



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**PATRÍCIA REHDER DOS SANTOS**

**ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE DETERMINANTES DA  
LIMITAÇÃO AO FLUXO EXPIRATÓRIO EM HOMENS  
SAUDÁVEIS**

**São Carlos**

**2015**

**PATRÍCIA REHDER DOS SANTOS**

**ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE DETERMINANTES DA  
LIMITAÇÃO AO FLUXO EXPIRATÓRIO EM HOMENS  
SAUDÁVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

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

**São Carlos**

**2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S237ai

Santos, Patrícia Rehder dos.

Análise da interação entre determinantes da limitação ao fluxo expiratório em homens saudáveis / Patrícia Rehder dos Santos. -- São Carlos : UFSCar, 2015.

55 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2015.

1. Fisioterapia. 2. Consumo de oxigênio. 3. Aparelho respiratório. 4. Exercícios físicos. 5. Envelhecimento. I. Título.

CDD: 615.82 (20ª)



**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 Dissertação de Mestrado da candidata Patricia Rehder dos Santos, realizada em 27/02/2015:

---

Profa. Dra. Aparecida Maria Catai  
UFSCar

---

Prof. Dr. Michel Silva Reis  
UFRJ

---

Profa. Dra. Meliza Goi Roscani  
UFSCar

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

Projeto desenvolvido com apoio financeiro da CAPES (Bolsa) e do CNPq (Processos: #480067/2012-0 e #311938/2013-2).

Dedico este trabalho a Deus, pelo dom da vida e por iluminar meu caminho; e aos meus pais, por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado, na busca dos meus sonhos.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”.*

(Arthur Schopenhauer)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar ao meu lado, iluminando, protegendo e mostrando o melhor caminho para se trilhar.

Ao meu papai, que mesmo sem entender a maioria das minhas escolhas, sempre esteve ao meu lado, me apoiando e me ajudando em cada passo dado, durante toda a jornada da vida. Muito obrigada, pelas inúmeras vezes que deixou seu trabalho para não me deixar sozinha e por nunca me deixar esquecer as verdadeiras conquistas da vida. Amo você!

À minha mamãe, que sempre preocupada com a minha saúde física e emocional, me auxiliou durante todos estes anos, me apoiando e repondo todas as minhas energias e esperanças. Por sempre estar disposta a dedicar um pouco do seu tempo para me fazer feliz, me sentir acolhida e amada. Além de tolerar a minha carência afetiva sempre que retornava para casa, amo você!

À minha irmã Priscila, por nunca me abandonar, mesmo muitas vezes questionando os meus atos e minhas decisões, mas sempre os respeitando. Serei eternamente grata por ter compartilhado esta vida com você!

À minha família (Vó Maria, Vô Antônio, tios, tias, primos e primas), por serem o meu porto seguro, me amar e me apoiarem, respeitando meu silêncio e minha ausência ao longo destes anos de estudo. Além de me ajudarem a sempre manter meu pé no chão e nunca esquecer os verdadeiros valores da vida. Desculpa pelas inúmeras vezes que estive longe, quando eu deveria estar do lado de vocês, espero um dia conseguir recompensá-los por estes momentos. Amo muito vocês!

À minha orientadora Aparecida Maria Catai, por abrir a porta do seu laboratório há cinco anos, para uma caloura completamente imatura e perdida. Agradeço por toda paciência e dedicação para me ensinar cada detalhe da vida acadêmica, como também pelas lições de vida, por compreender minhas falhas e como uma segunda mãe, ajudar-me a superar cada dificuldade, sempre com muito amor, atenção e carinho. Obrigada por sempre estar ao meu lado, durante toda esta caminhada. Obrigada por tudo!

À minha eterna co-orientadora e amiga, Natália Maria Perseguini, que nunca mediu esforços para me ensinar e auxiliar nesta jornada acadêmica. Muito obrigada por dedicar um pouco/muito do seu tempo para me dar forças, secar minhas lágrimas, me fazer sorrir e me ensinar a sempre tirar as melhores lições das minhas falhas, além de ajudar a transformar esta

caminhada em algo leve e prazeroso. Se hoje estou alcançando esta nova conquista, saiba que você contribuiu muito para isso!

Ao meu amigo, companheiro de projeto e irmão (ainda não sei definir, se mais velho ou mais novo, rs), Vinicius Minatel, obrigada por toda a paciência para me ensinar cada técnica e cada rotina, por me aturar das sete da manhã às dez da noite, de segunda a sexta e às vezes de sábado e domingo, por todas as discussões que me tornaram mais crítica, menos pessimista (porém ainda realista, rs) e com certeza uma pessoa muito melhor. Obrigada pelos conselhos, dignos de um irmão mais velho, obrigada até pelas brincadeiras, sem elas eu certamente não aguentaria todas as pedras do caminho, e por nunca medir esforços para me ajudar. Serei eternamente grata!

