel; Juliana Cristina Milan-Mattos; Étore De Favari Signini; Raphael Martins de Abreu; Carla Cristina Dato; Aparecida Maria Catai, que foi aceito para publicação no periódico **TRIALs** (Fator de impacto: 1.291 e Qualis: A1).

## 2.1 INTRODUÇÃO

O treinamento muscular inspiratório (TMI) tem apresentado resultados positivos para a melhora do condicionamento físico e desempenho esportivo em indivíduos saudáveis (CAHALIN; ARENA, 2015; HAJGHANBARI et al., 2013; KARSTEN et al., 2018; SALES et al., 2016). No entanto, os parâmetros de TMI utilizados para esta população foram adaptados dos parâmetros utilizados na reabilitação cardiopulmonar (KARSTEN et al., 2018) e pouco se sabe sobre qual é o melhor protocolo para a população saudável, que considere seus objetivos e metas de treinamento.

Assim, novos estudos devem ser realizados com o objetivo de estabelecer qual a melhor carga (intensidade), duração e frequência para o treinamento de indivíduos ativos saudáveis, para promover adaptações centrais e periféricas, que sejam capazes de ajudar a regular a atividade muscular inspiratória (KARSTEN et al., 2018; STURDY et al., 2003). Dentre estes parâmetros o mais estudado é a carga de treinamento, mas ainda não existe um consenso de qual a melhor carga para ser utilizada (HAJGHANBARI et al., 2013; SALES et al., 2016). Assim, estudos na literatura tem utilizado medidas de força muscular inspiratória (FMI), sendo as porcentagens da pressão inspiratória estática máxima ( $PI_{MÁX}$ ) as mais utilizadas para prescrever as cargas de treinamento (HAJGHANBARI et al., 2013; SALES et al., 2016). Entretanto, assim como a FMI, a resistência muscular inspiratória (RMI) também deve ser considerada para determinação da carga do treinamento inspiratório, já que juntas elas podem gerar maiores ajustes sistêmicos, levando a uma melhora no desempenho físico, já que os músculos inspiratórios se destacam dos outros músculos devido à sua grande resistência (POWERS et al., 1992).

De acordo com Hajghanbari et al. (2013), as cargas de treinamento apresentadas nos estudos citados nesta revisão variaram entre 50% e 80% do  $PI_{MÁX}$ . Já, em uma revisão realizada por Janssens et al. (2013), os autores concluíram que as mudanças na FMI foram mais significativas no treinamento com cargas entre 60% e 80% da  $PI_{MÁX}$ . Assim, muitos dos estudos tem mostrado bons resultados em relação ao TMI utilizando 60% da  $PI_{MÁX}$  (HAJGHANBARI et al., 2013; JANSSENS et al., 2013). No entanto, até onde sabemos, não foram sugeridos métodos, na literatura, que visem a utilização da FMI e a RMI para determinar a carga de TMI.

Baseado nisso, foi proposto por nosso grupo a determinação da pressão inspiratória crítica (PThC) em indivíduos saudáveis jovens e de meia idade durante o teste de RMI (MINATEL, 2017). Essa nova metodologia para determinação da carga de

treinamento foi baseada no conceito de potência crítica (PC) definida como o trabalho limite ( $W_{LIM}$ ) onde um exercício pode ser mantido por um longo período de tempo ( $T_{LIM}$ ) sem sinais de fadiga (HILL, 1993; MONOD; SCHERRER, 1965) ou como a intensidade onde as vias aeróbica e anaeróbica são recrutadas conjuntamente (JONES et al., 2010).

A determinação de PThC é realizada pelo gráfico total do trabalho (abscissa) para o tempo total até a exaustão (ordenada), de múltiplas intensidades de exercício até a fadiga (JONES et al., 2010). Feito isso, é realizada uma regressão linear dos pontos para identificar a constante de curvatura ( $W'$ ) e a PThC é determinada como o ponto no qual a linha intercepta a abscissa (HILL, 1993; MONOD; SCHERRER, 1965). Essa relação tempo-trabalho é definida por uma função hiperbólica, na qual a inclinação representa a função aeróbia e a interceptação em y ( $W'$ ), a capacidade anaeróbica de trabalho, ou seja, a carga máxima que pode ser executada usando energia armazenada no músculo ativo (trifosfato de adenosina, fosfocreatina, glicogênio e oxigênio ligado à mioglobina) (MORITANI et al., 1981; VANHATALO; DOUST; BURNLEY, 2007). Além disso, deve-se notar que ambos FMI e RMI são usadas para determinar a PThC; sendo que a RMI tem sido avaliada pela  $PTh_{MÁX}$ , que representa a carga máxima de trabalho que o indivíduo pode sustentar por pelo menos 1 minuto (DALL'AGO et al., 2006; EASTWOOD et al., 1998; NEVES et al., 2012, 2014b).

Considerando-se a observação de que a porcentagem de PThC é semelhante a outros valores de PC encontrados na literatura, onde o PThC e o percentual de  $PTh_{MÁX}$  foram influenciados pela idade (MINATEL, 2017), isto sugere que o conceito de PThC pode ser aplicado como uma nova ferramenta para determinação da carga para o TMI, bem como trazer resultados adicionais aos encontrados utilizando os protocolos tradicionais, pois este método considera para a sua determinação tanto a FMI, como a RMI (MINATEL, 2017).

Além disso, durante a proposição de uma nova carga de treinamento, os resultados desta nova metodologia precisam ser comparados com as outras cargas encontradas na literatura, para esclarecer qual a melhor intensidade de treinamento para uma dada população, bem como esclarecer as respostas geradas pela utilização das cargas estudadas, nos principais sistemas envolvidos, como: sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico.

Sendo assim, a hipótese deste estudo é que o TMI utilizando a PThC consiga gerar demandas cardiovasculares, respiratórias e metabólicas maiores que o TMI utilizando 60% da  $PI_{MÁX}$  e maiores que o grupo Sham, de forma que este promova: aumento do

consumo de oxigênio pico ( $VO_{2PICO}$ ), devido a utilização de uma carga de intensidade moderada a alta que pode ser realizada por um longo período de tempo (JONES et al., 2010); uma melhor eficiência dos sistemas respiratório, cardiovascular e musculoesquelético, que podem contribuir para um melhor desempenho físico de atletas amadores; um maior ganho da carga de trabalho (Watts) no teste de exercício cardiopulmonar (TECP), avaliados antes, durante e após o TMI e que representam a capacidade funcional aeróbica dos participantes; maior ganho da pressão inspiratória máxima ( $PI_{MÁX}$ ) e da resistência muscular inspiratória (RMI); melhora das variáveis espirométricas; diminuição da sensação de dispneia e da sensação de fadiga periférica, avaliadas pelo índice de percepção ao esforço (BORG CR/10).

## **2.2 Objetivos**

### **2.2.1 Objetivo geral**

Comparar o efeito do TMI utilizando a PThC em comparação ao 60% da  $PI_{MÁX}$  e Sham (6 cmH<sub>2</sub>O), na melhora da capacidade funcional aeróbica ( $VO_{2PICO}$ ) e da carga de trabalho máxima em Watts, avaliadas durante o TECP, em ciclistas recreacionais.

### **2.2.2 Objetivos específicos**

Avaliar as respostas cardiovasculares (FC, PAS, PAD, VS e RVP), respiratórias [ $PI_{MÁX}$ , variáveis espirométricas, ventilação (VE), produção de gás carbônico ( $VCO_2$ ), índices de eficiência ventilatória] e metabólicas ( $VO_{2PICO}$ ) ao TMI, nos três grupos estudados.

## **2.3 Materiais e Métodos**

### **2.3.1 Desenho do estudo**

Trata-se de um estudo experimental, longitudinal, randomizado, controlado e duplo cego. O desenho metodológico foi baseado em *Standard Protocol Items: Recommendations for Interventional Trials* (SPIRIT).

Foi realizado o cegamento dos participantes e do pesquisador que realizou as avaliações, processamento dos dados e as análises descritivas e estatísticas. Para que fosse

possível o cegamento dos participantes optou-se pela utilização do resistor inspiratório de carga linear da marca PowerBreathe, modelo K5, já que este equipamento possui um software que permite a programação da carga de treinamento e o armazenamento de até 10 usuários ao mesmo tempo, bem como possibilita que o visor onde aparece a carga de treinamento seja tampada (neste estudo, utilizou-se fita adesiva), impedindo assim que os participantes soubessem as cargas que estavam sendo submetidos no treinamento. Outra informação relevante é que por se tratar de um equipamento que funciona pelo desbloqueio de uma válvula, o som emitido pelo mesmo é igual para todas as cargas de treinamento, diferenciando apenas a força necessária para o destravamento da mesma. Já o pesquisador cegado não participou dos treinamentos e após analisar os dados, enviou aos demais pesquisadores uma tabela, para que os mesmos codificassem os dados, para posterior caracterização da amostra e análise estatística.

### 2.3.2 Participantes

Para o cálculo do tamanho da amostra necessária para este estudo foi realizado o cálculo amostral utilizando o *software GPower* 3.1.3. Para determinar o tamanho da amostra utilizou-se o valor do tamanho do efeito médio [ $f = 0,25$ , segundo COHEN (COHEN, 1988)] para o Teste ANOVA *Two way* mista, valores de 0,05 para o erro de probabilidade do tipo I ( $\alpha$ ), de 0,80 para o erro de probabilidade do tipo II (*power* ou  $\beta$ ). Portanto, para garantir essas condições pré-estabelecidas deveriam participar deste estudo no mínimo 30 participantes analisados.

Foram avaliados 30 ciclistas recreacionais do sexo masculino, com idade entre 20 e 40 anos, que foram divididos aleatoriamente em três grupos: Grupo Sham (GS), Grupo PThC (GPC) e Grupo 60% da  $PI_{MÁX}$  (G60). Os grupos foram formados pela aleatorização estratificada dos participantes (KERNAN, 1999), considerando-se pareamento da classificação funcional aeróbia e faixa etária (subdividida em décadas – 20 a 30 e 31 a 40 anos), e para a alocação dos participantes foram utilizados envelopes pardos.

Os critérios utilizados para a seleção dos participantes foram: participantes do sexo masculino, com idades entre 20 e 40 anos, aparentemente saudáveis, que praticassem ciclismo por pelo menos 6 meses ininterruptos e pelo menos 150 min semanais [classificados como ativos pelo AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (GARBER et al., 2011)]. Foram excluídos: fumantes ou ex-tabagistas com menos de 1 ano de interrupção, etilistas, usuários de drogas ilícitas ou medicamentos que pudessem interferir nos resultados da pesquisa, participantes com anormalidades nos sistemas

cardiovascular, respiratório e musculoesquelético, bem como outros sistemas que inviabilizassem ou interferissem na realização dos testes propostos e resultados da pesquisa, obesos ( $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$ ), diabéticos, hipertensos, participantes com alterações dos exames laboratoriais; participantes com fraqueza muscular respiratória [ $PI_{MÁX} < 60\%$  do previsto (SOUZA, 2002)] e participantes que realizaram algum tipo de TMI nos últimos 12 meses.

O recrutamento dos participantes foi realizado por meio de divulgação em mídia eletrônica e impressa, bem como pelo contato a participantes que faziam parte do banco de dados do LFCV da UFSCar. Após a identificação dos participantes elegíveis, os mesmos foram convidados para participar do estudo e após a sua aceitação os mesmos realizaram todas as avaliações descritas abaixo, bem como o treinamento a que foram alocados.

### **2.3.3 Aspectos éticos**

Os participantes foram informados e orientados a respeito dos procedimentos a que foram submetidos, assim como dos métodos utilizados neste estudo e do caráter não invasivo dos experimentos. Também foram fornecidas informações aos participantes sobre o sigilo dos dados coletados durante o estudo e sobre a preservação de suas identidades. Após o esclarecimento de todas as dúvidas expostas pelos participantes e a livre aceitação em participar da pesquisa, todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (**APÊNDICE 1**), conforme as normas do Conselho Nacional de Saúde (resolução 466/2012).

O presente estudo foi conduzido de acordo com a declaração de Helsinki. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (nº 1.558.731) (**ANEXO A**) e registrado no *ClinicalTrials.gov* (NCT02984189).

### **2.3.4 Planejamento do estudo**

Os testes e procedimentos experimentais foram realizados no LFCV – Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico (NUPEF), do Departamento de Fisioterapia (DFisio) e os testes ergométricos clínicos no serviço de Fisioterapia em Cardiologia da Unidade Saúde Escola (USE), ambos localizados na UFSCar, campus de São Carlos. Já os exames laboratoriais foram realizados no Laboratório de Análises Clínicas da UNIMED de São Carlos (UNILAB) e as avaliações nutricionais no consultório da nutricionista Carla Dato.

As condições ambientais foram controladas, sendo que a temperatura ambiente foi mantida entre 21 e 24°C e a umidade relativa do ar entre 40 e 60%. Os testes foram realizados sempre no período vespertino, considerando a influência do ciclo circadiano nos resultados das avaliações. Além disso, os participantes foram orientados, para que na véspera e no dia dos testes e avaliações não ingerirem bebidas estimulantes (chá, café, achocolatados, entre outros), evitar refeições pesadas até duas horas antes da avaliação, evitar exercícios extenuantes, dormir bem no dia anterior e apresentar-se com roupas e calçados confortáveis.

No dia da realização dos testes, previamente a aplicação dos protocolos experimentais foram observadas as condições relacionadas ao estado de saúde dos participantes. Ainda, precedendo a realização dos testes foi realizada a familiarização dos participantes com os equipamentos, manobras respiratórias e com a escala de percepção subjetiva de esforço - BORG CR/10 (1982), com a finalidade de reduzir a ansiedade dos participantes e evitar que o efeito do aprendizado interferisse nos resultados da pesquisa.

#### **2.3.4 Avaliação clínica, nutricional e caracterização da amostra**

Antes da realização dos protocolos experimentais os participantes foram submetidos às seguintes avaliações: anamnese e exame físico, eletrocardiograma (ECG) convencional de 12 derivações, teste de exercício físico clínico em esteira rolante, ambos realizados na presença de um médico cardiologista, auxiliado por um fisioterapeuta. Estes testes tiveram como finalidade a avaliação clínica e cardiovascular dos participantes.

Com o intuito de caracterizar os participantes e verificar o estado de saúde dos mesmos foram realizadas as seguintes avaliações antes do protocolo experimental: avaliação da composição corporal por *Dual-energy X-ray Absorptiometry* (DXA)(Discovery DXA System, Hologic, USA) e aplicação do questionário de atividade física (BAECKE), avaliação nutricional e realização dos exames laboratoriais [perfil lipídico, colesterol total, HDL, LDL, ureia, creatinina, glicemia de jejum, ácido úrico, resistência à insulina, proteína C reativa ultra sensível (PCRus) e hemoglobina glicada].

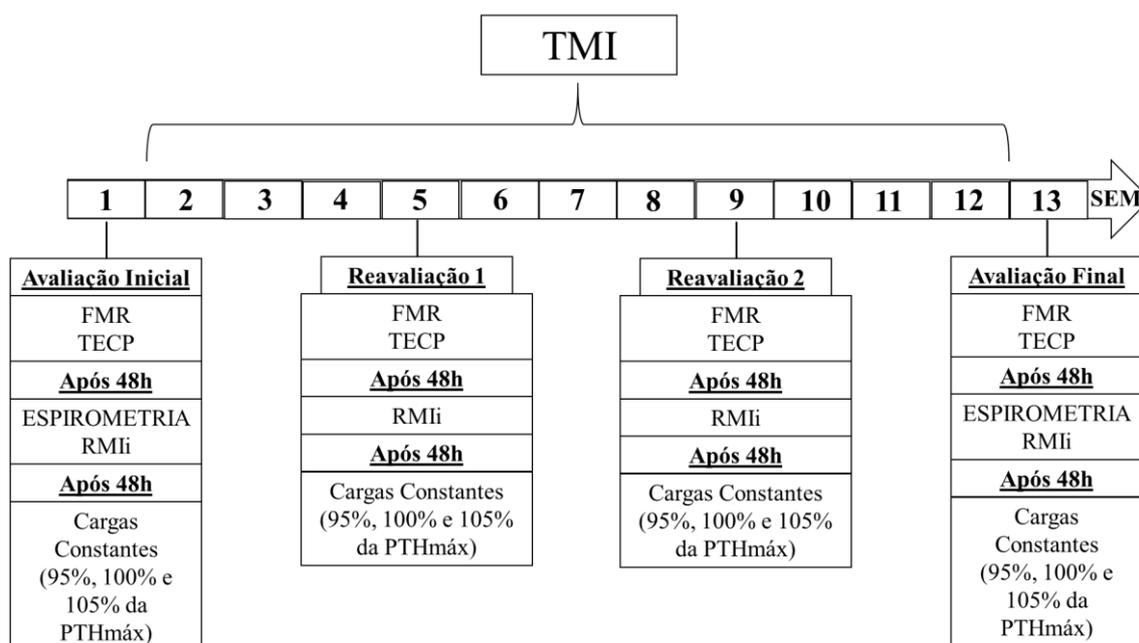
#### **2.3.5 Protocolo experimental**

O protocolo experimental foi composto de treze semanas, de acordo com o apresentado na **Figura 1**. Na primeira, quinta, nona e décima terceira semanas os participantes foram submetidos às seguintes avaliações: TECP, teste de FMR, teste de

RMi e de cargas respiratórias constantes. Já a prova de função pulmonar foi realizada apenas na primeira e décima terceira semanas do estudo. O TMI foi realizado durante 11 semanas. Ressalta-se que, durante as semanas de reavaliações os participantes continuaram a realizar o treinamento.

As reavaliações realizadas na quinta e nona semanas de treinamento tiveram como objetivo reajustar as cargas de treinamento, além de acompanhar as respostas ao TMI.

**Figura 1.** Linha temporal dos protocolos experimentais.



A duração total do treinamento foi de 13 semanas. FMR: força muscular respiratória. PTH<sub>MÁX</sub>: máxima pressão inspiratória sustentada por pelo menos 1 minuto. RMi: resistência muscular inspiratória incremental. TECP: teste de exercício cardiopulmonar. TMI: treinamento muscular inspiratório.

Fonte: Arquivo próprio do autor.

### 2.3.6 Teste de força muscular respiratória

A avaliação da força muscular respiratória foi realizada com o participante em repouso, na posição sentada, com o emprego de um manovacuômetro digital (MVD-300, Globalmed, Porto Alegre, Brasil) e um clipe nasal, de acordo com a Diretriz Brasileira para mensuração das pressões respiratórias estáticas máximas (SOUZA, 2002). Essa medida foi efetuada sempre pelo mesmo avaliador.

A PI<sub>MÁX</sub> foi determinada durante esforço inspiratório máximo, a partir do volume residual. Já a pressão expiratória máxima (PE<sub>MÁX</sub>) foi determinada durante esforço expiratório máximo, a partir da capacidade pulmonar total. Estas manobras foram

realizadas contra um tubo com extremidade distal ocluída e foi utilizada uma peça bucal com orifício de 2 mm (SOUZA, 2002). Os valores das pressões respiratórias máximas foram aqueles observados no primeiro segundo após o pico de pressão. Foram realizadas no mínimo 3 manobras, com intervalo de 30s entre cada manobra (ROMER; MCCONNELL, 2004), sendo considerados os maiores valores reprodutíveis (diferença <10%) encontrados em pelo menos três manobras. Os valores de normalidade foram baseados na equação de regressão proposta por Neder et al. (2003) para a população brasileira. Para cada parâmetro, o limite inferior da normalidade foi obtido subtraindo-se do valor previsto pela equação o produto (1,645 x erro padrão da estimativa). Foi considerada fraqueza muscular respiratória, valores de pressões estáticas <60% do predito (HAUTMANN et al., 2000; MILLER, 2005).

### ***2.3.6.1 Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP)***

O TECP foi utilizado para avaliar a capacidade aeróbia funcional dos participantes [consumo de oxigênio pico ( $VO_{2PICO}$ )] (BALADY et al., 2010), determinar o limiar de anaerobiose pelo método ventilatório ( $LAV$ ) (HIGA et al., 2007) e o ponto de compensação respiratória (PCR) (BALADY et al., 2010).

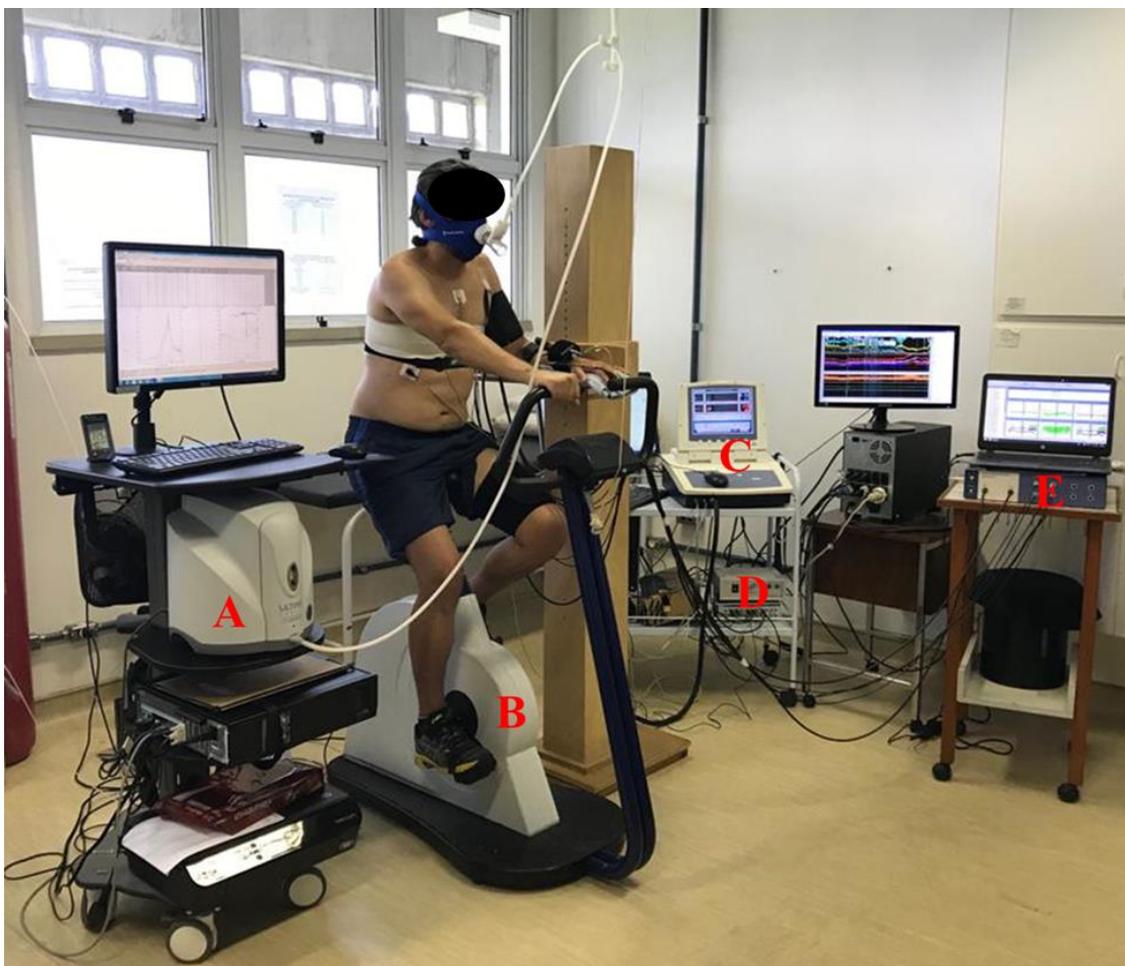
O protocolo foi realizado em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (CORIVAL V3, Lode BV, Holanda), conforme ilustrado na **Figura 2**, e consistiu em um protocolo incremental do tipo rampa, com repouso de 6 minutos, 3 minutos de aquecimento com carga livre durante 3 min, após esta etapa foi iniciado o incremento de carga a cada minuto, segundo a potência determinada para cada participante. A potência foi calculada de acordo com os valores estabelecidos pela fórmula descrita por Wasserman et al. (2012) (*Incremento de potência (W) = [(altura - idade) x N] - [150 + (6 x peso corporal)]/100*) e adaptada por um avaliador experiente de acordo com o condicionamento físico de cada participante.

Os participantes foram orientados a manter durante todo o protocolo uma cadência que variou de 60 a 80 rotações por minuto (rpm), entre os participantes e o teste teve duração entre 8 e 12 min (WASSERMAN, 2012). Três avaliadores independentes determinaram o  $LAV$  e o PCR (NOVAIS et al., 2015). O maior valor do  $VO_2$  obtido nos últimos 30 segundos do TECP foi considerado o  $VO_{2PICO}$  (BALADY et al., 2010).

Foram avaliadas as seguintes variáveis no  $LAV$  e no pico do esforço:  $VO_2$ , produção de gás carbônico ( $VCO_2$ ), taxa de troca respiratória (RER), ventilação pulmonar (VE), eficiência ventilatória para consumo de oxigênio e produção de gás carbônico

(OUES e  $VE/VCO_{2SLOPE}$ , respectivamente) (BALADY et al., 2010; CASTELLO-SIMÕES et al., 2015).

**Figura 2.** Ilustração da disposição dos equipamentos utilizados durante teste de exercício cardiopulmonar (TECP).



A: Ergoespirômetro Ultima CPX. B: Bicicleta Ergométrica. C: Finometer Pro. D: BioAmp e PowerLab. E: NIRS Oxymon III.

Fonte: Arquivo de imagem do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular, do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

### 2.3.6.2 Prova de função pulmonar

Este exame foi realizado de acordo com a Diretriz Internacional de Espirometria (“ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing”, 2002) e foi composto de provas de capacidade vital lenta e forçada (CVL e CVF) e ventilação voluntária máxima (VVM). O exame foi realizado com o auxílio de um módulo de fluxo acoplado a um sistema de medidas ventilatórias e metabólicas (ULTIMA MedGraphics – St. Paul, Minesota, USA). As variáveis analisadas foram: CVF, relação entre  $VEF_1$  e CVF ( $VEF_1/CVF$ ), CI, volume

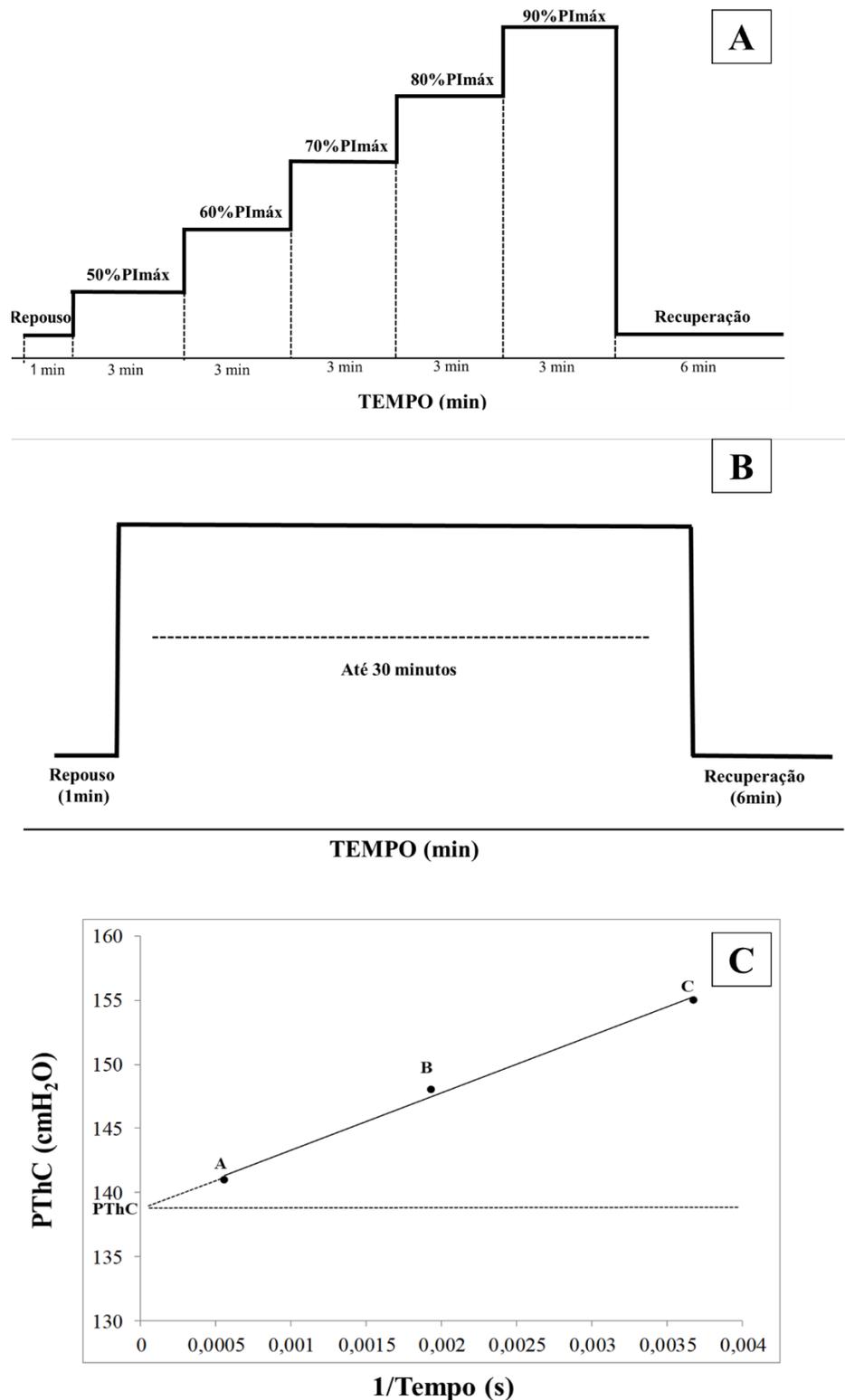
de reserva expiratório (VRE) e VVM. Os valores preditos foram calculados segundo Pereira (2002).

### ***2.3.6.3 Protocolo para determinação da pressão inspiratória crítica (PThC)***

Foi realizado um protocolo incremental com carga de 50 a 100%  $PI_{MÁX}$  (**Figura 3 – Parte A**), sendo adicionados 10% da  $PI_{MÁX}$  a cada 3 min. O participante recebeu um estímulo verbal para manutenção da frequência respiratória (FR) em 12 respirações por minuto, para evitar que o aumento da FR interferisse na percepção de carga pelo participante e o teste foi realizado até sua exaustão. Caso o teste atingisse 100% da  $PI_{MÁX}$  (o participante fosse capaz de gerar um fluxo de ar capaz de disparar o equipamento mais de uma vez nesta carga), a medida da  $PI_{MÁX}$  foi refeita e o teste repetido, após 15 minutos. Foi considerado como falha na manutenção da carga estipulada quando o sujeito foi incapaz de manter a FR em 12 respirações por minuto por pelo menos 1 minuto ou pela impossibilidade de manutenção do esforço inspiratório indicado pelo participante (BORG  $\geq 7$ ) (BORG, 1982). O maior percentual da  $PI_{MÁX}$  que o participante foi capaz de manter por pelo menos 1 min ( $PTh_{MÁX}$ ) foi estipulado como a medida de RMI (DALL'AGO et al., 2006; EASTWOOD et al., 1998; NEVES et al., 2012, 2014b).

Após foi realizado um teste de carga constante com 95%, 100% e 105% da  $PTh_{MÁX}$ , onde foi determinado o tempo limite ( $T_{LIM}$ ) de cada carga (**Figura 3 – Parte B**). Para a realização dos testes de carga constante não foi realizado o controle da FR e o mesmo foi realizado até o tempo máximo de 30 minutos (**Figura 4**). Para a determinação da PThC foi realizado a regressão linear entre as cargas dos testes de carga constante e os  $T_{LIM}$  obtidos em cada teste, onde o ponto de intercepção da reta criada no eixo y era considerado o valor da PThC (MINATEL et al., 2015). Porém, para os estudos apresentados nos capítulos 2 e 3 a PThC foi determinada pela fórmula [ $PThC = (0,97 * PTh_{MÁX}) - 6,957$ ] (MINATEL, 2017).

**Figura 3.** Ilustração do protocolo de determinação da pressão inspiratória crítica (PThC).



*PI<sub>MÁX</sub>*: pressão inspiratória máxima. *PThC*: pressão inspiratória crítica. *A*: protocolo do teste de resistência muscular inspiratório incremental. *B*: protocolo do teste de resistência muscular inspiratório de cargas constantes (95%, 100% e 105% da *PTh<sub>MÁX</sub>*). *C*: regressão linear para a determinação da pressão inspiratória crítica.

Fonte: Figura adaptada da tese do aluno Vinicius Minatel (2017) do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar.



Austrália) e um sistema de aquisição de sinais biológicos (Power Lab 8/35, ADInstruments, Austrália) e um microcomputador (Intel I5). Os sinais do ECG foram captados por meio da derivação MC5, na qual o pólo negativo é posicionado no manúbrio esternal, o pólo positivo na região do 5º espaço intercostal na linha axilar anterior esquerda e o terra no 5º espaço intercostal direito. A FC foi registrada e armazenada batimento a batimento.

Já a captação da pressão de pulso foi realizada utilizando o Finometer Pro® (Finapres Medical Systems, Holanda), que permite a medida de forma não invasiva de FinAP, medidos batimento a batimento. A FinAP foi obtida pelo posicionamento de um *cuff* na falange média do terceiro dedo da mão direita. Este *cuff* possui em sua parte interna um dispositivo, que infla ao redor do dedo do participante até alcançar os valores de pressão intra-arterial (método volume-*clamp*) e um pletismógrafo infravermelho que monitora o tamanho das artérias gerando as ondas de pressão.

Durante os procedimentos experimentais os participantes foram posicionados na postura do teste por 10 minutos para que ocorresse a adaptação do mesmo às condições ambientais enquanto foram posicionados o *cuff*, o manguito e o sensor de altura no membro superior esquerdo. Após o posicionamento do equipamento foi realizada uma calibração fisiológica (*physiocal*) e a correção dos valores de FinAP pelos valores de pressão arterial braquial (reBAP). Após a calibração, deu-se início a coleta dos valores de pressão arterial de pulso durante os procedimentos experimentais. Além da pressão arterial de pulso foram avaliados os valores de DC, VS e RVP total, derivados das curvas de pressão arterial e analisados no *software Beat Scope® Easy* (Finapres Medical Systems, Holanda).

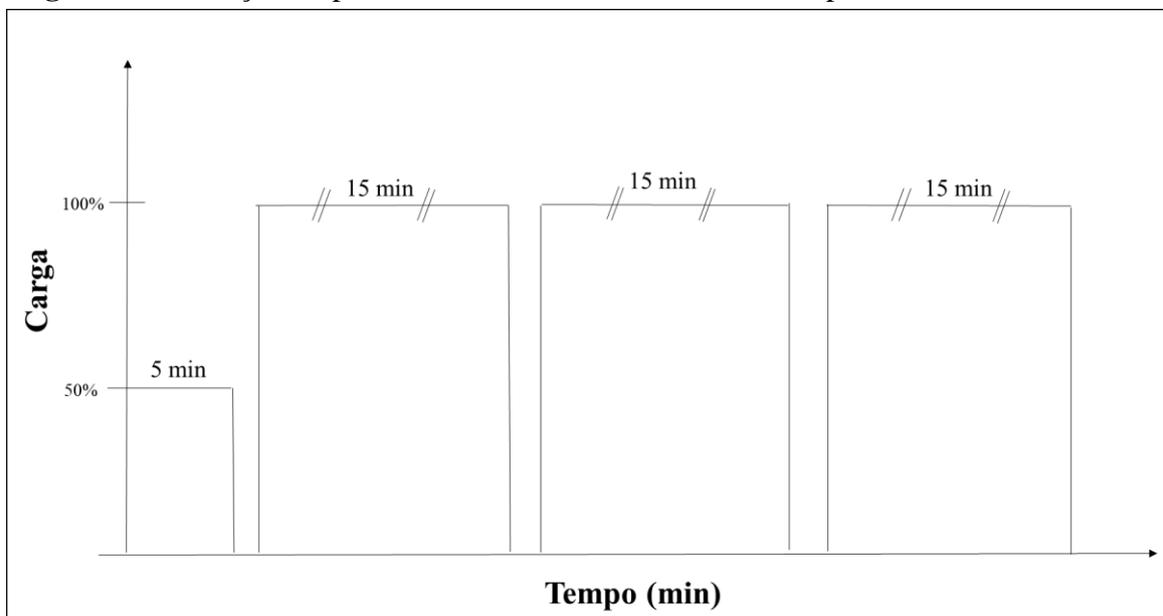
**Percepção Subjetiva do Esforço:** Foi utilizada a escala de BORG/CR10 (BORG, 1982) para a avaliação da percepção subjetiva ao exercício realizado pelo participante.

### 2.3.8 Treinamento muscular inspiratório

O treinamento teve duração de 11 semanas, com uma frequência semanal de 3 sessões e duração de cada sessão de aproximadamente 55 minutos. Cada sessão foi composta de um aquecimento de 5 min, onde cada participante realizou um protocolo de carga constante com 50% da sua carga de treinamento. Já o protocolo de treinamento foi composto de 3 séries de 15 minutos de respirações, com intervalo de 1 minuto entre elas (**Figura 5**).

As cargas utilizadas no treinamento foram: o valor da PThC para o GPC; o valor de 60% da  $PI_{MÁX}$  para o G60 e com resistência de 6 cmH<sub>2</sub>O para o GS. Todos os grupos realizaram o TMI utilizando o resistor inspiratório *PowerBreathe inspiratory muscle trainer K5* (Ironman K5, HaB Ltd, UK).

**Figura 5.** Ilustração do protocolo de treinamento muscular inspiratório.



*Fonte:* Arquivo próprio do autor.

### **2.3.8.1 Orientações para o treinamento**

Os participantes foram orientados a manterem uma respiração diafragmática e FR de 12 respirações por minuto, por todo o tempo do protocolo de treinamento, sendo que a FR foi controlada pela utilização de um comando verbal gravado, garantindo assim a padronização dos comandos. Durante as 11 semanas de treinamento os participantes foram orientados a não alterarem as suas atividades e treinamentos físicos ou ingestão alimentar.

### **2.3.8.2 Monitorização e controle do treinamento**

Todos os dias, antes e após o protocolo de treinamento, foi aferida a PA e observado o estado de saúde dos participantes, enquanto a FC foi monitorizada, registrada e armazenada antes, durante e após todas as sessões de treinamento, por meio de um Polar 800CX (Kempele, Finlândia). Além disso, durante o período de treinamento os participantes foram orientados a preencherem um calendário de atividade física, para o

acompanhamento das atividades realizadas por cada indivíduo durante a participação na pesquisa e um inquérito alimentar que foi analisado posteriormente por uma nutricionista, evitando assim que estes fatores pudessem interferir nas respostas do treinamento. Também foi garantido que o trabalho semanal e ao término das 11 semanais fosse o mesmo para todos os participantes.

### **2.3.8.3 Critérios relacionados a adesão ao treinamento**

Foram excluídos os participantes que não realizaram as 3 sessões de treinamento semanais e/ou as 33 sessões de treinamento totais, ou os participantes que modificaram as atividades físicas realizadas, seus hábitos alimentares ou que começaram a fazer uso de qualquer suplemento ou medicamento de uso contínuo durante a pesquisa.

### **2.3.9 Análise Estatística**

Para a análise da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Os dados com distribuição normal foram apresentados segundo média  $\pm$  desvio padrão; e os com distribuição não normais, segundo mediana (intervalo interquartil).

Foi realizada uma análise descritiva dos três grupos avaliados, nos seguintes dados: idade, avaliação antropométrica (massa corporal e estatura), análise da composição corporal por densitometria e resultados dos exames laboratoriais (perfil lipídico, colesterol total, HDL, LDL, ureia, creatinina, glicemia de jejum, ácido úrico, resistência a insulina, PCRus e hemoglobina glicada) e classificação funcional segundo o BAECKE.

Para análise da comparação entre os três grupos, considerando os seguintes fatores: grupo e tempo de treinamento, nas variáveis da prova de função pulmonar (CVF, VEF<sub>1</sub>/CVF, CI, VRE e VVM), teste de força muscular respiratória (PI<sub>MÁX</sub> e PE<sub>MÁX</sub>), teste de exercício cardiopulmonar (VO<sub>2</sub>pico, OUES e VE/VCO<sub>2</sub>slope), variáveis cardiovasculares (FC, DC, PAS, VS, RVP total) e metabólicas (RER), foi utilizado a ANOVA *Two Way* Mista, se a distribuição dos dados for paramétrica e se os mesmos fossem não paramétricos, foram realizadas transformações matemáticas no intuito de normalizar os dados.

Todas as análises estatísticas foram processadas no *software SPSS Statistics 17.0*. O nível de significância foi fixado em  $p < 0,05$ .

## 2.4 DISCUSSÃO

Revisões sistemáticas (CAHALIN; ARENA, 2015; DE ABREU et al., 2017; HAJGHANBARI et al., 2013; KARSTEN et al., 2018; SALES et al., 2016) que estudaram os efeitos do TMI enfatizaram a necessidade da realização de novos estudos clínicos randomizados e controlados, seguindo as orientações do *Consolidated Standards of Reporting Trials* (CONSORT) (SCHULZ et al., 2010), bem como o estabelecimento de parâmetros de treinamento que busquem alcançar os melhores resultados para a população estudada. Assim, um dos principais objetivos deste projeto de pesquisa foi determinar qual a melhor carga de treinamento para ciclistas amadores, já que a maioria dos estudos utilizam como base, protocolos estabelecidos para participantes com algum tipo de doença cardiorrespiratória.

No entanto, adaptar esse tipo de treinamento para atender a essas orientações é algo desafiador, devido a necessidade de que essa terapia seja realizada em um ambiente controlado. Ressalta-se que vários experimentos também apresentados nestas revisões (CAHALIN; ARENA, 2015; HAJGHANBARI et al., 2013; KARSTEN et al., 2018; SALES et al., 2016), realizaram o treinamento em média 5 vezes ao dia, ou muitas vezes com mais de uma sessão no mesmo dia. Esta característica dificulta a assiduidade dos participantes com a pesquisa, além da ocorrência de outros eventos externos que levem a desistência dos participantes de pesquisa, como troca de trabalho e mudança de cidade, que foram os motivos mais observados neste estudo.

Assim, para que os resultados desta pesquisa possam ser discutidos considerando os estudos já publicados na literatura, optamos pelo cálculo do volume total de treinamento (VTT) destes estudos, por meio do cálculo  $VTT = n^{\circ} \text{ séries/dia} \times n^{\circ} \text{ sessões/semana} \times \text{intensidade}$  (SOONESTE et al., 2013), para que mesmo o grupo que treinasse com a menor intensidade, tivesse um volume de treinamento que pudesse ser comparado com os estudos presentes na literatura. O VTT é um importante parâmetro para se determinar a eficácia do treinamento, principalmente dos treinamentos resistidos, já que hoje se considera que independente da carga utilizada (desde que acima de 60% de 1 resistência máxima), se a mesma for repetida até a fadiga, ocorrerão adaptações musculares semelhantes. Desta forma, no presente projeto, dividimos o VTT obtido de estudos prévios, em 3 dias de treinamento por semana, totalizando 55 minutos de TMI em cada dia de treinamento, já que de acordo com as recomendações do ACSM (GARBER et al., 2011) é indicado que se realize pelo menos três dias por semana de atividades físicas.

Outro fator, muito discutido nas revisões sistemáticas é o número amostral dos estudos, considerados baixos (HAJGHANBARI et al., 2013; SALES et al., 2016). No entanto, deve-se considerar alguns pontos, também relacionados as diretrizes de estudos clínicos randomizados e controlados (SCHULZ et al., 2010), que são a necessidade de uma amostra homogênea, que no nosso caso são indivíduos ativos, que possuem como atividade física primária o ciclismo e saudáveis. Ressalta-se que, muitas vezes, estes indivíduos não se veem atraídos a participarem de projetos de pesquisa, devido a esta população já realizar periodicamente exames e consultas para o acompanhamento de seu estado de saúde e possuir um estilo de vida saudável, bem como a inexistência em nosso país de incentivos a pesquisa, que possibilitem o pagamento destes participantes, como realizados em diversos países europeus e da América do Norte.

Para evitar ainda mais a queda deste número amostral foi realizada uma pesquisa regional para se estipular qual seria a população com o maior número de pessoas e que atendesse as necessidades desta pesquisa. Após a realização da mesma foi excluído a população de ciclistas mulheres, pela utilização de medicamentos de uso contínuo, como anticoncepcionais e devido a necessidade de se controlar o ciclo menstrual, já que existem estudos que mostram a queda no desempenho das mulheres em algumas fases do ciclo (CONSTANTINI; DUBNOV; LEBRUN, 2005). Outra população que foi excluída deste estudo é a de indivíduos com mais de 40 anos, neste caso por dois motivos: 1) o maior número de indivíduos portadores de fatores de risco cardiovascular (hipertensão arterial, diabetes, entre outras); e 2) pela queda da eficiência do sistema respiratório após os 40 anos de idade (SHEEL; GUENETTE, 2008).

Em relação as cargas de treinamento, elas foram escolhidas tendo como base que o TMI pode ter resultados diferentes quando aplicado com diferentes intensidades, como também sem nenhuma carga. Sendo assim, optamos pela realização de um treinamento Sham, que de acordo com a literatura corresponde a cargas menores que 15 cmH<sub>2</sub>O (HAJGHANBARI et al., 2013), e que neste estudo foi realizado com 6 cmH<sub>2</sub>O; um treinamento com 60% da  $PI_{MÁX}$ , uma das cargas com melhores resultados na literatura (HAJGHANBARI et al., 2013); e um treinamento com alta intensidade (valores acima de 62% da  $PI_{MÁX}$ ) (KARSTEN et al., 2018), utilizando a medida da PThC, que para jovens corresponde a aproximadamente 80% da  $PI_{MÁX}$  e 90% da PTh $_{MÁX}$ .