À minha amiga e irmã, Juliana Cristina Milan, sou imensamente grata por ter tido a oportunidade de te conhecer e trabalhar com você. Obrigada por compartilhar comigo tanto os momentos bons como os não tão agradáveis assim, com certeza sem a sua presença eles não seriam tão especiais, pois com eles também aprendi e me tornei uma pessoa e uma profissional melhor. Obrigada pelas madrugadas de pizza e trabalho, todos os momentos de piadas e brincadeiras, que nas dosagens certas, são essenciais para nos mantermos fortes e empenhados a sempre fazer o nosso melhor, por sempre estar disposta a me ajudar, ensinar e escutar. Obrigada por cada palavra, gesto e ensinamento!

À Profa. Dra. Anielli C. M. Takahashi (Ani), por todos os conselhos, ensinamentos e momentos tanto de trabalho (algumas vezes durante a madrugada, rs) como de descontração, compartilhados durante estes cinco anos. Muito obrigada!

Aos meus amigos e companheiros de projeto, Bruno Araújo Ribeiro e Richard Ducatti, por permitirem ensiná-los e aprender com vocês, além de transformarem os nossos dias no laboratório mais agradáveis e divertidos.

À Renata Aparecida Gonçalves, por me ensinar que com calma, paciência e muito amor, todos os problemas se tornam pequenos, perante a serenidade e a visão que estas três atitudes nos proporcionam. Obrigada por sempre cuidar de mim e por estar sempre presente!

Aos meus colegas e amigos de laboratório: Viviane Castello Simões, Rodrigo Polaquini Simões, Mariana de Oliveira Gois, Silvia Cristina de Moura Tonello, Cristina de Oliveira Francisco, Camila Bianca Falasco Pantoni, Anne Caroline, Juliana A. Candido, Profa. Ana Cristina Silva Rebelo, Profa. Vandeni Kunz e todos que eu tive o prazer de conviver durante

todos esses anos. Obrigada por toda paciência, companheirismo, amizade, conhecimentos e momentos compartilhados!

Às minhas amigas: Adriana Sagawa, Amanda Tieme Shimojo, Ana Paula Machado, Andriette Turi, Camila Nogi, Marcele Buto, Lara Röhm e Tamara Rodrigues, por compartilharem comigo as risadas e as lágrimas. Por sempre estarem dispostas a cuidarem de mim e me acolher. Vocês foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Amo vocês!

À Profa. Dra. Ester Silva, por disponibilizar a utilização do ergoespirômetro, sem o qual não seria possível a realização deste projeto. Muito obrigada!

À Dra. Isabela A. Verzola Aniceto, cardiologista da Unidade Saúde Escola (USE), pelas avaliações clínicas.

Aos membros da banca avaliadora, tanto do exame de qualificação como da defesa, que possibilitaram o enriquecimento e aprimoramento deste trabalho. Muito obrigada!

À todos os meus queridos professores, por terem contribuído tanto para a minha formação acadêmica como pessoal, por repartirem seus conhecimentos, experiências e por sempre me incentivarem a buscar meus sonhos.

À todos os funcionários do Departamento de Fisioterapia (DFisio), do Programa de Pós Graduação em Fisioterapia (PPGFt) e da Unidade Saúde Escola (USE), por propiciarem um ambiente adequado e estruturado para a realização deste projeto.

Ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro.

À todos os voluntários, por dedicarem um pouco do seu tempo para nos ajudar a concluir este projeto. Sem a contribuição de vocês, nada disso seria possível!

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu conseguisse chegar até aqui.

**Muito obrigada a todos!**

*“Ninguém cruza nosso caminho por acaso e nós não entramos na vida de alguém sem nenhuma razão”*

Chico Xavier

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xii
CONTEXTUALIZAÇÃO .....	14
ESTUDO .....	19
1. Introdução .....	20
2. Materiais e Métodos .....	22
2.1. Tipo de estudo .....	22
2.2. Sujeitos e Aspectos Éticos.....	22
2.4. Avaliação clínica.....	23
2.5. Protocolo experimental .....	23
2.6. Medida de força muscular respiratória.....	24
2.7. Teste cardiopulmonar.....	25
2.8. Prova de função pulmonar.....	27
2.9. Teste de carga constante e avaliação da limitação ao fluxo expiratório.....	28
3. Resultados .....	30
4. Discussão.....	38
5. Conclusão.....	42
7. Referências.....	43
ANEXO A.....	49
APÊNDICE A .....	52