## **2.5 CONTRIBUIÇÕES PARA A ÁREA DA SAÚDE E RESULTADOS ESPERADOS**

Dentre as contribuições científicas advindas deste projeto, a principal refere-se a aplicação de uma nova metodologia de avaliação (baseada na PThC) para prescrição do TMI. Além disso, este estudo será importante para Fisioterapeutas, Educadores Físicos e demais profissionais da área da saúde que trabalham com exercício físico e treinamento, pois o conhecimento das respostas cardiovasculares, respiratórias e metabólicas geradas pelo TMI em ciclistas recreacionais, utilizando-se a PThC e 60% da  $PI_{MÁX}$ , possibilitará que estes profissionais consigam prescrever um TMI de forma mais adequada para indivíduos saudáveis ativos. Além de viabilizar novos estudos que visem promover maiores ganhos para esta população.

Já se as respostas do TMI utilizando a PThC forem melhores do que o treino com 60% da  $PI_{MÁX}$  poderão ser realizados estudos que utilizem este treinamento com indivíduos pneumopatas e cardiopatas, a fim de auxiliar de forma mais efetiva a reabilitação destes indivíduos. Sendo assim, espera-se que o GPC obtenha melhores resultados que o G60 e o GPC, como a obtenção de um maior aumento da carga de trabalho (Watts) e do consumo de oxigênio no pico ( $VO_{2PICO}$ ), no TECP; aumento da pressão inspiratória máxima ( $PI_{MÁX}$ ) e da resistência muscular inspiratória (RMI); diminuição da sensação de dispneia e da sensação de fadiga periférica, avaliadas pelo índice de percepção ao esforço físico de BORG.

## **2.6 RESULTADOS**

Alguns dos resultados desta pesquisa serão apresentados nos capítulos 2 e 3 desta tese. Sendo que, no capítulo 2 são apresentados os resultados provenientes do Teste de Exercício Cardiopulmonar e o capítulo 3 os resultados das avaliações respiratórias.

### **3      CAPÍTULO II: EFEITO DO TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE AS VARIÁVEIS DO TESTE DE EXERCÍCIO CARDIOPULMONAR.**

Parte desses dados serão submetidos ao periódico *Physical Therapy in Sports*, no manuscrito intitulado: “Inspiratory muscle training alters the physical performance of recreational cyclists: a randomized controlled clinical study”. Autores: Patricia Rehder-Santos, Raphael Martins de Abreu, Étore De Favari Signini, Claudio Donisete da Silva, Camila Akemi Sakaguchi, Carla Cristina Dato e Aparecida Maria Catai

### 3.1 INTRODUÇÃO

O ciclismo vem ganhando cada vez mais adeptos tanto no cenário brasileiro, como mundial (CARVALHO; FREITAS, 2012; OJA et al., 2011). Sua prática vem crescendo tanto com o objetivo de transporte, devido as políticas de construções de ciclovias e a busca por um estilo de vida ecologicamente correto; como uma prática esportiva, tanto amadora como profissional (CARVALHO; FREITAS, 2012; OJA et al., 2011). Com o aumento dos praticantes de ciclismo e os altos investimentos nesta modalidade, também vem crescendo o número de estudos que buscam melhorar o desempenho destes praticantes (OJA et al., 2011).

No âmbito desportivo sabe-se da importância de um treinamento bem estruturado, periodizado e específico, para o ganho de desempenho, conjuntamente com uma boa alimentação e exercícios complementares, que visem a melhora do condicionamento cardiorrespiratório (BURTSCHER et al., 2018). Dentre os diversos tipos de treinamentos complementares, vem se destacando o treinamento muscular inspiratório (TMI) que tem tido bons resultados para a melhora da força e resistência muscular inspiratória, percepção subjetiva de esforço (dispneia e dores em membros inferiores) e desempenho de atletas de diversas modalidades esportivas, como ciclismo, natação, basquete e futebol (HAJGHANBARI et al., 2013; ILLI et al., 2012; KARSTEN et al., 2018; SALES et al., 2016).

Porém, apesar dos bons resultados advindos do TMI poucos estudos são realizados com o intuito de se avaliar qual a melhor forma de prescrevê-lo para participantes saudáveis e ativos, adotando-se assim, protocolos utilizados para participantes com doenças cardiorrespiratórias (STURDY et al., 2003), sem considerar as necessidades e características de uma população fisicamente ativa e com hábitos de vida saudáveis. Sendo assim, são necessários estudos que visem identificar a melhor intensidade, duração e frequência de treinamento, para essa população (STURDY et al., 2003). Dessa forma, este estudo foi desenvolvido tendo como enfoque a avaliação da intensidade de treinamento, a fim de identificar a melhor carga para a melhora do desempenho físico de ciclistas recreacionais, bem como avaliar as respostas metabólicas, respiratórias e cardiovasculares advindas das adaptações geradas pela realização do TMI, com as diferentes intensidades estudadas.

Para a definição das cargas de TMI, muitos estudos consideram porcentagens da força ou resistência muscular inspiratória, sendo mais utilizada as porcentagens da pressão inspiratória máxima ( $PI_{MÁX}$ ) (CAHALIN et al., 2013; HAJGHANBARI et al., 2013; KARSTEN et al., 2018; SALES et al., 2016), principalmente cargas entre 30 a 60% da  $PI_{MÁX}$  (HAJGHANBARI et al., 2013). No entanto, também existem estudos que observaram benefícios em treinamentos inspiratórios sem carga ou SHAM, ou seja, cargas de treinamento abaixo de 15 cmH<sub>2</sub>O (HAJGHANBARI et al., 2013), como também, em altas intensidades de treinamento, que englobam cargas acima de 85% da  $PI_{MÁX}$  (KARSTEN et al., 2018). Porém, não existem estudos sob o nosso conhecimento que visem comparar o resultado de diferentes intensidades de TMI, em uma população saudável.

Considerando a inexistência de estudos que visem estabelecer a carga ideal para o TMI de ciclistas recreacionais amadores, o objetivo deste estudo foi avaliar qual a melhor intensidade de treinamento muscular inspiratório (baixa, média ou alta) para a melhora da performance de ciclistas recreacionais, avaliada durante o teste de exercício cardiopulmonar. Assim, nossa hipótese é que quanto maior a carga de treinamento, maior será o seu efeito no desempenho de ciclistas, considerando que quanto maior for a intensidade de treinamento, maior serão os ajustes sistêmicos capazes de levar a melhora do desempenho esportivo nesta população.

## **3.2 Materiais e Métodos**

### **3.2.1 Desenho do Estudo**

Trata-se de um estudo experimental, longitudinal, randomizado, controlado e duplo cego (participante e pesquisador responsável por realizar a análise estatística). Este estudo foi conduzido segundo o *Consolidated Standards of Reporting Trials* (CONSORT) (SCHULZ et al., 2010).

### **3.2.2 Recrutamento dos Participantes e Aspectos Éticos**

O recrutamento dos participantes foi realizado por meio de divulgação em mídia eletrônica e impressa bem como pelo contato a participantes que faziam parte do banco de dados do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Após a identificação dos participantes elegíveis, os mesmos foram convidados para participar do estudo e após a aceitação os mesmos realizaram todas as avaliações do protocolo experimental, bem como o TMI.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (nº 1.558.731) (**ANEXO A**) e registrado no *ClinicalTrials.gov* (NCT02984189). Os participantes foram informados e orientados a respeito dos procedimentos que seriam submetidos, assim como os métodos utilizados neste estudo. Também foram fornecidas informações aos participantes sobre o sigilo dos dados coletados durante o estudo e sobre a preservação de suas identidades. Após o esclarecimento de todas as dúvidas expostas pelos participantes e a livre aceitação em participar da pesquisa, todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (**APÊNDICE 1**).

### **3.2.3 Participantes**

Foram avaliados 24 ciclistas recreacionais do sexo masculino, com idade entre 20 e 40 anos, que foram divididos em três grupos: Grupo Sham (GS, n=6), Grupo PThC (GPTC, n=8) e Grupo 60% da  $PI_{MÁX}$  (G60, n=10). Os grupos foram formados por meio da aleatorização estratificada (KERNAN, 1999) dos indivíduos pareados com a mesma classificação funcional aeróbia (AHA, 1972) e faixa etária (20 a 30 anos e 31 a 40 anos). Para a alocação dos participantes utilizou-se envelopes pardos.

Os critérios utilizados para a seleção dos participantes foram: participantes aparentemente saudáveis, que praticassem ciclismo por pelo menos 6 meses ininterruptos e pelo menos 150 min semanais [classificados como ativos pelo AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (GARBER et al., 2011)]. Os critérios de não inclusão foram participantes que apresentavam anormalidades nos sistemas cardiorrespiratório, musculoesquelético e neurológicas, que pudessem interferir na realização do protocolo experimental ou alterar as respostas avaliadas; obesos ( $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$ ), diabéticos, hipertensos, tabagistas ou ex-tabagistas com menos de 1 ano de interrupção, usuários de medicamentos de uso contínuo e participantes que realizaram algum tipo de TMI nos últimos 12 meses. Foram excluídos, participantes com alterações do eletrocardiograma (ECG) em repouso ou durante teste de exercício, que caracterizassem alguma disfunção cardíaca e participantes com fraqueza muscular respiratória [ $PI_{MÁX} < 60\%$  do previsto (HAUTMANN et al., 2000; MILLER, 2005)].

### **3.2.4 Avaliação clínica e caracterização da amostra**

Os testes e procedimentos experimentais foram realizados no LFCV/Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico (NUPEF) do Departamento de Fisioterapia (DFisio) e os testes ergométricos clínicos no serviço de Fisioterapia em Cardiologia da Unidade Saúde Escola (USE), ambos localizados na UFSCar, campus de São Carlos.

As condições ambientais foram controladas, sendo que a temperatura ambiente foi mantida entre 21 e 24°C e a umidade relativa do ar entre 40 e 60%. Os testes foram realizados sempre no período vespertino, considerando a influência do ciclo circadiano nos resultados das avaliações. Além disso, os participantes foram orientados, para na véspera e no dia dos testes e avaliações não ingerirem bebidas estimulantes (chá, café, achocolatados, entre outros), evitarem refeições pesadas até duas horas antes da avaliação, exercícios extenuantes, dormirem bem no dia anterior e apresentar-se com roupas e calçados confortáveis.

No dia da realização dos testes, previamente a aplicação dos protocolos experimentais foram observadas as condições relacionadas ao estado de saúde dos participantes. Ainda, precedendo a realização dos testes foi realizada a familiarização dos participantes com os equipamentos, manobras respiratórias e com a escala de percepção subjetiva de esforço adaptada – BORG/CR10 (BORG, 1982), com a finalidade de reduzir a ansiedade dos participantes e evitar que o efeito do aprendizado interferissem nos resultados da pesquisa.

Antes da realização dos protocolos experimentais os participantes foram submetidos às seguintes avaliações: anamnese e exame físico, eletrocardiograma (ECG) convencional de 12 derivações, teste de exercício físico clínico em esteira rolante, ambos realizados na presença de um médico cardiologista, auxiliado por um fisioterapeuta. Estes testes tiveram a finalidade de avaliar a condição cardiovascular dos participantes.

Com o intuito de caracterizar os participantes e verificar o estado de saúde dos mesmos foram realizadas as seguintes avaliações antes do protocolo experimental: avaliação da composição corporal por *Dual-energy X-ray Absorptiometry* (DXA)(Discovery DXA System, Hologic, USA), aplicação do questionário de atividade física (BAECKE) e prova de função pulmonar, realizado de acordo com a Diretriz Internacional de Espirometria (“ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing”, 2002) e considerado os valores preditos para população brasileira calculados segundo Pereira (2002).

### **3.2.5 Protocolo experimental**

O protocolo experimental foi composto de treze semanas. Na primeira, quinta, nona e décima terceira semanas os participantes foram submetidos ao teste de exercício cardiopulmonar (TECP). Já o TMI foi realizado durante 11 semanas (segunda à décima

segunda semanas do protocolo experimental). Ressalta-se que, durante as semanas de reavaliações os participantes continuaram a realizar o treinamento.

### ***3.2.5.1 Teste de força muscular inspiratória***

A avaliação da força muscular inspiratória foi realizada com o participante em repouso, na posição sentada, com o emprego de um manovacuômetro digital (MVD-300, Globalmed, Porto Alegre, Brasil) e um clipe nasal, de acordo com a Diretriz Brasileira para mensuração das pressões respiratórias estáticas máximas (SOUZA, 2002). Essa medida foi efetuada sempre pelo mesmo avaliador.

A  $PI_{MÁX}$  foi determinada após esforço inspiratório máximo, a partir do volume residual (SOUZA, 2002). As manobras foram realizadas contra um tubo com extremidade distal ocluída e foi utilizada uma peça bucal com orifício de 2 mm (SOUZA, 2002). Os valores considerados para  $PI_{MÁX}$  foram aqueles observados no primeiro segundo após o pico de pressão (SOUZA, 2002). Foram realizadas no mínimo três manobras, com intervalo de 30 segundos entre cada uma (ROMER; MCCONNELL, 2004), sendo considerados os maiores valores reprodutíveis (diferença <10%) encontrados em pelo menos três manobras. Os valores de normalidade foram baseados na equação de regressão proposta por Neder et al. (NEDER et al., 1999) para a população brasileira. Foi considerada fraqueza muscular inspiratória, valores de pressões estáticas <60% do predito (HAUTMANN et al., 2000; MILLER, 2005).

### ***3.2.5.2 Protocolo para determinação da pressão inspiratória crítica***

Foi realizado um protocolo incremental com carga de 50 a 100%  $PI_{MÁX}$ , sendo adicionados 10% da  $PI_{MÁX}$  a cada 3 min. O participante recebeu um estímulo verbal para manutenção da frequência respiratória (FR) em 12 respirações por minuto, sempre pelo mesmo avaliador e o teste foi realizado até a fadiga. Se o participante conseguisse gerar fluxo de ar capaz de disparar o equipamento, por um período igual ou superior a 1 minuto, na intensidade de 100% da  $PI_{MÁX}$ , a medida da  $PI_{MÁX}$  era refeita e o teste repetido, no mesmo dia, após 15 minutos. Foi considerado como falha na manutenção da carga estipulada quando o indivíduo foi incapaz de manter a FR em 12 respirações por minuto, por pelo menos 1 minuto ou pela impossibilidade de manutenção do esforço inspiratório indicado pelo participante ( $BORG \geq 7$ ). O maior percentual da  $PI_{MÁX}$  que o participante

foi capaz de manter por pelo menos 1 min ( $P_{Th_{MAX}}$ ) foi estipulado como a medida de RMI (DALL'AGO et al., 2006; EASTWOOD et al., 1998; NEVES et al., 2014a, 2012).

Após a determinação da  $P_{Th_{MAX}}$  foi utilizada a fórmula [ $P_{ThC} = (0,97 * P_{Th_{MAX}}) - 6,957$ ] para a determinação da pressão inspiratória crítica ( $P_{ThC}$ ) (JONES et al., 2010). A  $P_{ThC}$  foi escolhida como a carga de alta intensidade para este estudo, por considerar para sua determinação tanto a resistência, quanto a força muscular inspiratória, podendo trazer assim benefícios adicionais aos resultados das cargas tradicionalmente utilizadas na literatura (MINATEL, 2017).

### **3.2.5.3 Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP)**

O TECP foi utilizado para avaliar a capacidade aeróbia funcional dos participantes [consumo de oxigênio pico ( $VO_{2PICO}$ )] (BALADY et al., 2010), determinar o limiar de anaerobiose pelo método ventilatório ( $L_{Av}$ ) (HIGA et al., 2007) e o ponto de compensação respiratória (PCR) (BALADY et al., 2010).

O protocolo incremental foi realizado em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (CORIVAL V3, Lode BV, Holanda) e consistiu em repouso de 6 minutos, 3 minutos de aquecimento com carga livre durante 3 min, após esta etapa foi iniciado o incremento de carga a cada minuto. A potência foi calculada para cada participante de acordo com os valores estabelecidos pela fórmula descrita por Wasserman et al. (2012) e adaptado para cada sujeito considerando sua capacidade física, sempre pelo mesmo avaliador, sendo que neste estudo a potência variou de 25 a 45 W/min.

Os participantes foram orientados a manter durante todo o protocolo uma cadência de 60 a 80 rotações por minuto (rpm) e o teste teve duração entre 8 e 12 min (WASSERMAN, 2012). Três avaliadores independentes determinaram o  $L_{Av}$  e o PCR (NOVAIS et al., 2015). O maior valor do  $VO_2$  obtido nos últimos 30 segundos do TECP foi considerado o  $VO_{2PICO}$  (BALADY et al., 2010). Foram avaliadas as seguintes variáveis no  $L_{Av}$ , no pico do esforço e no PCR: tempo, potência,  $VO_2$ , FR, FC, pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), ventilação minuto (VE), volume corrente (VC), taxa de troca respiratória (RER), eficiência ventilatória para consumo de oxigênio e produção de gás carbônico (OUES e  $VE/VCO_{2SLOPE}$ , respectivamente) (BALADY et al., 2010; CASTELLO-SIMÕES et al., 2015), potência circulatória (PC) e ventilatória (PV) (CASTELLO-SIMÕES et al., 2015). Para a comparação entre os resultados pré e pós TECP foi realizado o delta (avaliação final – avaliação inicial) de todas as variáveis adquiridas, durante a realização do TECP.

As variáveis ventilatórias e metabólicas foram captadas, respiração a respiração, por meio de sistemas de medidas de gases expirados (ULTIMA MedGraphics – St. Paul, Minesota, USA; VMAX Encore 29 System Carefusion, Yorba Linda, California, USA) e processados por meio de softwares específicos (Breeze Suite 7.1, MedGraphics – St. Paul, Minesota, USA; SOFTWARE VMAX Encore 29 System Carefusion, Yorba Linda, California, USA). Além disso, foi utilizada a escala de BORG CR10 (1982) para a avaliação da percepção subjetiva ao exercício realizado pelo participante. Já a aquisição dos sinais de ECG e PA, para avaliação das respostas cardiovasculares foi realizada numa frequência de amostragem de 1.000 Hz. Os sinais do ECG foram captados por meio da derivação MC5, na qual o pólo negativo é posicionado no manúbrio esternal, o pólo positivo na região do 5º espaço intercostal na linha axilar anterior esquerda e o terra no 5º espaço intercostal direito. A FC foi registrada e armazenada batimento a batimento. Os sinais eletrocardiográficos foram captados e processados por meio de uma interface entre um bioamplificador para sinais de ECG (BioAmp FE132, ADInstruments, Austrália) e um sistema de aquisição de sinais biológicos (Power Lab 8/35, ADInstruments, Austrália) e um microcomputador (Intel I5). Já a captação da pressão de pulso foi realizada utilizando o Finometer Pro® (Finapres Medical Systems, Holanda), que permite a medida de forma não invasiva de FinAP, medidos batimento a batimento. A FinAP foi obtida pelo posicionamento de um *cuff* na falange média do terceiro dedo da mão esquerda.

### **3.2.6 Treinamento muscular inspiratório**

O treinamento teve duração de 11 semanas, com uma frequência semanal de 3 sessões e duração de cada sessão de aproximadamente 55 minutos. Cada sessão foi composta de um aquecimento de 5 min, onde cada participante realizou um protocolo de carga constante com 50% da sua carga de treinamento. Já o protocolo de treinamento foi composto de 3 séries de 15 min de respirações, com intervalo de 1 minuto entre elas.

As cargas utilizadas no treinamento foram: para o GPC o valor da PThC, para o G60 a resistência foi de 60% da  $PI_{MÁX}$  e para o GS o treinamento foi realizado com resistência de 6 cmH<sub>2</sub>O. Todos os grupos realizaram o TMI utilizando o resistor inspiratório de carga linear *PowerBreathe inspiratory muscle trainer* (Ironman K5, HaB Ltd, UK).

Os participantes foram orientados a manterem uma respiração diafragmática e FR de 12 respirações por minuto, por todo o tempo do protocolo de treinamento, sendo que a FR foi controlada pela utilização de uma gravação, que mantinha o tempo inspiratório

em 2 segundos e o tempo expiratório em 3 segundos. Durante as 11 semanas de treinamento os participantes foram orientados a não alterarem as suas atividades e treinamentos físicos ou ingestão alimentar, controlados por um calendário de atividade física e um inquérito alimentar, respectivamente. Também garantimos que o trabalho semanal e ao término das 11 semanas foi o mesmo para todos os participantes. Foram excluídos os participantes que não realizarem as 3 sessões de treinamento semanais e/ou as 18 sessões de treinamento totais, ou os participantes que modificarem as atividades físicas realizadas, seus hábitos alimentares ou que começarem a fazer uso de qualquer suplemento ou medicamento de uso contínuo durante a pesquisa.

### 3.2.7 Análise Estatística

Para o cálculo do tamanho da amostra necessária para este estudo foi realizado o cálculo amostral utilizando o *software GPower 3.1.3* (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Germany). Para determinar o tamanho da amostra utilizou-se a variável potência pico, dos cinco primeiros participantes coletados de cada grupo, o teste ANOVA *Two way* e os seguintes parâmetros: 0,05 para o erro de probabilidade do tipo I ( $\alpha$ ), de 0,80 para o erro de probabilidade do tipo II (*power* ou  $\beta$ ). Portanto, para garantir essas condições pré-estabelecidas deveriam participar deste estudo no mínimo 06 participantes.

Todas as análises estatísticas foram processadas no *software SigmaPlot 11.0* (Systat Software, Inc., San Jose, California, USA). O nível de significância foi fixado em  $p < 0,05$ . Para a análise da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Os dados com distribuição normal foram apresentados segundo média  $\pm$  desvio padrão; e os com distribuição não normais, segundo mediana (intervalo interquartil). Para a comparação dos três grupos avaliados foi realizada a análise de variância (ANOVA) *One way*, nos seguintes dados: idade, avaliação antropométrica (massa corporal e estatura), análise da composição corporal por densitometria, prova de função pulmonar [capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório final no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>), relação volume expiratório final no primeiro segundo e capacidade vital forçada (VEF<sub>1</sub>/CVF), capacidade vital lenta (CVL), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratória (VRE) e ventilação voluntária máxima (VVM)] e pressão inspiratória máxima (PI<sub>MÁX</sub>).

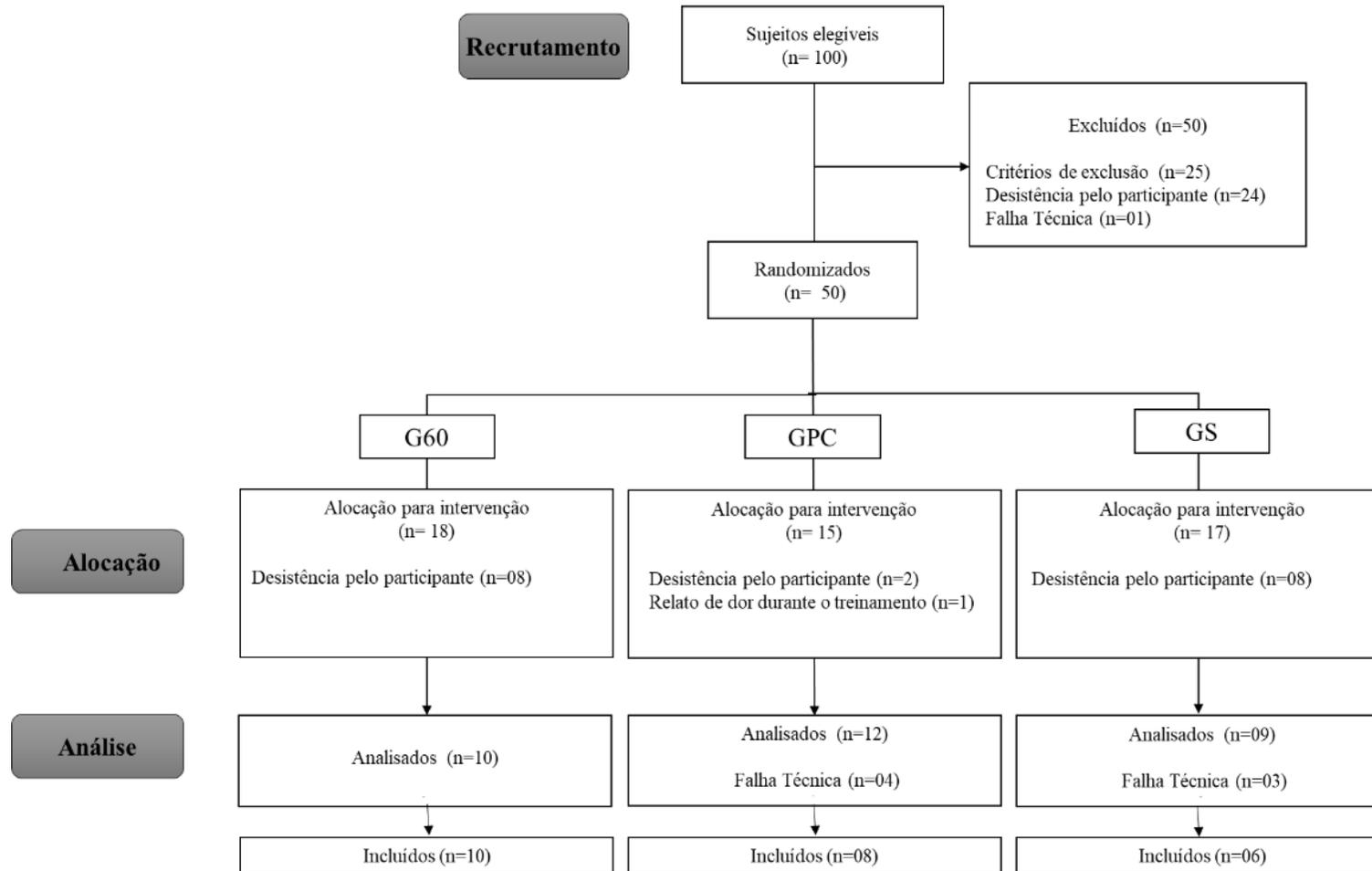
Para análise da comparação entre os três grupos, considerando os fatores: grupo e treinamento, nas variáveis do teste de exercício cardiopulmonar (tempo, potência, VO<sub>2</sub>,

RER, FC, PAS, PAD, VC, VE, FR, OUES e  $VE/VCO_{2SLOPE}$ , PC e PV), foi utilizado a análise de variância (ANOVA) *Two Way*.

### 3.3 Resultados

Na **figura 6** foi apresentado o fluxograma de perdas desse estudo. Para este estudo foram recrutados 100 participantes, sendo que destes 25 foram excluídos por enquadrarem-se em algum critério de não inclusão, sendo os principais: hipertensão, obesidade, uso de medicamentos para depressão e ansiedade. Além disso, 24 participantes desistiram de participar do estudo na primeira semana de avaliações e 01 por falha técnica, já que o mesmo era altamente treinado e nossos equipamentos não eram capazes de avaliarem seu desempenho. Destes 50 foram aleatorizados nos 3 grupos de treinamento deste estudo, sendo 18 participantes para o G60, porém apenas 10 finalizaram o protocolo experimental; 15 participantes para o GPC, porém 2 desistiram do projeto, 1 foi excluído por relatar dor entre as costelas durante o treinamento, porém sem diagnóstico clínico após encaminhamento hospitalar; durante a análise de dados 4 foram excluídos devido a problemas com o ergoespirometro; 17 participantes para o GS, no entanto, 8 desistiram e 3 foram excluídos também por falha do ergoespirometro.

**Figura 6.** Fluxograma de perdas do estudo.



*G60: grupo 60% da  $PI_{MÁX}$ . GPC: grupo pressão inspiratória crítica. GS: grupo Sham. Sham: 6  $cmH_2O$ .*

*Fonte: Arquivo próprio do autor.*

Em relação a caracterização da amostra, os participantes de todos os grupos estudados eram homogêneos em relação a idade, dados antropométricos e  $PI_{MÁX}$ . Já em relação à espirometria, a porcentagem do predito do VRE do G60 foi maior que o GS, porém todos os grupos apresentaram valores acima do predito (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Caracterização da amostra.

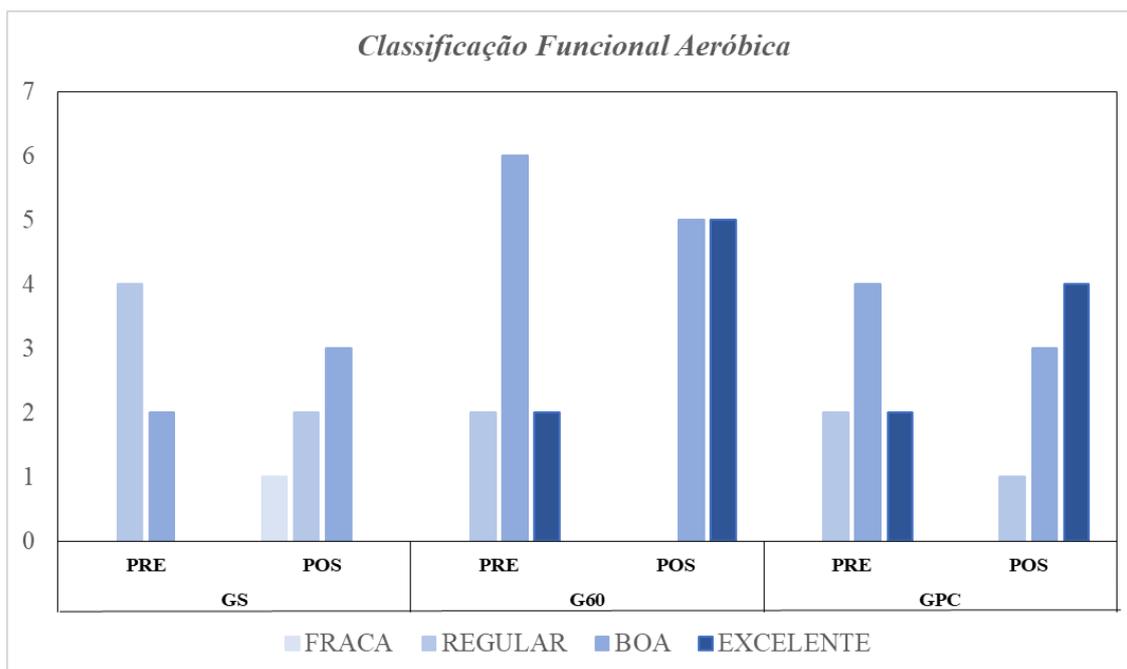
	<b>GS (n =6)</b>	<b>G60 (n=10)</b>	<b>GPC (n = 8)</b>	<i>Valor de p</i>
Idade (anos)	29 (34/24)	35 (38/24)	29 (38/22)	0,594
<b><i>Dados Antropométricos</i></b>				
Estatura (m)	1,80±0,04	1,75±0,04	1,77±0,06	0,261
Massa Corporal Total (Kg)	81,9(11,1)	80,0(19,2)	77,4(12,3)	0,494
Massa Magra (Kg)	57,5±5,0	59,0±6,6	57,2±6,5	0,82
Massa Gorda (Kg)	18,5±6,4	17,7±5,8	15,7±3,3	0,502
% de gordura	23,03±5,68	22,01±5,04	20,69±3,38	0,605
<b><i>Espirometria</i></b>				
CVF (L)	5,75±1,08	5,87±0,77	5,55±0,76	0,746
% do predito	111(29)	115(11)	109(11)	0,531
VEF <sub>1</sub> (L)	4,83±1,05	4,65±0,64	4,60±0,69	0,856
% do predito	107±26	108±15	106±11	0,965
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	84±05	79±06	83±08	0,309
CVL (L)	5,61±0,82	5,71±1,15	5,55±0,81	0,943
% do predito	101(16)	109(13)	103(11)	0,191
CI (L)	3,81(0,63)	3,54(0,87)	3,72(1,44)	0,812
% do predito	90(24)	89(14)	92(32)	0,922
VRE (L)	1,82±0,47	2,40±0,32	1,97±0,67	0,069
% do predito	90±19	143±33	112±39	<b>0,013</b>
VVM (L/min)	211±38	203±36	195±40	0,726
% do predito	116±17	117±24	111±22	0,859
<b><i>Força Muscular Inspiratória</i></b>				
PI <sub>MÁX</sub>	149±13	158±25	145±15	0,351

*Teste utilizado ANOVA One Way e considerado  $p < 0,05$ . Dados com distribuição normal apresentado segundo média  $\pm$  desvio-padrão e dados com distribuição não normal segundo média (intervalo interquartil). CI: capacidade inspiratória. CVF: capacidade vital forçada. CVL: capacidade vital lenta. G60: grupo 60% da pressão inspiratória máxima. GPC: grupo pressão inspiratória crítica. GS: grupo Sham. PI<sub>MÁX</sub>: pressão inspiratória máxima. Sham: 6 cmH<sub>2</sub>O. VEF<sub>1</sub>: volume expiratório final no primeiro segundo. VEF<sub>1</sub>/CVF: relação entre volume expiratório final no primeiro segundo e capacidade vital forçada. VRE: volume de reserva expiratória. VVM: ventilação voluntária máxima.*

*Fonte:* Arquivo próprio do autor.

Já em relação a classificação aeróbica dos grupos estudados realizadas de acordo com a American Heart Association (1972) é possível observar uma melhora nos grupos G60 e GPC (**Figura 7**), que passam a ter mais indivíduos classificados como excelentes e bons, bem como uma queda no número de participantes classificados como regulares. O mesmo ocorreu com a potência pico que aumentou nos dois grupos em comparação ao GS, sem diferença estatística entre eles ( $\beta=0,621$ ). Sendo um aumento de 7% para o G60 e um aumento de 5% para o GPC. Além disso, o G60 apresentou uma melhora no  $VO_{2PICO}$  (3%), em relação ao GS (**Tabela 2**).

**Figura 7.** Alterações da classificação funcional aeróbica após 11 semanas de treinamento muscular inspiratório, nos grupos avaliados.



G60: grupo 60% da  $PI_{MÁX}$ ; GPC: grupo pressão inspiratória crítica; GS: grupo Sham. Sham: 6  $cmH_2O$ .

Fonte: Arquivo próprio do autor.

**Tabela 2.** Respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas a 11 semanas de treinamento muscular inspiratório, durante o teste de exercício cardiopulmonar em ciclistas recreacionais.

	<b>GS (n=6)</b>	<b>G60 (n=10)</b>	<b>GPC (n=8)</b>	<b>Valor de p</b>
<b>REPOUSO</b>				
$\Delta$ FC (bpm)	5,33 $\pm$ 8,31	-2,11 $\pm$ 9,09	0,62 $\pm$ 10,43	0,343
$\Delta$ PAS (mmHg)	-10,67 $\pm$ 13,88	-6,12 $\pm$ 13,92	-4,67 $\pm$ 15,89	0,757
$\Delta$ PAD (mmHg)	0,17 $\pm$ 15,12	2,12 $\pm$ 18,19	4,50 $\pm$ 13,19	0,896
<b>LIMIAR ANAEROBIO</b>				
$\Delta$ Tempo (segundos)	-45,50 $\pm$ 61,86	-3,70 $\pm$ 56,70	-64,62 $\pm$ 61,71	0,110
$\Delta$ Potência (W)	-27,33 $\pm$ 36,25	15,90 $\pm$ 58,31	-39,25 $\pm$ 34,73	0,050
$\Delta$ FC (bpm)	-6,50 $\pm$ 17,57	-2,56 $\pm$ 16,61	-9,37 $\pm$ 20,32	0,744
$\Delta$ PAS (mmHg)	-4,50 $\pm$ 26,12	-2,78 $\pm$ 41,32	-38,83 $\pm$ 38,31	0,167
$\Delta$ PAD (mmHg)	5,67 $\pm$ 27,85	2,33 $\pm$ 17,29	-17,33 $\pm$ 19,57	0,149
$\Delta$ VO <sub>2</sub> (ml.Kg/min)	-4,45(-5,20/-0,20)	0,20(6,30/-3,80)	-2,90(0,75/-9,05)	0,418
$\Delta$ RER	0,02 $\pm$ 0,06	0,04 $\pm$ 0,08	-0,01 $\pm$ 0,05	0,307
$\Delta$ VC (L)	-251,00(-153,00/-582,00)	50,50(779,00/-217,20)	-317,50(52,50/-626,50)	0,066
$\Delta$ VE (L/min)	-4,80 $\pm$ 10,00	5,34 $\pm$ 22,69	-6,94 $\pm$ 12,68	0,296
$\Delta$ FR (rpm)	1,50 $\pm$ 2,81	1,41 $\pm$ 6,60	0,60 $\pm$ 4,09	0,930
<b>PONTO DE COMPENSAÇÃO RESPIRATÓRIA</b>				
$\Delta$ Tempo (segundos)	6,67 $\pm$ 14,02	24,80 $\pm$ 26,39	39,62 $\pm$ 30,09	0,078
$\Delta$ Potência (W)	3,33 $\pm$ 9,688	16,90 $\pm$ 16,72	24,25 $\pm$ 20,05	0,087
$\Delta$ VO <sub>2</sub> (ml/min)	57,00 $\pm$ 249,56	235,70 $\pm$ 172,85	165,62 $\pm$ 391,65	0,480
$\Delta$ VO <sub>2</sub> (ml.Kg/min)	1,20 $\pm$ 0,08	1,24 $\pm$ 0,10	1,17 $\pm$ 0,13	0,450
$\Delta$ RER	0,02 $\pm$ 0,07	0,07 $\pm$ 0,14	0,05 $\pm$ 0,13	0,766
$\Delta$ FC (bpm)	6,67 $\pm$ 8,64	-1,33 $\pm$ 9,46	10,25 $\pm$ 9,16	<b>0,048</b>
$\Delta$ PAS (mmHg)	-1,33 $\pm$ 26,76	-7,75 $\pm$ 35,17	-23,40 $\pm$ 33,19	0,527
$\Delta$ PAD (mmHg)	-9,33 $\pm$ 14,87	5,25 $\pm$ 24,03	-13,40 $\pm$ 25,03	0,286

$\Delta VC$ (L)	-263,50(189,00/-556,00)	201,50(599,00/78,00)	8,50(185,00/-137,50)	0,168
$\Delta VE$ (L/min)	5,22 $\pm$ 17,75	6,78 $\pm$ 17,73	18,40 $\pm$ 14,66	0,262
$\Delta FR$ (rpm)	4,00(7,00/2,00)	0,00(2,80/-3,00)	4,50(9,50/3,00)	0,125

**PICO**

$\Delta$ Tempo (segundos)	9,50(19,00/-1,00)	16,00(42,00/-2,00)	33,50(55,50/15,50)	0,196
$\Delta$ Potência (W)	-9,33 $\pm$ 26,64	18,40 $\pm$ 17,81	23,12 $\pm$ 19,33	<b>0,019</b>
$\Delta VO_2$ (ml/min)	-80,00(-4,00/-155,00)	342,00(420,00/40,00)	149,50(221,50/41,50)	0,053
$\Delta VO_2$ (ml.Kg/min)	-0,90(-0,10/-2,50)	5,10(9,04/0,70)	1,65(4,70/0,55)	<b>0,032</b>
$\Delta RER$	0,015 $\pm$ 0,074	0,065 $\pm$ 0,15	0,052 $\pm$ 0,13	0,758
$\Delta FC$ (bpm)	8,33 $\pm$ 10,87	-1,44 $\pm$ 5,98	6,62 $\pm$ 8,86	0,070
$\Delta PAS$ (mmHg)	-3,33 $\pm$ 21,87	-12,75 $\pm$ 36,32	-26,80 $\pm$ 30,09	0,470
$\Delta PAD$ (mmHg)	-12,50(6,00/-22,00)	-4,00(28,00/-10,50)	-11,00(7,00/-49,25)	0,526
$\Delta VC$ (L)	-56,00(130,00/-556,00)	37,50(436,00/-134,00)	114,00(219,00/-134,00)	0,642
$\Delta VE$ (L/min)	-0,73 $\pm$ 22,23	20,70 $\pm$ 26,62	15,77 $\pm$ 19,13	0,219
$\Delta FR$ (rpm)	3,00 $\pm$ 9,57	5,96 $\pm$ 8,53	5,66 $\pm$ 10,43	0,817

**EFICIÊNCIA**

$\Delta$ Tempo teste (segundos)	1,50 $\pm$ 21,77	24,00 $\pm$ 19,33	34,62 $\pm$ 32,55	0,068
$\Delta VE/VCO_{2SLOPE}$	0,68 $\pm$ 3,36	-0,37 $\pm$ 5,00	1,71 $\pm$ 3,14	0,571
$\Delta OUES$	-42,10(220,51/-601,91)	84,12(671,99/-53,16)	-49,05(191,06/-456,85)	0,285
$\Delta CP$	-293,50(88,20/-727,70)	238,25(1422,95/-395,03)	-1011,50(753,45/-2610,90)	0,290
$\Delta VP$	-0,51 $\pm$ 1,20	-0,27 $\pm$ 1,84	-1,28 $\pm$ 0,98	0,492

*Dados com distribuição normal apresentados segundo média  $\pm$  desvio-padrão e dados com distribuição não normais segundo mediana (3º quartil/1º quartil). Para a análise do delta = resultado final – resultado inicial foi utilizado ANOVA one way. Valor de  $p < 0,05$ . G60: grupo 60% da  $PI_{MÁX}$ ; GPC: grupo pressão inspiratória crítica; GS: grupo Sham. FR: frequência respiratória; PC: potência circulatória; PV: potência ventilatória; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; VE: ventilação minuto; VC: volume corrente;  $VO_2$ : consumo de oxigênio; RER: razão de troca respiratória; Sham: 6 cmH<sub>2</sub>O. OUES: eficiência ventilatória para consumo de oxigênio;  $VE/VCO_{2SLOPE}$ : eficiência ventilatória para produção de gás carbônico.*

*Fonte: Arquivo próprio do autor.*

### 3.4 Discussão

Este estudo teve como objetivo avaliar qual a melhor carga de TMI para a melhora do desempenho de ciclistas recreacionais, avaliado durante a realização do TECP, antes e depois de 11 semanas de treinamento. O principal resultado sugere que a melhor carga de treinamento para ciclistas recreacionais é a de 60% da  $PI_{MÁX}$ , que melhorou tanto a potência pico (7%), quanto o  $VO_{2PICO}$  (3%). Já o PThC foi capaz de aumentar a potência pico (3%), após o treinamento. Sendo assim, este é o primeiro estudo, sob o nosso conhecimento, que teve como principal objetivo avaliar qual a melhor carga para o treinamento de participantes saudáveis e treinados em ciclismo, com o intuito de iniciar a busca por um protocolo específico para essa população e que considere suas necessidades e características.

#### 3.4.1 Desempenho Físico

Os resultados desta pesquisa propiciam a criação de uma nova hipótese em relação a melhor carga para a realização do TMI, em indivíduos saudáveis e ciclistas recreacionais, uma vez que a carga mais alta de treinamento não gerou melhores resultados para o desempenho da população avaliada. Pode-se sugerir assim, que existe uma carga ideal, onde é possível se obter o melhor resultado do treinamento realizado e que cargas tanto abaixo como acima dela não são adequadas para gerar adaptações capazes de otimizar o funcionamento dos sistemas envolvidos, como por exemplo os sistemas cardiovascular, musculoesquelético, metabólico e respiratório, a fim de obter um maior desempenho, durante um teste de exercício físico incremental. Sendo assim, uma possibilidade de estudo é a realização de um protocolo que estude o efeito do TMI sobre o desempenho físico, considerando um número maior de grupos de treinamento, como por exemplo, que utilizassem cargas entre 40% e 90% da  $PI_{MÁX}$ , divididas em 10%. No entanto, parece que a carga ideal seja por volta dos 60% da pressão inspiratória máxima.

No entanto, apesar da carga de 60% da  $PI_{MÁX}$  ter obtido melhores resultados em relação as demais cargas estudadas, os resultados advindos da PThC também foram promissores, permitindo assim a realização de outros estudos que visem verificar o efeito desta carga de treinamento em outros objetivos, como na melhora da força e resistência muscular inspiratória, bem como em outras populações. Apesar de muitos estudos não terem o intuito de avaliar qual a melhor carga de TMI para a melhora do desempenho de participantes saudáveis, muitos encontraram melhoras no desempenho físico, com a

utilização de diferentes cargas, inseridas em diferentes protocolos e aplicados em atletas de diferentes modalidades esportivas. Assim, Johnson et al. (JOHNSON; SHARPE; BROWN, 2007), Kilding et al. (KILDING; BROWN; MCCONNELL, 2010) e Archiza et al. (ARCHIZA et al., 2017) utilizando a carga de 50% da  $PI_{MÁX}$ , para o treinamento de ciclistas, nadadores e jogadoras de futebol, respectivamente, e obtiveram uma melhora no desempenho dos atletas avaliados. Já Mickleborough (MICKLEBOROUGH et al., 2009) e Nunes-Junior et al. (NUNES JÚNIOR et al., 2018), realizando o TMI com 80% da  $PI_{MÁX}$ , também encontraram efeitos positivos na melhora do desempenho físico de atletas de corrida e rugby, respectivamente.

Apesar disso, vale ressaltar que apesar das cargas serem semelhantes, as características dos treinamentos e da modalidade esportiva mencionados acima, eram distintos sendo que estas diferenças também podem estar relacionadas com os resultados apresentados. Por outro lado, outras formas de determinação da carga de treinamento também foram capazes de melhorar o desempenho de atletas. Como por exemplo, o estudo de Holm et al. (2004) avaliaram 20 ciclistas experientes, entre homens e mulheres, com idade entre 18 a 45 anos, utilizando o treinamento muscular inspiratório com o método de Isocapnia Hiperpnéica, considerando para a determinação da carga de treinamento o VC e FR máximos obtidos em um teste de ciclismo. Os mesmos obtiveram melhora tanto no desempenho (4,7%), como na resistência muscular inspiratória (15%).

### **3.4.2 Respostas Cardiovasculares, Respiratórias e Metabólicas**

Para a obtenção de um adequado desempenho durante a realização do exercício físico é necessário que haja uma boa integração entre os sistemas que compõem o corpo humano (WASSERMAN, 2012). No entanto, o TECP é capaz de avaliar a interação apenas dos sistemas pulmonar, cardiovascular e musculoesquelético (BALADY et al., 2010). Apesar disso, este teste é considerado padrão ouro para a avaliação do condicionamento físico tanto de participantes saudáveis, quanto de doentes (BALADY et al., 2010). A avaliação do consumo de oxigênio pico durante o TECP, que além de ser um indicador do nível de treinamento de uma pessoa, também permite a realização da classificação funcional aeróbica, idealizada pelo ACSM (GARBER et al., 2011). Esta classificação, por sua vez auxilia na avaliação mais precisa do nível de condicionamento físico, mas não garante um melhor desempenho esportivo.

### 3.4.3 Limitações do Estudo

Uma das principais limitações desse estudo é a inexistência de resistores inspiratórios lineares capazes de gerar altas cargas de resistências inspiratórias, acima de 200 cmH<sub>2</sub>O e que garantam ao mesmo tempo a manutenção da resistência durante todo o ciclo respiratório. Esta foi uma das limitações do estudo, pois alguns participantes já chegavam ao laboratório com uma  $PI_{MÁX}$  próxima ou acima de 200 cmH<sub>2</sub>O, o que impedia que os mesmos participassem deste projeto, já que não conseguiríamos avaliar sua progressão durante e após o treinamento.

Outra limitação deste estudo foi a utilização de dois sistemas de análises de gases expirados, para a avaliação dos participantes, devido à quebra de um dos equipamentos durante a realização da coleta de dados. Esta limitação resultou em um alto número de participantes excluídos nessa pesquisa, pois foi necessário a manutenção apenas dos dados de participantes que iniciaram e finalizaram o protocolo no mesmo analisador de gases expirados, devido a impossibilidade de realização de testes para determinação de um fator de correção, já que até a defesa desta tese um dos equipamentos ainda encontrava-se quebrado. Porém, este problema foi minimizado, devido a análise dos dados em deltas, evitando assim a interferência dos equipamentos no resultado da pesquisa. Esta limitação também foi apresentado no estudo multicêntrico de Arena et al. (2007), mas devido ao grande número de amostras não foi necessário a realização de um fator de correção, como sugerido nas considerações futuras deste estudo.

### 3.4.4 Implicações Clínicas

Este é o primeiro trabalho a iniciar os estudos para identificação da melhor carga para o TMI de indivíduos saudáveis, praticantes de ciclismo, que correspondam a suas necessidades e características físicas. Segundo os resultados encontrados pela padronização dos demais parâmetros de treinamento e a avaliação de um treinamento sem carga, com intensidade moderada e uma intensidade alta, foi possível determinar que para essa população, cargas inspiratórias de média (60% da  $PI_{MÁX}$ ) e alta intensidade (PThC) são melhores para aumentar o desempenho no teste de exercício cardiopulmonar em bicicleta ergométrica.

### **3.4.5 Conclusão**

Conclui-se que TMI com cargas de média a alta intensidade (60% da  $PI_{MÁX}$  e PThC) são adequadas para melhorar o desempenho de ciclistas recreacionais durante o TECP, sendo que, a intensidade moderada gerou melhores resultados.

#### **4   CAPÍTULO III: EFEITO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE AS RESPOSTAS VENTILATÓRIAS.**

Parte desses dados serão submetidos ao periódico *British Journal of Sports Medicine Physical Therapy in Sports*, no manuscrito intitulado “*Critical inspiratory pressure promotes greater inspiratory muscle strength and endurance in recreational cyclists. A double randomized controlled trials*”. Autores: Patricia Rehder-Santos, Raphael Martins de Abreu, Étore De Favari Signini, Claudio Donisete da Silva, Camila Akemi Sakaguchi, Carla Cristina Dato e Aparecida Maria Catai.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O benefício do treinamento muscular inspiratório (TMI) para o aumento do desempenho físico em participantes saudáveis é atribuído a vários mecanismos fisiológicos, como a mudança no padrão respiratório e atenuação do metaborreflexo muscular inspiratório (MORENO et al., 2017; WITT et al., 2007). Entretanto, apesar dos bons resultados do TMI, pouco se conhece sobre a melhor forma de prescrição para este tipo de treinamento e quais serão os melhores parâmetros e respostas do sistema respiratório em indivíduos saudáveis (STURDY et al., 2003).

Além disso, os músculos respiratórios se diferem dos demais músculos do corpo humano por causa de sua resistência, entretanto, a prescrição de TMI mais comumente utilizada está relacionada a medidas de força muscular inspiratória (FMI), sendo o mais comum o uso da pressão inspiratória máxima ( $PI_{MÁX}$ ). Entretanto, a prescrição de uma carga, que considere tanto a resistência muscular inspiratória (RMI), como a FMI, pode gerar ganhos adicionais aos gerados pela prescrição baseada apenas na FMI. Pensando nisso, surgiu a ideia da utilização de uma carga baseada no conceito de potência crítica, a pressão inspiratória crítica (PThC) (MINATEL, 2017).

Sendo assim, a hipótese deste trabalho é que alta intensidade (PThC) de TMI apresente melhores resultados em relação à média intensidade (60% da  $PI_{MÁX}$ ) e ao Sham, para as variáveis: FMI e RMI, como melhora da função pulmonar e padrão respiratório. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar o efeito de diferentes intensidades de TMI na melhora da força, resistência, função pulmonar e padrão respiratório em repouso de ciclistas recreacionais.

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1 Classificação do estudo

Este estudo é experimental, longitudinal, randomizado e duplo cego. Foram cegados os participantes e o pesquisador responsável pelas coletas de dados, tabulação e análise estatística (Patricia Rehder-Santos). O desenho metodológico foi baseado no *Consolidated Standards of Reporting Trials* - CONSORT (SCHULZ et al., 2010).

### 4.2.2 Aspectos éticos e desenho do estudo

Todos os aspectos éticos foram considerados para realização do projeto e o mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade

Federal de São Carlos (UFSCar) (#1.558.731) (**ANEXO A**) e registrado no *ClinicalTrials.gov* (#NCT02984189). Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (**APÊNDICE 1**).

As avaliações experimentais e procedimentos foram realizados no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV) do Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico (NUPEF) do Departamento de Fisioterapia (DFisio) e os testes ergométricos clínicos na Seção de Fisioterapia Cardiovascular da Unidade Saúde Escola (USE), ambos localizados na UFSCar, campos São Carlos.

#### **4.2.3 Participantes**

O software GPower 3.1.3 (Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Germany) foi utilizado para a realização do cálculo amostral para este estudo. Para a determinação do tamanho da amostra foi utilizado o tamanho do efeito, determinado a priori ( $f = 0,25$ ), de acordo com COHEN (COHEN, 1988), para o teste de análise de variância (ANOVA) *Two-way* misto, bem como os valores de 0,05 para probabilidade de erro do tipo I, 0,80 para probabilidade de erro do tipo II (poder ou  $\beta$ ). Portanto, a fim de garantir essas condições pré-estabelecidas, pelo menos 30 participantes deveriam participar deste estudo.

Foram avaliados trinta e um homens ciclistas recreacionais, idade entre 20 e 40 anos, aparentemente saudáveis, que pratiquem ciclismo por pelo menos 6 meses consecutivos e 150 minutos/semanais [classificados como ativos pelo AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (7)]. Além disso, foram definidos como critérios de não inclusão: presença de anormalidades nos sistemas cardiovascular, respiratório, musculoesquelético ou neurológicos, que pudessem impossibilitar a realização dos testes; obesos [índice de massa corporal (IMC)  $>30 \text{ kg/m}^2$ ], alcoolistas, usuários de drogas ilícitas ou medicamentos de uso contínuo, diabéticos, hipertensos, ex-fumantes com menos de um ano de interrupção e participantes que realizaram algum tipo de TMI nos últimos 12 meses. Foram excluídos: participantes com alterações do eletrocardiograma (ECG), em repouso e/ou durante o teste de exercício clínico e fraqueza muscular inspiratória ( $PI_{MÁX} < 60\%$  do predito).

Após a avaliação inicial os participantes foram randomizados em três grupos: Sham (SG;  $n=9$ ), 60% de  $PI_{MÁX}$  (60G;  $n=10$ ) e PThC (CPG;  $n=12$ ). Os grupos foram formados utilizando a randomização estratificada (KERNAN, 1999), por meio do

pareamento de indivíduos com a mesma classificação funcional aeróbia (AHA, 1972) e faixa etária (20-30 e 31-40 anos), usando envelopes pardos.

#### **4.2.4 Avaliação clínica e caracterização da amostra**

Antes da realização do protocolo experimental, os participantes foram submetidos as seguintes avaliações: anamnese, ECG convencional de 12 derivações, teste de exercício clínico em esteira, ambos realizados na presença de um cardiologista, acompanhado por um fisioterapeuta. O objetivo destas avaliações foram a avaliação clínica e cardiovascular dos participantes.

#### **4.2.5 Protocolo Experimental**

O protocolo experimental foi realizado durante treze semanas. Na primeira, quinta e décima terceira semanas, os participantes foram submetidos as seguintes avaliações: FMI e RMI incremental (RMIi). A prova de função pulmonar (PFP) e o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) foram realizados na primeira e décima terceira semanas do estudo. O TMI foi realizado da segunda a décima segunda semanas do protocolo experimental, totalizando durante 11 semanas. Durante as semanas de reavaliações, os participantes continuavam a realizar o treinamento.

##### ***4.2.5.1 Teste de força muscular respiratória***

A avaliação da FMI foi realizada com o participante em repouso, na posição sentada, usando um manovacuometro digital (MVD-300, Globalmed, Porto Alegre, Brasil) e um clipe nasal, de acordo com o guia brasileiro para medidas de pressões respiratórias estáticas máximas (SOUZA, 2002). Estas medidas foram realizadas sempre pelo mesmo avaliador. A  $PI_{MÁX}$  foi determinada após um esforço inspiratório máximo, partindo do volume residual. Já a pressão expiratória máxima ( $PE_{MÁX}$ ) foi determinada após esforço expiratório máximo, a partir da capacidade pulmonar total. As manobras foram realizadas utilizando um tubo rígido com a extremidade distal ocluída e um orifício de 2 mm de diâmetro (SOUZA, 2002). Os valores das pressões respiratórias máximas foram obtidas no primeiro segundo após o pico de pressão (SOUZA, 2002). Foram realizadas pelo menos três manobras, com um intervalo entre elas de 30 segundos (ROMER; MCCONNELL, 2004), até que fossem obtidos os maiores valores reprodutíveis (diferença <10%) em pelo menos três manobras e foi considerado o maior valor, como o valor da pressão respiratória estática máxima. Os valores de referências

utilizados foram os propostos por Neder et al. (NEDER et al., 1999) para a população brasileira.

#### ***4.2.5.2 Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP)***

O TECP foi usado para avaliação da potência aeróbica dos participantes [consumo de oxigênio pico ( $VO_{2PICO}$ )](BALADY et al., 2010). O protocolo do tipo rampa foi realizado em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (CORIVAL V3, Lode BV, The Netherlands) e consistia em 6 minutos de repouso, 3 minutos de aquecimento, um incremento de carga gradual até a interrupção do exercício, 6 minutos de desaquecimento ativo e 1 minuto de desaquecimento passivo. O incremento de potência foi calculado para cada participante de acordo com a fórmula de Wasserman et al. (2012) e adaptada por um avaliador experiente, para prevenir que o incremento fosse subestimado. Sendo que, o incremento neste estudo variou de 25 a 45 W/min.

Os participantes foram instruídos a manterem a cadência constante durante todo o protocolo (variando entre os participantes de 60 a 80 rpm) e o período de incremento dos testes ficaram entre 8 e 12 minutos (BALADY et al., 2010). As variáveis ventilatórias foram coletadas, respiração a respiração, por sistemas de medida de gases expirados (ULTIMA MedGraphics - St. Paul, Minnesota, USA/VMAX Encore 29 System – Carefusion, Yorba Linda, California, USA) e processados no software específico de cada equipamento (Breeze Suite 7.1, MedGraphics - St. Paul, Minnesota, USA/VMAX Encore 29 System Software – Carefusion, Yorba Linda, California, USA). O maior valor de  $VO_2$  obtido nos últimos 30 segundos do TECP foi considerado o  $VO_{2PICO}$  (BALADY et al., 2010).

#### ***4.2.5.3 Avaliação do Padrão Respiratório em Repouso***

Para a avaliação do padrão respiratório em repouso foi utilizado a média dos últimos 30 segundos coletados antes do início do TECP e realizado a análise das variáveis ventilatórias relacionadas ao padrão respiratório dos participantes:  $PETCO_2$ : pressão parcial final de dióxido de carbono,  $PETO_2$ : pressão parcial final de oxigênio; VE: ventilação minuto;  $VE/VCO_2$ : equivalente metabólico de dióxido de carbono;  $VE/VO_2$ : equivalente ventilatório de oxigênio;  $VO_2$ : consumo de oxigênio; VC: volume corrente;  $T_i$ : tempo inspiratório;  $T_e$ : tempo expiratório;  $T_t$ : tempo total; FR: frequência respiratória. Além disso, foram calculados os deltas ( $\Delta$  = décima terceira – primeira semanas) de todas estas variáveis para análise estatística.

#### **4.2.5.4 Prova de Função Pulmonar (PFP)**

As manobras foram realizadas de acordo com os guias internacionais (“ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing”, 2002) e consistiram nos testes de capacidade vital lenta e forçada (CVL e CVF) e ventilação voluntária máxima (VVM). Os testes foram realizados utilizando um módulo de fluxo acoplado a um sistema de medida ventilatório e metabólico (ULTIMA MedGraphics - St. Paul, Minnesota, USA). As variáveis analisadas foram: CVF, volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), relação entre  $VEF_1$  e CVF ( $VEF_1/CVF$ ), capacidade inspiratória (IC), volume de reserva expiratória (VRE) e VVM. Os valores preditos foram calculados de acordo com Pereira (2002).

#### **4.2.5.5 Teste de resistência muscular inspiratória incremental (RMIi)**

Foi realizado um protocolo incremental com cargas de 50 a 100% da  $PI_{MÁX}$  e incremento de 10% da  $PI_{MÁX}$  a cada 3 minutos. Os participantes receberam um estímulo verbal para manutenção da FR em 12 respirações/minuto e o teste podia continuar até 100% da  $PI_{MÁX}$ . Neste caso, se o paciente fosse capaz de gerar um fluxo de ar capaz de disparar o equipamento por mais de uma vez, a medida da  $PI_{MÁX}$  era refeita e o teste de RMIi repetido, após 15 minutos. Os critérios de interrupção foram: falha para manutenção da carga, incapacidade de manter a FR em 12 respirações/minuto por pelo menos 1 minuto, incapacidade de manter o esforço respiratório indicado pelo participante ( $BORG/CR10 \geq 7$ ) (BORG, 1982) e solicitação de interrupção pelo participante. A maior porcentagem da  $PI_{MÁX}$  que o participante conseguia manter por pelo menos 1 minuto ( $PTh_{MÁX}$ ) era considerada como a carga de RMI (DALL’AGO et al., 2006; EASTWOOD; HILLMAN; FINUCANE, 2001; NEVES et al., 2012, 2014b).

#### **4.2.6 Treinamento muscular inspiratório (TMI)**

O treinamento foi realizado durante 11 semanas, 3 vezes por semana e com duração de aproximadamente 55 minutos por sessão. O protocolo de treinamento consistia de um protocolo de carga constante intervalado, com 5 minutos de aquecimento, com 50% da carga de treinamento e 3 séries de 15 minutos, com 100% da carga de treinamento estipulada para cada grupo, com intervalo de 1 minuto entre elas.

As cargas utilizadas para o treinamento foram: para o GPC foi o valor da PThC calculada por  $PThC = (0,97 * PTh_{MAX}) - 6,957$ , de acordo com Minatel (MINATEL, 2017); para o G60 a resistência de 60% da  $PI_{MAX}$  e o GS foi treinado com a carga de 6 cmH<sub>2</sub>O. Todos os grupos foram treinados utilizando um resistor inspiratório de carga linear (*PowerBreathe inspiratory muscle trainer, Ironman K5, HaB Ltd, UK*).

Os participantes foram instruídos a manterem uma respiração diafragmática com FR de 12 respirações por minuto, durante o protocolo de treinamento. A FR foi controlada por meio de um comando verbal gravado, para garantir que todos os participantes recebessem o mesmo estímulo. Durante as 11 semanas de treinamento, os participantes foram orientados a não alterarem suas atividades físicas e hábitos alimentares.

Todos os dias, antes e após o protocolo de treinamento, era aferida a pressão arterial e o estado de saúde dos participantes era verificado. Durante todas as sessões de treinamento a frequência cardíaca era monitorada por meio do cardiofrequencímetro Polar 800CX (Kempele, Finland). Além disso, durante o período de treinamento, foi solicitado aos participantes o preenchimento de um diário de atividade física semanalmente, para o acompanhamento das atividades físicas realizadas no período, bem como nas semanas de reavaliação era solicitado o preenchimento de um diário alimentar, para garantir que estes fatores não interferissem nos resultados do treinamento. O volume de treinamento semanal e total foi controlado durante as 11 semanas, para garantir que todos os participantes deste estudo tivessem a mesma demanda metabólica.

Os participantes que não completaram as 3 sessões semanais e/ou as 33 sessões totais e/ou tiveram mudanças significativas das atividades físicas realizadas e padrão alimentar, começaram a fazer uso de medicamentos de uso contínuo foram excluídos da pesquisa.

#### **4.2.7 Análise estatística**

Todas as análises estatísticas foram processadas usando o software SigmaPlot 11.0 (Systat Software, Inc., San Jose, California, USA). O nível de significância estabelecido foi  $p < 0,05$ . Os dados com distribuição normal foram apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão; já os dados com distribuição não normal foram apresentados em mediana (intervalo interquartil). O teste de Shapiro-Wilk foi usado para a análise da normalidade dos dados e o teste de Levene para a avaliação da homogeneidade. A análise comparativa dos três grupos avaliados nos dados: idade, dados antropométricos, composição corporal, TECP ( $VO_{2PICO}$ ) e FMR ( $PI_{MAX}$  e  $PE_{MAX}$ ), ambos basais, foi

realizada pela análise de variância (ANOVA) *One-way* ou teste de Kruskal-Wallis e teste de Tukey.

Para análise da comparação entre os três grupos, considerando os fatores grupo e fase, para as variáveis de FMI ( $PI_{MÁX}$ ) e RMI ( $PTh_{MAX}$ ), foi utilizada o teste de variância (ANOVA) *Two-way* mista e teste de Tukey. Para análise da PFP e índices do padrão respiratório foi utilizado a análise de variância (ANOVA) *One-way* ou Kruskal-Wallis e o teste de Tukey.

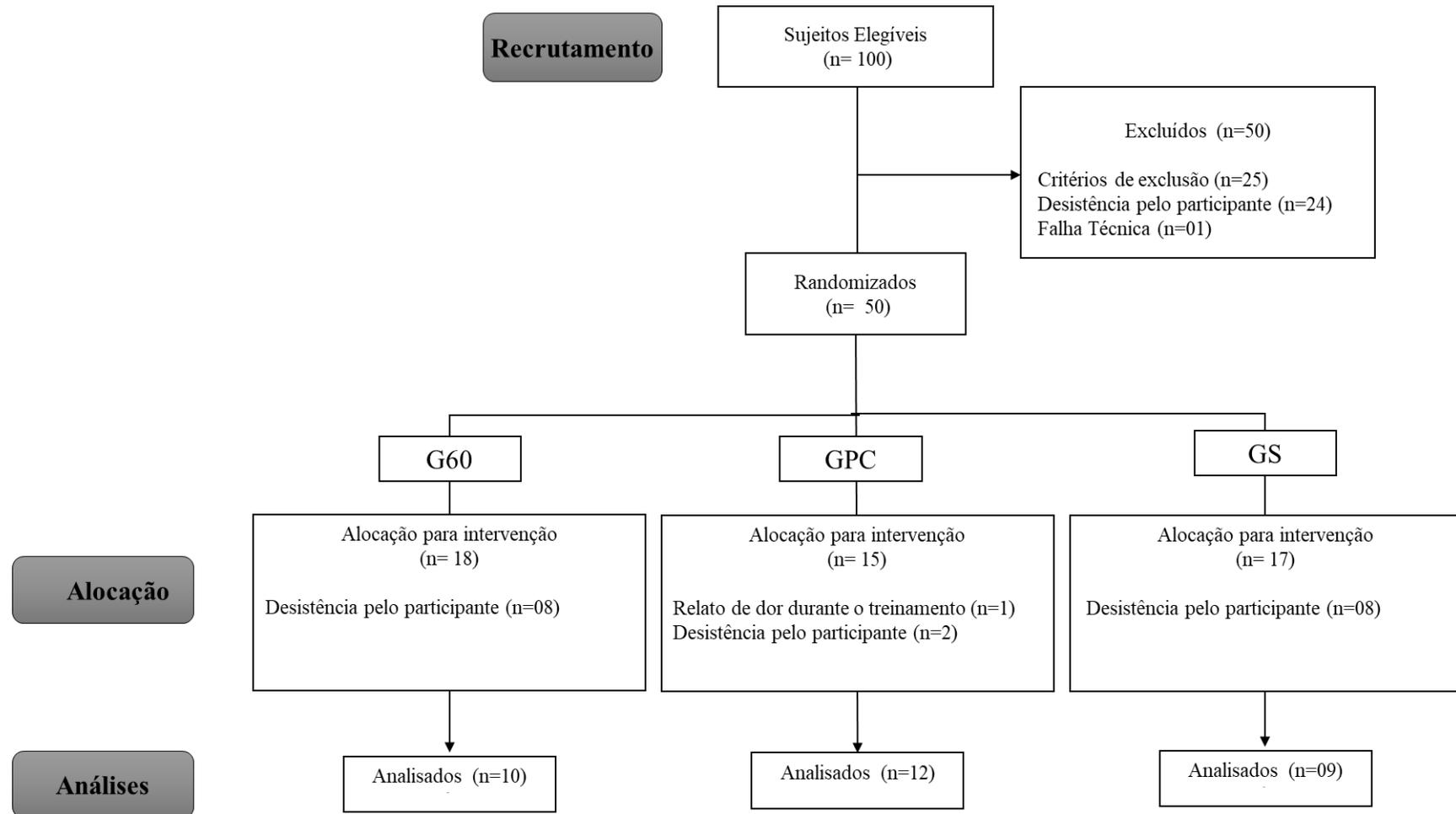
Não existiam estudos, do nosso conhecimento, que classificavam a intensidade do TMI considerando as porcentagens de  $PI_{MÁX}$ , exceto a recente revisão feita por Karsten et al. (2018), que classificou as cargas de trabalho de 50% para 60% da  $PI_{MÁX}$  como intensidade moderada e acima de 62% da  $PI_{MÁX}$  como alta intensidade. No presente estudo utilizamos estes valores como referência.

## 4.3 RESULTADOS

### 4.3.1 Participantes estudados

O fluxograma do estudo foi apresentado na **figura 8**. Um único participante apresentou dor na região das costelas durante a realização do treinamento com a carga da  $PThC$ . Ele foi excluído e encaminhado para acompanhamento médico, no entanto nos exames médicos não foi identificada nenhuma lesão. Todos os grupos foram similares em relação a composição corporal, força muscular respiratória e capacidade funcional aeróbia, antes do treinamento (**Tabela 3**).

**Figura 8.** Fluxograma de perdas do capítulo 3.



GS: grupo sham. G60: grupo 60% da pressão inspiratória máxima. GPC: grupo pressão inspiratória crítica. Sham: 6 cmH<sub>2</sub>O.  
Fonte: arquivo do autor.

**Tabela 3.** Caracterização dos participantes e dados basais.

	<b>GS (n=9)</b>	<b>G60 (n=10)</b>	<b>GPC (n=12)</b>	<b>Valor de p</b>
Idade (anos)	32(9)	35(14)	29(12)	0,61
<b>Dados Antropométricos</b>				
Massa Corporal Total (Kg)	73(18)	75(12)	78(23)	0,74
Estatura (m)	1,78±0,04	1,76±0,06	1,76±0,05	0,56
Índice de Massa Corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	23,04±3,64	24,14±1,87	25,01±3,54	0,59
% de gordura	21,46±5,54	20,63±3,49	21,85±4,56	0,82
<b>Força Muscular Respiratória</b>				
PI <sub>MÁX</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	148±11	158±25	147±14	0,29
% predito	130(7)	127(11)	132(10)	0,61
PE <sub>MÁX</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	160(39)	161(20)	178(40)	0,30*
% predito	118±23	119±21	131±28	0,42*
<b>Capacidade Funcional Aeróbia</b>				
VO <sub>2PICO</sub> (ml/Kg.min)	42,03±8,48	47,97±9,06	49,59±12,42	0,25

*Software SigmaPlot 11.0. Análise de variância (ANOVA) One-way ou teste de Kruskal-Wallis e teste de Tukey. Valores foram expressos de acordo com média ± desvio-padrão ou mediana (intervalo interquartil). Foi estabelecido o p <0,05. PE<sub>MÁX</sub>: pressão expiratória máxima. PI<sub>MÁX</sub>: pressão inspiratória máxima. G60: grupo 60% da PI<sub>MÁX</sub>. GPC: grupo pressão inspiratória crítica. GS: grupo Sham. VO<sub>2PICO</sub>: consumo de oxigênio. \*Houveram quatro dados faltantes na análise da PE<sub>MÁX</sub> (absolutos e %predito), sendo de 3 participantes do G60 e 1 do GPC.*

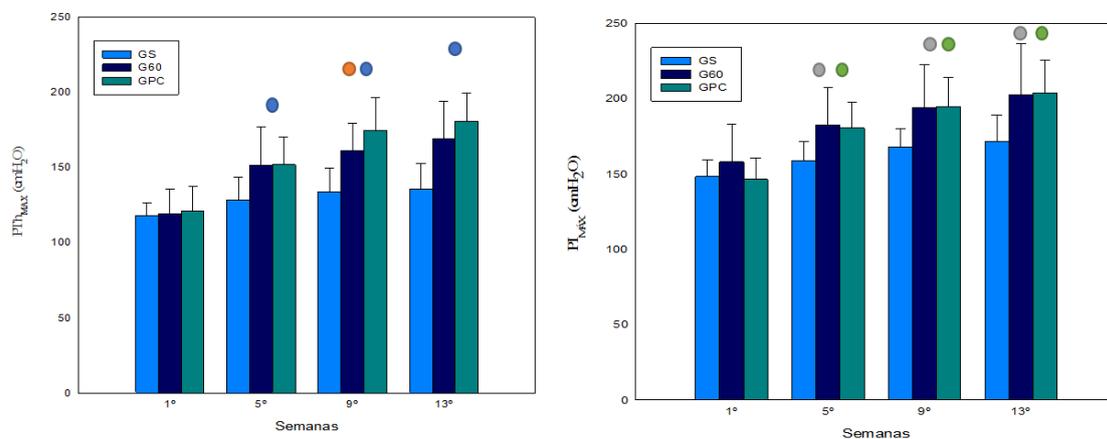
### 4.3.2 Função pulmonar, padrão respiratório, força muscular respiratória e resistência muscular inspiratória

O treinamento alterou a FMI avaliada pela  $PI_{MÁX}$ , sendo que o GPC apresentou melhores valores que o GS ( $p = 0,036$ ;  $\beta = 0,488$ ). Entretanto, não houve diferença entre o G60 e GPC (**Figura 9**). Além disso, houve um aumento nos valores de  $PI_{MÁX}$  durante todas as fases do protocolo experimental ( $p < 0,001$ ;  $\beta = 1,000$ ) (**Figura 9**). Houve um aumento da  $PI_{MÁX}$  no GPC após a reavaliação 1 (fase 2) e o G60 na reavaliação 2 (fase 3), e a diferença entre o GPC e G60 apareceu na reavaliação 2 (fase 3) e entre o G60 e GS na avaliação 4 (fase 4) ( $p < 0,001$ ;  $\beta = 0,986$ ) (**Figura 9**).

Em relação a RMI, houve diferença entre os grupos, sendo que o GPC apresentou melhora em relação aos demais grupos ( $p = 0,002$ ;  $\beta = 0,900$ ), bem como diferença em relação as fases, sendo que a RMI aumentou até a reavaliação 2 (fase 3) ( $p < 0,001$ ;  $\beta = 1,000$ ) (**Figura 9**). Também houve interação entre o GPC em todas as fases, exceto para a avaliação inicial ( $p < 0,001$ ;  $\beta = 1,000$ ) (**Figura 9**).

O G60 apresentou maiores valores da porcentagem da CVL predita em relação ao GS. Assim como, valores mais altos de  $FEF_{MÁX}$  (valor absoluto e porcentagem do predito) em comparação ao GPC, porém estas diferenças já estavam presentes antes do início do treinamento e não se alteraram após o mesmo (**Tabela 4**). Entretanto, o TMI nas diferentes cargas estudadas não promoveu alterações no padrão respiratório na população avaliada (**Tabela 5**).

**Figura 9.** Efeito do treinamento muscular inspiratório na força e resistência muscular inspiratória.



$PI_{MÁX}$ : pressão inspiratória máxima.  $\circ$  = diferença entre o GPC e os grupos GS e G60.  $\circ$  = diferença entre as fases anteriores.  $\circ$  = diferença entre o GPC com o GS.  $\circ$  = diferença entre as fases anteriores.

Fonte: Arquivo próprio do autor.

**Tabela 4.** Efeito do treinamento muscular inspiratório na função pulmonar de ciclistas recreacionais.

	GS (n=9)		G60 (n=10)		GPC (n=12)		Valor de p		
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Fase	Grupo	Interação
CVF (L)	5,56±0,99	5,37±0,94	5,87±0,77	5,94±0,79	5,62±0,66	5,50±0,74	0,707	0,213	0,869
% predito (%)	108±23	104±22	116±14	117±15	109±09	107±10	0,646	0,083	0,866
VEF <sub>1</sub> (L)	4,68±0,95	4,45±0,92	4,65±0,64	4,63±0,63	4,57±0,62	4,40±0,63	0,463	0,780	0,899
% predito (%)	105±22	100±21	108±15	107±15	103±12	99±12	0,422	0,406	0,897
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	84±05	83±05	79±06	78±06	81±08	81±07	0,596	0,096	0,970
CVL (L)	5,49±0,73	5,30±0,79	5,71±1,15	6,04±0,74	5,58±0,67	5,55±1,28	0,875	0,287	0,683
% predito (%)	99±9	95±11	107±19	113±10	104±9	104±22	0,835	<b>0,039<sup>#</sup></b>	0,528
CI (L)	3,60±0,65	3,31±0,41	3,61±0,64	3,76±0,50	3,46±0,63	3,39±0,62	0,647	0,312	0,535
% predito (%)	89±16	81±12	92±19	95±14	88±19	85±18	0,533	0,217	0,661
VRE (L)	1,89±0,42	1,99±0,53	2,40±0,32	2,28±0,41	2,12±0,60	2,16±1,15	0,967	0,191	0,878
% predito (%)	96±20	108±34	143±33	138±36	117±36	133±89	0,544	0,069	0,750
VVM (L/min)	204±35	108±09	203±36	222±30	192±37	176±14	0,855	0,095	0,407
% predito (%)	113±15	108±14	117±24	127±23	109±20	106±21	0,921	0,061	0,462
FEF <sub>MAX</sub> (L/s)	11,01±2,03	11,10±1,28	11,05±3,03	11,52±2,04	9,93±0,88	9,84±1,17	0,741	<b>0,032*</b>	0,883
% predito (%)	95±18	96±11	100±28	104±20	86±9	85±11	0,766	<b>0,010*</b>	0,877

As análises foram realizadas no Software SigmaPlot 11.0. E os testes utilizados foram de variância (ANOVA) Two-way mista e teste Tukey. Valores foram expressos conforme média ± desvio-padrão. Foi estabelecido  $p < 0,05$ . VRE: volume de reserve expiratória. CVF: capacidade

*vital forçada. VEF<sub>1</sub>: volume expiratória forçado em 1 segundo. VEF<sub>1</sub>/CVF: razão entre o VEF<sub>1</sub> e CVF. CI: capacidade inspiratória. VVM: ventilação voluntária máxima. G60: 60% da pressão inspiratória máxima. GPC: grupo pressão inspiratória crítica. GS: grupo Sham. # Diferença entre G60 e GS. \* Diferença entre G60 e GPC.*

*Fonte: Arquivo próprio do autor.*

**Tabela 5.** Efeito do treinamento muscular inspiratório no padrão respiratório de ciclistas recreacionais.

	<b>GS (n = 9)</b>	<b>G60 (n =10)</b>	<b>GPC (n = 12)</b>	<b>Valor de p</b>
$\Delta$ VC (ml)	-122,13 $\pm$ 323,99	-1,13 $\pm$ 408,16	50,73 $\pm$ 261,61	0,570
$\Delta$ VE (L/min)	0,57 $\pm$ 3,25	1,07 $\pm$ 2,36	1,07 $\pm$ 2,94	0,920
$\Delta$ Ti (s)	-0,06(0,20)	-0,12(0,74)	-0,02(0,61)	0,536
$\Delta$ Te (s)	0,23 $\pm$ 2,01	-0,05 $\pm$ 1,90	0,16 $\pm$ 0,75	0,929
$\Delta$ TT (s)	0,26(2,31)	0,55(1,8)	0,15(0,73)	0,532
$\Delta$ FR (bpm)	-1,25 $\pm$ 4,39	0,46 $\pm$ 4,68	0,20 $\pm$ 2,65	0,665
$\Delta$ VE/VCO <sub>2</sub>	4,04 $\pm$ 10,44	-2,29 $\pm$ 6,18	0,44 $\pm$ 5,72	0,230
$\Delta$ VE/VO <sub>2</sub>	2,78 $\pm$ 9,65	-1,53 $\pm$ 7,90	0,56 $\pm$ 3,46	0,134
$\Delta$ PETO <sub>2</sub>	3,03 $\pm$ 5,73	0,81 $\pm$ 4,87	3,87 $\pm$ 5,44	0,420
$\Delta$ PETCO <sub>2</sub>	1,32 $\pm$ 6,77	2,54 $\pm$ 3,60	-1,06 $\pm$ 5,97	0,099
$\Delta$ VO <sub>2</sub> (ml.Kg/min)	-0,30 $\pm$ 0,65	0,64 $\pm$ 1,11	0,20 $\pm$ 1,09	0,186

Software SigmaPlot 11.0 e Análise de variância (ANOVA) One-way ou teste Kruskal-Wallis e teste de Tukey. Os valores foram expressos de acordo com média  $\pm$  desvio padrão ou média (intervalo interquartil). Foi estabelecido  $p < 0,05$ . G60: grupo 60% da pressão inspiratória máxima. GPC: grupo pressão inspiratória crítica. GS: grupo Sham. # Diferença entre G60 e GS. \* Diferença entre G60 e GPC.

A **Tabela 6** apresenta a média das cargas utilizadas para o treinamento de cada grupo avaliado, durante as três fases do presente estudo.

**Tabela 6.** Progressão das cargas de treinamento muscular inspiratório

GRUPOS	TMI 1	TMI 2	TMI 3
<b>Sham</b>	<b>6<math>\pm</math>0</b>	<b>6<math>\pm</math>0</b>	<b>6<math>\pm</math>0</b>
<b>60 da PI<sub>MÁX</sub></b>	<b>94<math>\pm</math>15</b>	<b>110<math>\pm</math>15</b>	<b>116<math>\pm</math>17</b>
<b>PThC</b>	<b>111<math>\pm</math>15</b>	<b>139<math>\pm</math>17</b>	<b>161<math>\pm</math>17</b>

PI<sub>MÁX</sub>: pressão inspiratória máxima. PThC: pressão inspiratória crítica.

## **4.4 DISCUSSÃO**

O principal resultado deste estudo é que a alta intensidade (PThC) de TMI melhorou a RMI em ciclista recreacionais, assim como gerou melhores ganhos de FMI, nessa população. Entretanto, nenhuma intensidade avaliada gerou alterações significativas na função pulmonar e padrão respiratório em repouso, nos indivíduos avaliados.

### **4.4.1 Força muscular inspiratória**

Os resultados do presente estudo corroboram com os resultados da revisão realizada por Karsten et al. (2018). Esta recente revisão sistemática avaliou o efeito do TMI usando cargas de treinamento lineares em diferentes modalidades esportivas. As cargas de treinamento usadas nos estudos avaliados variavam entre 50% e 80% da  $PI_{MÁX}$  e independente da carga de treinamento foi observado um aumento da FMI, sendo que os esportes aeróbicos apresentaram melhores resultados em relação aos outros tipos de atividades físicas (KARSTEN et al., 2018). Os autores, nesta revisão, sugerem que o aumento da FMI está relacionado a dois fatores, morfológico e neural (KARSTEN et al., 2018). Quanto aos fatores morfológicos, o principal deles é o aumento da espessura diafragmática, que foi observado em vários estudos, tanto em pessoas saudáveis (DOWNEY et al., 2007; WEST et al., 2014), como em portadores de doenças cardiorrespiratórias (CHIAPPA et al., 2008). Já as alterações neurais foram relatadas devido à evidência de que o TMI pode atenuar a fadiga dos músculos acessórios da inspiração (KARSTEN et al., 2018).

Entretanto, de acordo com o presente estudo, apesar de intensidades moderadas e altas terem aumentado o FMI, a carga PThC foi mais eficiente, sustentando a hipótese de que uma carga que considera tanto o FMI quanto o RMI pode gerar benefícios adicionais às cargas tradicionalmente utilizadas (MINATEL, 2017). Deve-se notar que, com os resultados deste estudo, foi possível visualizar que uma carga determinada pela combinação da FMI e RMI trouxe melhores benefícios do que uma carga que considere apenas um fator.

### **4.4.2 Resistência Muscular Inspiratória**

De acordo com a revisão sistemática escrita por Sales et al. (2016), o treinamento muscular respiratório aumentou a RMI em atletas e não atletas, usando cargas entre 30%

e 50% da  $PI_{MÁX}$ , como também, treinamentos que utilizaram porcentagens de variáveis relacionadas a resistência muscular respiratória, como a pressão inspiratória sustentada máxima (40% – 80%) e VVM (50% – 85%). Vale ressaltar que os melhores resultados foram obtidos com cargas derivadas do teste de RMI, devido à especificidade do objetivo de avaliação e treinamento. Os achados do presente estudo mostram que altas intensidades de TMI podem melhorar a RMI de ciclistas recreacionais, avaliados pelo RMIi. Este resultado foi provavelmente obtido, devido à maneira de determinar a carga de treinamento, como discutido anteriormente. No entanto, mais estudos são necessários para comparar o desempenho do TMI com PThC, com cargas derivadas de testes de resistência, para avaliar se existe uma superioridade entre um ou outro.

#### **4.4.3 Função Pulmonar**

Karsten et al. (2018) por meio de uma revisão sistemática, observaram que os PFP, avaliados pelos índices espirométricos, não se alteraram após o TMI, em nenhuma modalidade esportiva. Esse resultado foi atribuído ao processo de desenvolvimento pulmonar, que atinge o pico aos 13 anos e é encerrado aos 20 anos nos homens (SHERRILL; CAMILLI; LEBOWITZ, 1989). Desde então, após este período, métodos como a prática de esportes e o próprio TMI, não são capazes de melhorar esses índices (PLAVSIC et al., 2011). Até porque atletas já possuem excelente função pulmonar (DURMIC et al., 2015).

Embora muitos estudos tenham encontrado melhora na VVM após o TMI, não há consenso na literatura, sob a utilização dessa variável como um índice de RMI, uma vez que muitos estudos questionam sua eficácia para essa finalidade, devido à curta duração desse teste (“ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing”, 2002; SALES et al., 2016). Esses resultados estão em acordo com os resultados apresentados neste estudo, onde não foram observadas alterações da função pulmonar, após o protocolo de TMI.

#### **4.4.4 Padrão Respiratório**

Nenhuma alteração no padrão respiratório foi observada após o TMI em nenhuma das cargas de treinamento. Isso pode ter ocorrido devido ao controle da respiração tanto durante as avaliações, quanto durante o treinamento. Isso pode ter impossibilitado que o padrão respiratório fosse modificado de acordo com as exigências impostas durante o treinamento.

#### **4.4.5 Limitações**

Uma das principais limitações deste estudo está relacionada à restrição de carga apresentada pelo software do equipamento utilizado, uma vez que possui o maior valor de resistência de 200 cmH<sub>2</sub>O, o que limitou a avaliação e consequente inclusão de alguns participantes.

#### **4.4.6 Prática Clínica**

O conhecimento dos efeitos de diferentes intensidades do TMI é essencial para uma escolha baseada em evidências quanto ao melhor protocolo de treinamento para cada população e objetivo. Assim, os resultados desta pesquisa permitiram uma maior compreensão dos efeitos de diferentes intensidades de TMI em ciclistas recreacionais, para a melhoria da FMI e da RMI.

Karsten et al. (2018) afirmam que os protocolos de TMI utilizados para a população de atletas foram modelos desenvolvidos e estudados para pacientes com doenças cardiorrespiratórias. Portanto, o presente estudo é o primeiro passo para a elaboração de protocolos específicos de TMI para atletas amadores. Sendo que, os resultados deste estudo podem auxiliar na escolha da melhor carga para o ganho da FMI e RMI, nesta população.

### **4.5 CONCLUSÃO**

A PThC parece ser a melhor carga de TMI para melhorar a força muscular inspiratória e resistência muscular inspiratória em ciclistas recreacionais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Baseado nos achados apresentados na população estudada observamos:

- ✓ A carga PThC foi capaz de promover melhores ganhos para a força e resistência muscular inspiratória;
- ✓ A carga de 60% da  $PI_{MÁX}$  foi capaz de promover maiores ganhos para a potência pico (W) e consumo de oxigênio pico ( $VO_{2PICO}$ );
- ✓ Nenhuma carga de treinamento foi capaz de modificar o padrão respiratório em repouso e função pulmonar;

Os resultados apresentados neste estudo são o primeiro passo para o embasamento de uma prescrição de treinamento muscular inspiratório que considere os objetivos e metas de indivíduos saudáveis ativos.

Assim, como desdobramentos futuros temos:

- ✓ Obter um fator de correção para os dados obtidos pelos equipamentos de medidas ventilatórias e metabólicas utilizados neste estudo (ULTIMA MedGraphics /VMAX Encore 29);
- ✓ Avaliar o aparecimento do metaborreflexo muscular inspiratório, antes, durante e após as 11 semanas de treinamento muscular inspiratório, nos grupos estudados;

Avaliar o padrão respiratório durante o teste de exercício cardiopulmonar e durante o teste de resistência muscular inspiratório incremental.

## 6. REFERÊNCIAS

AHA. **Exercise testing and training of apparently healthy individuals: a handbook for physicians**. Universidade de Michigan: American Heart Association, 1972.

AMANN, M. Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans: Pulmonary system and exercise performance. **Experimental Physiology**, v. 97, n. 3, p. 311–318, mar. 2012.

ARCHIZA, B. et al. Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. **Journal of Sports Sciences**, p. 1–10, 16 jun. 2017.

ARENA, R. et al. The Minute Ventilation/Carbon Dioxide Production Slope is Prognostically Superior to the Oxygen Uptake Efficiency Slope. **Journal of Cardiac Failure**, v. 13, n. 6, p. 462–469, ago. 2007.

ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 4, p. 518–624, 15 ago. 2002.

BABB, T. G. Exercise ventilatory limitation: the role of expiratory flow limitation. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 41, n. 1, p. 11–18, jan. 2013.

BAILEY, S. J. et al. Inspiratory muscle training enhances pulmonary O<sub>2</sub> uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 109, n. 2, p. 457–468, ago. 2010.

BALADY, G. J. et al. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement From the American Heart Association. **Circulation**, v. 122, n. 2, p. 191–225, 13 jul. 2010.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BURTSCHER, M. et al. Preparation for Endurance Competitions at Altitude: Physiological, Psychological, Dietary and Coaching Aspects. A Narrative Review. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 29 out. 2018.

CAHALIN, L. P. et al. Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: a review of the literature with a focus on method of training and outcomes. **Expert review of cardiovascular therapy**, v. 11, n. 2, p. 161–177, fev. 2013.

CAHALIN, L. P.; ARENA, R. Novel methods of inspiratory muscle training via the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). **Exercise and sport sciences reviews**, v. 43, n. 2, p. 84–92, abr. 2015.

CARVALHO, M. L. DE; FREITAS, C. M. DE. Pedalando em busca de alternativas saudáveis e sustentáveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1617–1628, jun. 2012.

CASTELLO-SIMÕES, V. et al. Circulatory and Ventilatory Power: Characterization in Patients with Coronary Artery Disease. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2015.

CHIAPPA, G. R. et al. Inspiratory muscle training improves blood flow to resting and exercising limbs in patients with chronic heart failure. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 51, n. 17, p. 1663–1671, 29 abr. 2008.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2. ed. New York: [s.n.].

CONSTANTINI, N. W.; DUBNOV, G.; LEBRUN, C. M. The Menstrual Cycle and Sport Performance. **Clinics in Sports Medicine**, v. 24, n. 2, p. e51–e82, abr. 2005.

DALL'AGO, P. et al. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 47, n. 4, p. 757–763, 21 fev. 2006.

DE ABREU, R. M. et al. Effects of inspiratory muscle training on cardiovascular autonomic control: A systematic review. **Autonomic Neuroscience**, v. 208, p. 29–35, dez. 2017.

DEMPSEY, J. A. et al. Respiratory influences on sympathetic vasomotor outflow in humans. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 130, n. 1, p. 3–20, mar. 2002.

DEMPSEY, J. A. et al. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 151, n. 2–3, p. 242–250, abr. 2006.

DEMPSEY, J. A. et al. Respiratory System Determinants of Peripheral Fatigue and Endurance Performance: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 3, p. 457–461, mar. 2008.

DOWNEY, A. E. et al. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 156, n. 2, p. 137–146, 14 maio 2007.

DURMIC, T. et al. Sport-specific influences on respiratory patterns in elite athletes. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, n. 6, p. 516–522, dez. 2015.

EASTWOOD, P. R. et al. The Effects of Learning on the Ventilatory Responses to Inspiratory Threshold Loading. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 158, n. 4, p. 1190–1196, out. 1998.

EASTWOOD, P. R.; HILLMAN, D. R.; FINUCANE, K. E. Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. **Respirology (Carlton, Vic.)**, v. 6, n. 2, p. 95–104, jun. 2001.

EDWARDS, A. M. Respiratory muscle training extends exercise tolerance without concomitant change to peak oxygen uptake: physiological, performance and perceptual responses derived from the same incremental exercise test. **Respirology (Carlton, Vic.)**, v. 18, n. 6, p. 1022–1027, ago. 2013.

FAIRBARN, M. et al. Improved Respiratory Muscle Endurance of Highly Trained Cyclists and the Effects on Maximal Exercise Performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 12, n. 01, p. 66–70, fev. 1991.

GARBER, C. E. et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, jul. 2011.

GETHING, A. D.; PASSFIELD, L.; DAVIES, B. The effects of different inspiratory muscle training intensities on exercising heart rate and perceived exertion. **European journal of applied physiology**, v. 92, n. 1–2, p. 50–55, jun. 2004.

HAJGHANBARI, B. et al. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. **Journal of strength and conditioning research**, v. 27, n. 6, p. 1643–1663, jun. 2013.

HAUTMANN, H. et al. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects—what is the lower limit of normal? **Respiratory Medicine**, v. 94, n. 7, p. 689–693, jul. 2000.

HIGA, M. N. et al. Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 40, n. 4, p. 501–508, abr. 2007.

HILL, D. W. The Critical Power Concept: A Review. **Sports Medicine**, v. 16, n. 4, p. 237–254, out. 1993.

HILL, K. et al. Comparison of incremental and constant load tests of inspiratory muscle endurance in COPD. **The European respiratory journal**, v. 30, n. 3, p. 479–486, set. 2007.

HOLM, P.; SATTTLER, A.; FREGOSI, R. F. Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. **BMC physiology**, v. 4, p. 9, 6 maio 2004.

ILLI, S. K. et al. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 42, n. 8, p. 707–724, 1 ago. 2012.

JAKOVLJEVIC, D. G.; MCCONNELL, A. K. Influence of different breathing frequencies on the severity of inspiratory muscle fatigue induced by high-intensity front crawl swimming. **Journal of strength and conditioning research**, v. 23, n. 4, p. 1169–1174, jul. 2009.

JANSSENS, L. et al. The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: A systematic review. **Respiratory Medicine**, v. 107, n. 3, p. 331–346, mar. 2013.

JOHNSON, M. A.; SHARPE, G. R.; BROWN, P. I. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. **European journal of applied physiology**, v. 101, n. 6, p. 761–770, dez. 2007.

JOHNSON, P. H.; COWLEY, A. J.; KINNEAR, W. J. Evaluation of the THRESHOLD trainer for inspiratory muscle endurance training: comparison with the weighted plunger method. **The European respiratory journal**, v. 9, n. 12, p. 2681–2684, dez. 1996.

JONES, A. M. et al. Critical Power: Implications for Determination of  $\dot{V}O_{2\max}$  and Exercise Tolerance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 10, p. 1876–1890, out. 2010.

JONES, N. L.; KILLIAN, K. J. Exercise Limitation in Health and Disease. **New England Journal of Medicine**, v. 343, n. 9, p. 632–641, 31 ago. 2000.

KARSTEN, M. et al. The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 34, p. 92–104, nov. 2018.

KERNAN, W. Stratified Randomization for Clinical Trials. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 52, n. 1, p. 19–26, jan. 1999.

KILDING, A. E.; BROWN, S.; MCCONNELL, A. K. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 3, p. 505–511, fev. 2010.

MICKLEBOROUGH, T. D. et al. Inspiratory flow resistive loading improves respiratory muscle function and endurance capacity in recreational runners: Inspiratory muscle training and running. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 20, n. 3, p. 458–468, 16 jun. 2009.

MILLER, M. R. Standardisation of spirometry. **European Respiratory Journal**, v. 26, n. 2, p. 319–338, 1 ago. 2005.

MINATEL, V. et al. **Determination of inspiratory critical pressure in healthy men.** European Respiratory Journal. **Anais...2015**

MINATEL, V. **Análise das respostas ventilatórias, metabólicas e do controle autonômico cardiovascular durante testes de resistência muscular inspiratória e de determinação da pressão inspiratória e de determinação da pressão inspiratória crítica.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 3 fev. 2017.

MONOD, H.; SCHERRER, J. THE WORK CAPACITY OF A SYNERGIC MUSCULAR GROUP. **Ergonomics**, v. 8, n. 3, p. 329–338, jul. 1965.

MORENO, A. M. et al. Inspiratory Muscle Training Improves Intercostal and Forearm Muscle Oxygenation in Patients With Chronic Heart Failure: Evidence of the Origin of the Respiratory Metaboreflex. **Journal of Cardiac Failure**, 9 maio 2017.

MORITANI, T. et al. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339–350, maio 1981.

NEDER, J. A. et al. Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 32, n. 6, p. 719–727, jun. 1999.

NEDER, J. A.; NERY, L. E. **Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática**. [s.l.: s.n.].

NEVES, L. F. et al. Expiratory and expiratory plus inspiratory muscle training improves respiratory muscle strength in subjects with COPD: systematic review. **Respiratory care**, v. 59, n. 9, p. 1381–1388, set. 2014a.

NEVES, L. M. T. et al. Relationship between inspiratory muscle capacity and peak exercise tolerance in patients post-myocardial infarction. **Heart & Lung**, v. 41, n. 2, p. 137–145, mar. 2012.

NEVES, L. M. T. et al. Respiratory muscle endurance is limited by lower ventilatory efficiency in post-myocardial infarction patients. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 18, n. 1, p. 1–8, fev. 2014b.

NOVAIS, L. et al. Anaerobic Threshold by Mathematical Model in Healthy and Post-Myocardial Infarction Men. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 02, p. 112–118, 28 out. 2015.

NUNES JÚNIOR, A. DE O. et al. EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IN RUGBY PLAYERS. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, n. 3, p. 216–219, maio 2018.

OJA, P. et al. Health benefits of cycling: a systematic review: Cycling and health. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 21, n. 4, p. 496–509, ago. 2011.

PEREIRA, C. A. DE C. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, 2002.

PLAVSIC, J. et al. Respiratory parameters of elite national water polo and volleyball players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 6, p. 539–539, 1 maio 2011.

POWERS, S. K. et al. High intensity exercise training-induced metabolic alterations in respiratory muscles. **Respiration physiology**, v. 89, n. 2, p. 169–177, ago. 1992.

ROMER, L. M.; MCCONNELL, A. K. Inter-test reliability for non-invasive measures of respiratory muscle function in healthy humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 2–3, p. 167–176, 1 mar. 2004.

SALES, A. T. DO N. et al. Respiratory muscle endurance after training in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 17, p. 76–86, jan. 2016.

SCHULZ, K. F. et al. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. **BMJ**, v. 340, n. mar23 1, p. c332–c332, 23 mar. 2010.

SHEEL, A. W. et al. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. **The Journal of Physiology**, v. 537, n. 1, p. 277–289, nov. 2001.

SHEEL, A. W.; GUENETTE, J. A. Mechanics of breathing during exercise in men and women: sex versus body size differences? **Exercise and sport sciences reviews**, v. 36, n. 3, p. 128–134, jul. 2008.

SHERRILL, D. L.; CAMILLI, A.; LEBOWITZ, M. D. On the Temporal Relationships between Lung Function and Somatic Growth. **American Review of Respiratory Disease**, v. 140, n. 3, p. 638–644, set. 1989.

SMITH, B. K. et al. Effect of training on inspiratory load compensation in weaned and unweaned mechanically ventilated ICU patients. **Respiratory care**, v. 59, n. 1, p. 22–31, jan. 2014.

SONETTI, D. A. et al. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. **Respiration physiology**, v. 127, n. 2–3, p. 185–199, set. 2001.

SOONESTE, H. et al. Effects of Training Volume on Strength and Hypertrophy in Young Men: **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 8–13, jan. 2013.

SOUZA, R. B. Pressões respiratórias estáticas Máximas. *Jounal Brasileiro de Pneumologia*. v. 28, p. 155–164, 2002.

STURDY, G. et al. Feasibility of high-intensity, interval-based respiratory muscle training in COPD. **Chest**, v. 123, n. 1, p. 142–150, jan. 2003.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Determination of Critical Power Using a 3-min All-out Cycling Test: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 3, p. 548–555, mar. 2007.

WASSERMAN, K. (ED.). **Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications**. 5th ed ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

WELLS, G. D. et al. Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. **European journal of applied physiology**, v. 94, n. 5–6, p. 527–540, ago. 2005.

WEST, C. R. et al. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 24, n. 5, p. 764–772, out. 2014.

WITT, J. D. et al. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. **The Journal of physiology**, v. 584, n. Pt 3, p. 1019–1028, 1 nov. 2007.

WYLEGALA, J. A. et al. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. **European journal of applied physiology**, v. 99, n. 4, p. 393–404, mar. 2007.

## **ANEXO A**

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da  
Universidade Federal de São Carlos.

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Avaliação das respostas cardiovasculares, respiratórias e metabólicas ao treinamento muscular inspiratório utilizando a pressão respiratória crítica em ciclistas recreacionais: estudo clínico randomizado e controlado

**Pesquisador:** Aparecida Maria Catai

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 55990116.0.0000.5504

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.558.731

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um estudo intervencional, controlado e cego que será desenvolvido no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da UFSCar. O participantes da pesquisa serão trinta homens ciclistas recreacionais (20 a 40 anos) que serão aleatorizados em Grupo Placebo (GP, n=10), Grupo PThC (GPTHc, n=10) e Grupo 60% da PIMÁX (G60, n=10). Todos os participantes serão submetidos as seguintes avaliações: teste de função pulmonar, teste de força muscular respiratória (FMR), teste cardiopulmonar (TECP), teste de resistência muscular respiratória incremental (RMRI) [pressão respiratória máxima sustentada por 1 minuto (PThMÁX)] e testes de cargas constantes respiratórias (95%, 100% e 105% da PThMÁX) utilizando um resistor inspiratório de carga linear (PowerBreathe K5). Os participantes realizarão um treinamento muscular respiratório (TMI) que terá duração de 11 semanas (3 vezes por semana e 1 hora cada sessão). A sessão será composta de 3 séries de 15 minutos de respirações (100% do valor da carga de treinamento), com intervalo de 1 minuto entre elas. Como desfecho primário "Acredita-se que a realização do treinamento muscular inspiratório ajude a melhorar o condicionamento físico dos indivíduos treinados."

**Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo primário do estudo será "Verificar o efeito do TMI utilizando a PThC em comparação ao 60% da PIMÁX, na melhora da capacidade funcional aeróbica (VO2 pico) e da carga de trabalho

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**CEP:** 13.565-905

**Telefone:** (16)3351-9683

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

Continuação do Parecer: 1.558.731

máxima em Watts, avaliadas durante o TECP, em ciclistas recreacionais. E como objetivo secundário será "Avaliar as respostas cardiovasculares (FC, PAS, PAD, VS e RVP), respiratórias (PIMÁX, variáveis espirométricas, ventilação (VE), produção de gás carbônico (VCO<sub>2</sub>), índices de eficiência ventilatória) e metabólicas (VO<sub>2</sub>pico, oxihemoglobina, deoxihemoglobina e hemoglobina total) ao TMI nos três grupos avaliados. Avaliar se o TMI utilizando a PThC altera a sensação de dispneia e fadiga muscular periférica durante o TECP.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O pesquisador responsável descreve como risco "Os participantes durante a participação do projeto poderão apresentar sintomas como falta de ar, cansaço e fadiga muscular periférica, porém nestes casos as avaliações serão interrompidas até que o participante se recupere. Além disso, todos os locais onde o projeto será realizado estão equipados com equipamentos para primeiros socorros e disponibilizarão de equipe de profissionais especializados e treinados para auxiliar em casos de intercorrências". E como benefícios "Os participantes realizarão avaliações que o colocarão a par do seu condicionamento cardiorrespiratório e poderão auxiliá-los na melhora de seu condicionamento físico. Além disso, os mesmos realizarão avaliações de composição corporal, exame de sangue, testes de força e resistência muscular respiratória, teste ergométrico clínico, teste cardiopulmonar e acompanhamento nutricional de forma gratuita, e receberão ao final da pesquisa, todos os resultados destas avaliações, além de orientações para a melhora da sua prática esportiva e para manutenção de bons hábitos de vida, prevenindo assim possíveis doenças".

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto de pesquisa apresenta relevância para a área em questão.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Folha de rosto e TCLE estão de acordo com a Resolução nº466/2012.

**Recomendações:**

Nada a declarar.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em Seres Humanos recomenda que os pesquisadores responsáveis consultem as normas do CEP e a resolução nº 466 de 2012, disponíveis na página da

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9683

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

Continuação do Parecer: 1.558.731

Plataforma Brasil em caso de dúvidas.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_664443.pdf	02/05/2016 16:40:32		Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto_Projeto_TMI_2016.pdf	02/05/2016 16:29:44	Patricia Rehder dos Santos	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Comite_Etica_2016.pdf	02/05/2016 10:16:26	Aparecida Maria Catai	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Projeto_TMI_2016.pdf	02/05/2016 10:15:36	Aparecida Maria Catai	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO CARLOS, 24 de Maio de 2016

---

**Assinado por:**  
**Ricardo Carneiro Borra**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9683

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

## **APÊNDICE 1**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar  
Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico – NUPEF  
Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular

## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**TÍTULO DA PESQUISA:** “Avaliação das respostas cardiovasculares, respiratórias e metabólicas ao treinamento muscular inspiratório utilizando a pressão respiratória crítica em ciclistas recreacionais: estudo clínico randomizado e controlado”.

### **PESQUISADORES RESPONSÁVEIS PELO PROJETO:**

**ORIENTADOR:** Profa. Dra. Aparecida Maria Catai

**DOUTORANDA:** Ma. Patrícia Rehder dos Santos

**MESTRANDO:** Ft. Raphael Martins de Abreu

**INICIAÇÃO CIENTÍFICA:** Étore De Favari Signini

**INICIAÇÃO CIENTÍFICA:** Juliana Aparecida Cândido

As informações contidas nesta folha, fornecidas pela Profa. Dra. APARECIDA MARIA CATAI têm por objetivo esclarecer ao participante os procedimentos e avaliações ao qual será submetido, além de firmar acordo escrito com o mesmo para participação na pesquisa acima referida, autorizando sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos a que será submetido.

1) Natureza da pesquisa: Você está sendo convidado a participar desta pesquisa, que tem como objetivo avaliar o efeito do treinamento muscular inspiratório utilizando três cargas de resistência inspiratória em praticantes de ciclismo. O intuito da realização do treinamento muscular inspiratório é analisar e comparar as respostas das diferentes intensidades de treinamento, no desempenho físico, bem como nas respostas do coração, pulmão, do metabolismo e do controle do cérebro sobre as respostas do coração, em indivíduos saudáveis, praticantes de ciclismo.

A divulgação deste projeto para recrutamento dos participantes está sendo realizada por meio de distribuição de folhetos em locais públicos (campus da UFSCar e da cidade de São Carlos) e divulgação por rádio, televisão e internet, além do contato a participantes

que façam parte do banco de dados do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV) da UFSCar.

2) Participantes da pesquisa: Serão avaliados e treinados 30 homens, com idade entre 20 e 40 anos, praticantes de ciclismo e aparentemente saudáveis.

Para fazer parte deste grupo, você não pode ser obeso, fumante, fazer consumo de bebida alcoólica frequentemente, drogas ilícitas ou de medicamentos de uso contínuo, ter alguma doença do coração, pulmão, do sistema nervoso ou muscular; além de não ter realizado nenhum tipo de treinamento muscular inspiratório nos últimos 12 meses. Anteriormente a sua participação você deve ter praticado ciclismo por pelo menos 6 meses sem interrupção, no mínimo 150 minutos semanais. Além disso, você deverá ter disponibilidade de comparecer ao LFCV durante 13 semanas, três vezes por semana.

3) Envolvimento na pesquisa: Ao participar deste estudo você deverá permitir que algumas avaliações e o treinamento muscular inspiratório sejam realizados; além de responder alguns questionários sobre suas atividades físicas, hábitos alimentares e condições gerais de sua saúde.

O treinamento deverá ser realizado 3 vezes por semana, no período de 13 semanas (aproximadamente 3 meses), sem interrupção. Na primeira sessão você comparecerá a Unidade de Saúde Escola (USE) para realização de teste ergométrico clínico com um médico cardiologista e, se nenhuma alteração nos traçados do coração for identificada, você poderá dar continuidade as avaliações. Após o teste ergométrico você passará por uma avaliação nutricional e após 1 mês do início da adaptação da alimentação, como sugerido pela nutricionista, você realizará as seguintes avaliações:

- ✓ exame de sangue em um laboratório de análises clínicas especializado, onde será analisado seu colesterol, hemograma, glicemia, ureia, creatinina, proteína C reativa e ácido úrico;
- ✓ avaliação da sua composição corporal, onde será avaliado porcentagem de gordura e quantidade de massa magra (muscular);
- ✓ prova de função pulmonar (espirometria) e força muscular respiratória, para avaliação do sistema respiratório,
- ✓ teste de exercício cardiopulmonar na bicicleta ergométrica para avaliação do seu consumo de oxigênio,

✓ teste de resistência respiratória incremental, para a determinação da carga de treinamento.

Estas mesmas avaliações serão refeitas após o período de treinamento respiratório.

4) Sobre as coletas: Os testes serão marcados com antecedência e serão realizadas no Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico (NUPEF) – Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV), respeitando o horário das 12:00 às 20:00 horas, de segunda a sexta-feira.

5) Protocolo experimental: Logo após as avaliações iniciais descritas no item 3, será iniciado o protocolo de treinamento. O protocolo experimental diz respeito aos dias em que você fará o treinamento muscular inspiratório e as avaliações para o ajuste de carga. O treinamento será realizado 3 vezes por semana, impreterivelmente, durante 11 semanas, com duração de aproximadamente 55 minutos cada dia e consiste na realização de três séries de 15 minutos, com intervalo de 1 minuto entre elas. O treinamento será realizado com um resistor inspiratório (que é um equipamento que dificultará o ato de puxar o ar) na posição sentada e será realizado o controle da sua frequência respiratória pela utilização de um sinal sonoro. Durante o treinamento a frequência do seu batimento cardíaco será monitorizada continuamente e antes e após o treinamento será medida a sua pressão arterial e observado sua condição de saúde.

Durante o treinamento serão realizadas duas reavaliações, onde será realizado o teste de exercício cardiopulmonar na bicicleta ergométrica, para avaliação do seu condicionamento físico e o teste de resistência respiratória incremental, para reajuste da carga de treinamento.

6) Riscos e desconforto: Os procedimentos utilizados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme resolução n. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde – Brasília – DF. Você poderá sentir dor muscular, como as que ocorrem normalmente após uma atividade de exercícios, caracterizando uma situação comum que não acarretará problemas a sua saúde. O monitoramento de todas as variáveis descritas e a prescrição individualizada do exercício minimiza a possibilidade de intercorrências cardiovasculares como aumento excessivo da pressão arterial e frequência cardíaca ou presença de arritmias cardíacas durante o exercício. Caso algum destes sinais surgirem durante o exercício, ou se você apresentar sensações como tontura, palidez, suor

intenso, dor ou qualquer outro sinal ou sintoma o exercício será interrompido imediatamente. Além disso, todos os locais onde será conduzido o projeto estão equipados com equipamentos de primeiro socorro e com profissionais da área da saúde devidamente treinados.

7) **Confidencialidade:** Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Seus dados serão identificados com um código, e não com seu nome. Apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade.

8) **Benefícios:** Ao participar desta pesquisa você realizará exames que além de serem de alto custo e difícil disponibilidade, poderá leva-lo ao conhecimento de sua condição de saúde em repouso e em exercício, o que é importante para prescrição de exercícios e manutenção de sua saúde.

9) **Pagamento:** Você não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e, nada será pago por sua participação.

10) **Liberdade de recusar ou retirar o consentimento:** Você tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem penalizações.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para permitir a sua participação como participante nesta pesquisa. Portanto, preencha os itens que seguem:

## CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_ após a leitura e compreensão destas informações, entendo que a minha participação, é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

São Carlos, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do Orientador: \_\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador: \_\_\_\_\_

### **Contato dos pesquisadores:**

Profa. Dra. Aparecida Maria Catai – mcatai@ufscar.br – (16) 3351-8705

Ma. Patrícia Rehder dos Santos – rehderpaty@hotmail.com – (19) 9 8118-4926

Ft. Raphael Martins de Abreu – raphaelmatins.abreu@gmail.com – (16) 9 8151-8622

Étore De Favari Signini – etore8@gmail.com – (16) 9 9251-8258

Juliana Aparecida Cândido - juliana.a.cdo@gmail.com – (16) 9 9756-8448

## **APÊNDICE 2**

Atividades desenvolvidas durante a execução da Tese.

## **FORMAÇÃO COMPLEMENTAR (2015-2019)**

**2018 – 2018:** Escrita Científica. (Carga horária: 24h).

Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Brasil.

**2017 – 2017:** Curso Suporte Básico de Vida. (Carga horária: 6h).

Instituto Tertius, TERTIUS, Brasil.

**2015 – 2015:** Disentangling cardiovascular control mechanisms vi. (Carga horária: 12h).

Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Brasil.

## **ATUAÇÃO PROFISSIONAL (2015-2019)**

**2015 - 2019**

Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Brasil.

Vínculo: Bolsista, Enquadramento Funcional: Doutorado, Regime: Dedicção exclusiva.

**2017 - 2018**

Vínculo: Bolsista, Enquadramento Funcional: Representante Discente, Carga horária: 6

Outras informações

Integrante: Conselho da Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar Conselho do Departamento de Fisioterapia da UFSCar Comissão de Urgência e Emergência do Departamento de Fisioterapia da UFSCar Comissão Discente da Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar Comissão de Distribuição e Concessão de Bolsas Comissão Julgadora do edital PDSE 2017

## **PRÊMIOS E TÍTULOS (2015-2019)**

**2018:** Menção Honrosa, Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar.

**2017:** 1º Lugar - Prêmio UNICEP - "Mário Tolentino", Centro Universitário Central Paulista.

**2017:** 2º Lugar - Prêmio UNICEP - "Mário Tolentino", Centro Universitário Central Paulista.

**2016:** 3º Lugar de Tema Livre Oral do XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia, SOCESP.

## **PRODUÇÕES**

### **Artigos completos publicados em periódicos (2015-2019)**

1. ABREU, RM; **REHDER-SANTOS, P**; SIMÕES, RP; CATAI, AM. Can high-intensity interval training change cardiac autonomic control? A systematic review. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 2018.

2. PORTA, A; BARI, V; DE MARIA, B; CAIRO, B; VAINI, E; PERSEGUINI, NM; MILAN-MATTOS, J; **REHDER-SANTOS, P**; MINATEL, V; TAKAHASHI, ACM; CATAI, AM. Comparison between probabilistic and Wiener-Granger causality in assessing modifications of the cardiac baroreflex control with age. *PHYSIOLOGICAL MEASUREMENT*, v. 39, p. 104004 (10pp), 2018.

3. **REHDER-SANTOS, P**; MINATEL, V; RIBEIRO, BA; DUCATTI, R; MOURA-TONELLO, SC; ROSCANI, MG; REIS, MS; SILVA, E; CATAI, AM. Age is the main factor related to expiratory flow limitation during constant load exercise. *Clinics*, v. 73, p. 1, 2018.

4. PORTA, A; BARI, V; DE MARIA, B; PERSEGUINI, NM; MILAN, J; **REHDER-SANTOS, P**; MINATEL, V; TAKAHASHI, A; CATAI, A. Assessing the evolution of redundancy/synergy of spontaneous variability regulation with age. *PHYSIOLOGICAL MEASUREMENT*, v. 38, p. 940-958, 2017.

5. DE ABREU, RM; **REHDER-SANTOS, P**; MINATEL, V; DOS SANTOS, GL; CATAI, AM. Effects of inspiratory muscle training on cardiovascular autonomic control: A systematic review. *AUTONOMIC NEUROSCIENCE-BASIC & CLINICAL*, v. 208, p. 29-35, 2017.

6. MILAN-MATTOS, JC; PORTA, A; PERSEGUINI, NM; MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P**; TAKAHASHI, ACM; MATTIELLO, SM; CATAI, AM. Influence of age and gender on the phase and strength of the relation between heart period and systolic blood pressure spontaneous fluctuations. JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY, v. 124, p. jap.00903.2017-804, 2017.

7. DE MOURA-TONELLO, SCG; PORTA, A; MARCHI, A; DE ALMEIDA FAGUNDES, A; FRANCISCO, CDO; **REHDER-SANTOS, P**; MILAN-MATTOS, JC; SIMÕES, RP; GOIS, MDO; CATAI, AM. Cardiovascular Variability Analysis and Baroreflex Estimation in Patients with Type 2 Diabetes in Absence of Any Manifest Neuropathy. Plos One, v. 11, p. e0148903, 2016.

8. PERSEGUINI, NM; VERLENGIA, R; MILAN, JC; MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P**; TAKAHASHI, ACM; SANTANA-LEMOS, BA; CALADO, RT; FERREIRA FILHO, P; PORTA, A; CATAI, AM. Cardiac autonomic modulation, C-reactive protein or telomere length: Which of these variables has greater importance to aging? International Journal of Cardiology (Print), v. 178, p. 79-81, 2015.

#### **CAPÍTULOS DE LIVROS PUBLICADOS (2015-2019)**

1. SIMÕES, RP; CASTELLO-SIMÕES, V; ABREU, RM; REHDER -SANTOS, P. Treinamento Intervalado de Alta Intensidade na Reabilitação Cardiovascular. In: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva; Jocimar Avelar Martins; Marlus Karsten; Simone Dal Corso. (Org.). PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia Cardiovascular e Respiratória: Ciclo 5. 1ed.Porto Alegre, RS: Artmed/Panamericana Editora Ltda., 2018, v. 1, p. 105-107.

#### **TRABALHOS COMPLETOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS (2015-2019)**

1. MARCONDES, ACA; **REHDER-SANTOS, P**; SIGNINI, EF; ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SILVA, CD; CATAI, AM. Há relação entre as variáveis

cardiovasculares e de oxigenação muscular coletadas no teste de exercício cardiopulmonar e no teste de resistência muscular respiratória incremental? In: 19º Congresso de Iniciação Científica do Centro Universitário Central Paulista, 2017, São Carlos. Anais do 19º Congresso de Iniciação Científica da UNICEP. São Carlos: X, 2017. v. x. p. X-X.

2. SIGNINI, EF; **REHDER-SANTOS, P**; ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SILVA, CD; CATAI, AM. Estudo do comportamento metabólico das musculaturas periférica e respiratória durante um teste de resistência muscular respiratória incremental. In: 19º Congresso de Iniciação Científica do Centro Universitário Central Paulista, 2017, São Carlos. Anais do 19º Congresso de Iniciação Científica da UNICEP. São Carlos: X, 2017. v. x. p. X-X.

#### **RESUMOS EXPANDIDOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS (2015-2019)**

1. SERRANO, DR; **REHDER-SANTOS, P**; BRASSOLATTI, TFZ; LIZARELLI, FL. Análise do ciclo de vida aplicado à gestão ambiental da cadeia de suprimentos: uma revisão bibliográfica sistemática. In: XXIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2017, Bauru. Anais do XXIV Simpósio de Engenharia de Produção. x: x, 2017. v. x. p. x-x.

#### **RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS (2015-2019)**

1. SILVA, CD; **REHDER-SANTOS, P**; ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SIGNINI, EF; DATO, CC; CATAI, AM. Respostas da frequência cardíaca à diferentes intensidades de treinamento muscular inspiratório em ciclistas recreacionais: estudo clínico e randomizado. In: XXXIX Congresso da Sociedade Paulista de Cardiologia (SOCEP), 2018, São Paulo. Suplemento da Revista da SOCEP. São Paulo, 2018. v. 28. p. 323-323.

2. ABREU, RM; **REHDER-SANTOS, P**; SIGNINI, EF; SAKAGUCHI, CA; SILVA, CD; DATO, CC; CATAI, AM. Efeitos do treinamento muscular inspiratório sobre o controle autonômico cardíaco de ciclistas recreacionais. In: XXXIX Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (SOCEP), 2018, São Paulo.

Suplemento da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo. São Paulo, 2018. v. 28. p. 318-318.

3. SIGNINI, EF; **REHDER-SANTOS, P**; ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SILVA, CD; DATO, CC; CATAI, AM. Relação entre as variáveis cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas com o trabalho mecânico expiratório externo durante um teste de resistência muscular respiratória incremental. In: XXXIX Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2018, São Paulo. Suplemento da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo. São Paulo, 2018. v. 28. p. 279-279.

4. **REHDER-SANTOS, P**; RAPHAEL MARTINS DE ABREU; ÉTORE DE FAVARI SIGNINI; CAMILA AKEMI SAKAGACHI; CLAUDIO DONISETE DA SILVA; CARLA CRISTINA DATO; APARECIDA MARIA CATAI. Médias e Altas Intensidades de treinamento muscular inspiratório impactam as respostas da resistência e força muscular respiratória em ciclistas recreacionais - Estudo Clínico randomizado e controlado. In: XIX Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. ASSOBRAFIR Ciências, 2018. v. 9. p. 208-209.

5. ÉTORE DE FAVARI SIGNINI; **PATRICIA REHDER DOS SANTOS**; RAPHAEL MARTINS DE ABREU; CAMILA AKEMI SAKAGACHI; CLAUDIO DONISETE DA SILVA; ESTER SILVA; CARLA CRISTINA DATO; APARECIDA MARIA CATAI. Contribuição dos sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico para a manutenção do trabalho mecânico inspiratório externo, durante um teste de resistência muscular respiratória incremental. In: XIX Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. ASSOBRAFIR Ciências, 2018. v. 9. p. 149-149.

6. **PATRICIA REHDER DOS SANTOS**; RAPHAEL MARTINS DE ABREU; ÉTORE DE FAVARI SIGNINI; CAMILA AKEMI SAKAGACHI; CLAUDIO DONISETE DA SILVA; CARLA CRISTINA DATO; ISABELA ARRUDA VERZOLA ANICETO; APARECIDA MARIA CATAI. A intensidade de treinamento muscular inspiratório interfere na melhora do desempenho físico de ciclistas recreacionais? Estudo randomizado e controlado. In: XIX Simpósio Internacional de Fisioterapia

Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. ASSOBRAFIR Ciência, 2018. v. 9. p. 101-102.

7. GOIS, MO; SIMÕES, RP; **SANTOS, PR**; LINARES, SN; KUNZ, VC; DRIUSSO, P; HIRAKAWA, HS; PORTA, A; CATAI, AM. Relação entre o espessamento da camada média-íntima carotídea e a sensibilidade barorreflexa em pacientes com doença arterial coronária e diabetes mellitus tipo 2. In: XXXVIII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2017, São Paulo. Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2017. v. 2B. p. 288-288.

8. ABREU, RM; **REHDER-SANTOS, P**; MINATEL, V; SANTOS, GL; CATAI, AM. Treinamento muscular inspiratório e controle autonômico cardiovascular: uma revisão sistemática. In: Congresso Internacional de Fisioterapia e Terapia Ocupacional CREFITO 16, 2017, São Luís. I CONIFITO 2017. X: X, 2017. v. X. p. X-X.

9. CATAI, AM; MINATEL, V; PORTA, A; **REHDER-SANTOS, P**; GOIS, MO; RIBEIRO, BA; DUCATTI, R; GONCALVES, RA; ROSCANI, MG; SILVA, E; TAKAHASHI, ACM. Baroreflex sensitivity assessment during acute high-intensity inspiratory endurance exercise. In: European Respiratory Society International Congress 2017, 2017, Milão. ERS Congress 2017. Milan: ERS Congress 2017, 2017. v. X. p. 220-220.

10. MARCONDES, ACA; **REHDER-SANTOS, P**; SIGNINI, EF; ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SILVA, CD; DATO, CC; CATAI, AM. Identificação do ponto de aparecimento do metaborreflexo nos testes cardiopulmonar e de resistência muscular respiratória incremental. In: XXIV Congresso de iniciação científica da Universidade Federal de São Carlos, 2017, São Carlos. Anais do XXIV Congresso de iniciação científica da UFSCar. São Carlos: X, 2017. v. x. p. X-X.

11. SIGNINI, EF; **REHDER-SANTOS, P**; ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SILVA, CD; DATO, CC; ANICETO, IAV; CATAI, AM. Estudo das respostas ventilatórias e metabólicas durante teste de resistência muscular respiratória incremental em jovens saudáveis. In: XXIV Congresso de iniciação científica da Universidade Federal de São

Carlos, 2017, São Carlos. Anais do XXIV Congresso de iniciação científica da UFSCar. São Carlos: X, 2017. v. x. p. X-X.

12. CANDIDO, JA; CATAI, AM; ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SILVA, CD; SIGNINI, EF; **REHDER-SANTOS, P.** Estudo do comportamento de variáveis cardiovasculares à manobra de pressão inspiratória máxima. In: XXIV Congresso de iniciação científica da Universidade Federal de São Carlos, 2017, São Carlos. Anais do XXIV Congresso de iniciação científica da UFSCar. São Carlos: X, 2017. v. x. p. X-X.

13. LOZANO, RS; CATAI, AM; **REHDER-SANTOS, P;** ABREU, RM; SAKAGUCHI, CA; SIGNINI, EF; SILVA, CD; DATO, CC; MARMONATO, KTM. Estudo da resposta aguda da frequência cardíaca durante uma sessão de treinamento muscular inspiratório em ciclistas recreacionais. In: 19º Congresso de Iniciação Científica do Centro Universitário Central Paulista, 2017, São Carlos. Anais do 19º Congresso de Iniciação Científica da UNICEP. X: X, 2017. v. x. p. X-X.

14. DUCATTI, R; MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P;** RIBEIRO, BA; PANTONI, CBF; GONCALVES, RA; CATAI, AM. Estudo do comportamento das respostas ventilatórias e metabólicas durante teste de exercício cardiopulmonar e teste de resistência muscular respiratória incremental. In: XXIV Congresso de iniciação científica da Universidade Federal de São Carlos, 2017, São Carlos. Anais do XXIV Congresso de iniciação científica da UFSCar. São Carlos: X, 2017. v. x. p. X-X.

15. PANTONI, CBF; PORTA, A; MILAN-MATTOS, JC; PERSEGUINI, NM; MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P;** DE MOURA-TONELLO, SCG; GOIS, MO; TAKAHASHI, ACM; CATAI, AM. A influência do processo de envelhecimento na variabilidade do intervalo QT. In: XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia, 2016, São Paulo. Anais do XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia. São Paulo: Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo, 2016. v. 26. p. 206-206.

16. RIBEIRO, BA; MINATEL, V; **SANTOS, PR;** DUCATTI, R; PANTONI, CBF; GONCALVES, RA; ROSCANI, MG; SILVA, E; TAKAHASHI, ACM; CATAI, AM.

Avaliação das respostas cardiovasculares ao teste de resistência muscular inspiratória incremental em homens de meia idade. In: XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia, 2016, São Paulo. Anais do XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia. São Paulo: Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo, 2016. v. 26. p. 247-247.

17. MINATEL, V; **SANTOS, PR**; RIBEIRO, BA; DUCATTI, R; GONCALVES, RA; ROSCANI, MG; TAKAHASHI, ACM; PORTA, A; CATAI, AM. Avaliação do controle cardiovascular durante o exercício de resistência muscular inspiratória de alta intensidade. In: XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia, 2016, São Paulo. Anais do XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia. São Paulo: Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo, 2016. v. 26. p. 204-204.

18. MILAN-MATTOS, JC; ANIBAL, FF; PERSEGUINI, NM; MINATEL, V; **SANTOS, PR**; VASILCEAC, FA; MATTIELLO, SM; TAKAHASHI, ACM; PORTA, A; CATAI, AM. Análise da relação entre a sensibilidade barorreflexa e marcadores pró-inflamatórios no envelhecimento natural humano. In: XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia, 2016, São Paulo. Anais do XXXVII Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo pelo Departamento de Fisioterapia. São Paulo: Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo, 2016. v. 26. p. 204-204.

19. MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P**; RIBEIRO, BA; DUCATTI, R; TAKAHASHI, ACM; CATAI, AM. Análise da variabilidade da frequência cardíaca durante exercício de resistência muscular respiratória de alta intensidade. In: 67ª Reunião Anual da SBPC, 2015, São Carlos. 67ª Reunião Anual da SBPC, 2015.

20. MILAN, JC; ANIBAL, FF; PERSEGUINI, NM; MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P**; CASTRO, CA; VASILCEAC, FA; MATTIELLO, SM; CATAI, AM. Análise da relação de marcadores pró-inflamatórios no processo de envelhecimento natural. In: 67ª Reunião Anual da SBPC, 2015, São Carlos. 67ª Reunião Anual da SBPC, 2015.

21. RIBEIRO, BA; MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P**; DUCATTI, R; TAKAHASHI, ACM; CATAI, AM. Respostas cardiovasculares à avaliação da resistência muscular respiratória em carga constante. In: 67ª Reunião Anual da SBPC, 2015, São Carlos. 67ª Reunião Anual da SBPC, 2015.

22. MINATEL, V; **REHDER-SANTOS, P**; RIBEIRO, BA; DUCATTI, R; PANTONI, CBF; SILVA, E; TAKAHASHI, ACM; CATAI, AM. Determination of inspiratory critical pressure in healthy men. In: 25th International Congress of European Respiratory Society, 2015, Amsterdam. European Respiratory Journal, 2015. v. 46. p. PA4611.

23. MILAN, JC; ANIBAL, FF; PERSEGUINI, NM; MINATEL, V; **SANTOS, PR**; CASTRO, CA; VASILCEAC, FA; MATTIELLO, SM; TAKAHASHI, ACM; PORTA, A; CATAI, AM. Relationship between baroreflex sensitivity and hs CRP in natural human aging is dependent of gender. In: 3rd Joint meeting of the International Society of Autonomic Neuroscience and the European Federation of Autonomic Societies (ISAN-EFAS), 2015, Stresa. Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical, 2015. v. 192. p. 86-86.

## **APRESENTAÇÕES DE TRABALHO**

1. **REHDER-SANTOS, P**; MONTEIRO, CI. Apresentação da Representação Discente do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia e da Universidade Federal de São Carlos. 2018. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).

2. **PATRICIA REHDER DOS SANTOS**; RAPHAEL MARTINS DE ABREU; ÉTORE DE FAVARI SIGNINI; CAMILA AKEMI SAKAGACHI; CLAUDIO DONISETE DA SILVA; CARLA CRISTINA DATO; ISABELA ARRUDA VERZOLA ANICETO; APARECIDA MARIA CATAI. A intensidade de treinamento muscular inspiratório interfere na melhora do desempenho físico de ciclistas recreacionais? Estudo randomizado e controlado. 2018. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

3. **PATRICIA REHDER-SANTOS**; RAPHAEL MARTINS DE ABREU; ÉTORE DE FAVARI SIGNINI; CAMILA AKEMI SAKAGACHI; CLAUDIO DONISETE DA

SILVA; CARLA CRISTINA DATO; APARECIDA MARIA CATAI. Médias e Altas intensidades de treinamento muscular inspiratório impactam as respostas da resistência e força muscular respiratória em ciclistas recreacionais - Estudo clínico randomizado e controlado. 2018. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

## **DEMAIS TIPOS DE PRODUÇÃO TÉCNICA**

1. LORENZO, VAP; ARAUJO, ASG; **REHDER-SANTOS, P.** Treinamento de Suporte Básico de Vida. 2018.

## **BANCAS**

Participação em bancas de trabalhos de conclusão/Trabalhos de conclusão de curso de graduação.

1. CASTELLO-SIMÕES, V; **REHDER-SANTOS, P;** CATAI, AM. Participação em banca de Richard Ducatti. ANÁLISE DAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES À MEDIDA DE PRESSÃO EXPIRATÓRIA MÁXIMA ESTÁTICA: MEDIDA CLÍNICA vs ISOLADA. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos.

2. **REHDER-SANTOS, P;** CASTELLO-SIMÕES, V; CATAI, AM. Participação em banca de Richard Ducatti. COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS VENTILATÓRIAS DURANTE O TESTE DE EXERCÍCIO CARDIOPULMONAR E TESTE DE RESISTÊNCIA MUSCULAR RESPIRATÓRIA INCREMENTAL (Trabalho de Graduação 1). 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos.

## **EVENTOS**

### **Participação em eventos, congressos, exposições e feiras**

1. XIX Simpósio Internacional de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva. A intensidade de treinamento muscular inspiratório interfere na

melhora do desempenho físico de ciclistas recreacionais? Estudo randomizado e controlado. 2018 (Simpósio).

2. XXIV Simpósio de Fisioterapia da UFSCar e XIV Encontro de Ex-Alunos. Avaliador de Apresentações Orais. 2017 (Simpósio).

3. XXIII Simpósio de Fisioterapia da UFSCar e Encontro de ex-alunos da UFSCar. Comissão avaliadora de trabalhos científicos - Apresentações Orais. 2016 (Simpósio).

4. XXII Simpósio de Fisioterapia da UFSCar e Encontro de ex-alunos da UFSCar. Comissão avaliadora de trabalhos científicos - Apresentações Orais. 2015 (Simpósio).

5. XXI Simpósio de Fisioterapia Funcionalidade: Atualidades Musculoesqueléticas. Avaliadora de trabalhos no formato de pôster. 2014 (Simpósio).

6. XXXV Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo. Relação entre DFA espectral e índices espectrais, simbólicos e de complexidade da variabilidade da frequência cardíaca. 2014 (Congresso).

7. XX Congresso de Iniciação Científica - UFSCar. Análise não linear da variabilidade da frequência cardíaca de mulheres jovens e idosas. 2013 (Congresso).

8. XXXIV Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo. 2013 (Congresso).

9. XIX Congresso Brasileiro de Fisioterapia. Análise não linear da variabilidade da frequência cardíaca na mudança postural de idosos: comparação entre gêneros. 2011 (Congresso).

10. XIX Congresso de Iniciação Científica - UFSCar. Comparação da variabilidade da frequência cardíaca de idosos em diferentes posturas: análise linear x análise não linear. 2011 (Congresso).

11. XVIII Congresso de Iniciação Científica - UFSCar. Análise linear e não linear da variabilidade da frequência cardíaca de idosos: homens x mulheres. 2010 (Congresso).

## **ORGANIZAÇÃO DE EVENTOS, CONGRESSOS, EXPOSIÇÕES E FEIRAS**

1. **REHDER-SANTOS, P**; MARTIGNAGO, CCS; MONTEIRO, CI; FRADE, MCM; CORREA, MS; CARDOSO, VF; LINARES, SN; MARQUES, BS; SERRAO, FV; DRIUSSO, P. I Semana da Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar. 2018 (Outro).

2. **REHDER-SANTOS, P**; SERRAO, FV; DRIUSSO, P; MARQUES, BS; MARTIGNAGO, CCS; MONTEIRO, CI; FRADE, MCM; CORREA, MS; LINARES, SN; CARDOSO, VF. Curso de Escrita Científica. 2018. (Outro).

3. DRIUSSO, P; SERRAO, FV; **REHDER-SANTOS, P**; MARTIGNAGO, CCS; MONTEIRO, CI; FRADE, MCM; CORREA, MS; TOSSINI, NB; LINARES, SN; CARDOSO, VF; LIMA, CRG. Fórum de Comemoração dos 21 anos do Programa em Pós-Graduação da UFSCar. 2017(Outro).

4. DRIUSSO, P; SERRAO, FV; **REHDER-SANTOS, P**; CORREA, MS; FRADE, MCM; MONTEIRO, CI; MARTIGNAGO, CCS; SILVA, CD. XII Fórum Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação da Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Fisioterapia. 2017. (Outro).

5. PORTA, A; CATAI, AM; **REHDER-SANTOS, P**; MILAN-MATTOS, JC. Curso: "Characterization of the cardiovascular control from multivariate recordings of physiological signals". 2016. (Outro).

6. PORTA, A; CATAI, AM; **REHDER-SANTOS, P**; MILAN-MATTOS, JC. Curso: "Quantifying complexity of the cardiovascular control via spontaneous variability of physiological variables". 2015. (Outro).

## **COORIENTAÇÕES**

### **Coorientações e supervisões em andamento**

#### **Iniciação científica**

Ana Carolina Aparecida Marcondes. Análise das respostas de oxigenação muscular inspiratória a realização da manobra de pressão inspiratória máxima em homens saudáveis (Coorientadora). Início: 2019. Iniciação científica (Graduando em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Coorientadora).

### **Coorientações concluídas**

#### **Iniciação científica**

1. Juliana Aparecida Cândido. Análise das respostas cardiovasculares durante e após a realização da manobra de pressão inspiratória máxima em homens saudáveis. (Coorientadora). 2017. Iniciação Científica. (Graduando em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Coorientadora: Patrícia Rehder dos Santos.

2. Étore De Favari Signini. Estudo da relação entre respostas cardiovasculares, respiratórias e metabólicas durante teste de resistência muscular respiratória incremental em jovens saudáveis (Coorientadora). 2017. Iniciação Científica. (Graduando em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Coorientadora: Patrícia Rehder dos Santos.

3. Rafaela Sakumotu Lozano. Efeito agudo de diferentes intensidades de treinamento muscular inspiratório sobre a frequência cardíaca em ciclistas recreacionais: estudo clínico e randomizado (Coorientadora). 2016. Iniciação Científica. (Graduando em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos. Coorientadora: Patrícia Rehder dos Santos.

4. Étoze De Favari Signini/Ana Carolina Aparecida Marcondes. Comparação entre as respostas cardiovasculares e metabólicas durante teste de resistência muscular inspiratória em jovens saudáveis (Coorientadora). 2015. Iniciação Científica. (Graduando em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos. Coorientadora: Patrícia Rehder dos Santos.

## **EDUCAÇÃO E POPULARIZAÇÃO DE C & T**

### **Apresentações de Trabalho**

1. REHDER-SANTOS, P; MONTEIRO, CI. Apresentação da Representação Discente do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia e da Universidade Federal de São Carlos. 2018. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).