## RESUMO

**Contextualização e objetivo:** *Dysanapsis ratio* (DR), consumo de oxigênio pico ( $VO_2$  pico) e a idade são estudados como determinantes da limitação ao fluxo expiratório (LFE) durante o exercício. No entanto, ainda não foi avaliado se eles podem justificar a presença de LFE em homens saudáveis, jovens e de meia idade. O objetivo deste trabalho foi verificar a interação entre determinantes da LFE ( $VO_2$  pico, DR e idade) durante diferentes intensidades de exercício físico realizado em cicloergômetro. **Métodos:** Vinte e dois homens, 11 jovens e 11 meia idade, realizaram às seguintes avaliações: medida da força muscular respiratória, prova de função pulmonar (para medida da DR), teste cardiopulmonar (para medida do  $VO_2$  pico) e dois testes de carga constante (TECC) para avaliação da LFE nas cargas de 75%  $LAV$  e 125%  $LAV$ . Utilizou-se o teste t não pareado e o teste de *Mann-Whitney* para comparar os grupos e *ANOVA two-way* para a análise do efeito da idade e da intensidade de exercício, nas variáveis do TECC. A análise de interação entre o  $VO_2$  pico, a DR e a idade com a LFE foi feita por regressão múltipla, modelo *stepwise*. O nível de significância foi  $p < 0,05$ . **Resultados:** Apenas o grupo meia idade apresentou LFE em ambas as intensidades de exercício; os grupos estudados não apresentaram diferenças em relação à força muscular respiratória, ao  $VO_2$  pico e a DR; a LFE não apresentou relação com o  $VO_2$  pico e a DR, mas se relacionou com a idade, durante exercício de alta intensidade ( $p < 0,001$ ). **Conclusão:** Nas condições experimentais estudadas, a idade foi o único fator que se relacionou com a presença de LFE durante o exercício em cicloergômetro.

**Palavras Chaves:** Consumo de oxigênio. Sistema respiratório. Exercício. Envelhecimento. Voluntários Saudáveis.

## ABSTRACT

**Background and objective:** *Dysanapsis ratio* (DR), peak oxygen uptake ( $\text{VO}_2$  peak) and age are studied as determinants of expiratory flow limitation (EFL) during exercise. However, it is not yet known whether they can elucidate EFL in young and middle-aged healthy individuals of the same sex. The objective of this study was to investigate the interaction between determinants of LFE ( $\text{VO}_2$  peak, DR and age) during different exercise intensities performed in cycle ergometer. **Methods:** Twenty Two men, 11 young men, and 11 middle-aged men performed the following tests: measurement of respiratory muscle strength, lung function test (DR), cardiopulmonary test ( $\text{VO}_2$  peak), and two constant load tests to assess EFL at loads of 75% and 125% of gas exchange threshold (GET). The unpaired t test and the Mann-Whitney test were used to compare groups and two-way ANOVA was used to analyze the effect of age and exercise intensity on the variables of the constant load test (CLT). Stepwise multiple regression was used to analyze the interaction between  $\text{VO}_2$  peak, DR, and age and EFL. The significance level was set at  $p < 0.05$ . **Results:** Only the middle-aged group presented EFL at both exercise intensities; the groups were similar in relation to respiratory muscle strength,  $\text{VO}_2$  peak, and DR; EFL was not associated with  $\text{VO}_2$  peak or DR, but it was associated with age during high-intensity exercise ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** In the experimental conditions, age was the only factor that was related to the presence of EFL during exercise.

**Key words:** Oxygen uptake. Pulmonary system. Exercise. Aging. Healthy individuals.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Ilustração do procedimento experimental do teste de força muscular respiratória. 25
- Figura 2.** Ilustração do procedimento experimental do teste cardiopulmonar realizado em bicicleta ergométrica.....27
- Figura 3.** Ilustração da alça fluxo volume corrente (AFV), plotada na máxima alça fluxo volume (MAFV) em duas intensidades de exercício. Participante jovem, durante a intensidade de 75% do limiar da anaerobiose (LA) (A) e em 125% LA (B); participante meia idade em 75% LA (C) e em 125% LA (D), intensidade na qual ocorreu a limitação ao fluxo expiratório (LFE). .....29
- Figura 4.** Limitação ao fluxo expiratório durante exercício em bicicleta ergométrica, no grupo meia idade durante exercício de moderada intensidade (75% LA<sub>v</sub>) e alta intensidade (125% LA<sub>v</sub>) [classificação baseada em Johnson et al., (1999)]. .....36

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Caracterização dos sujeitos da pesquisa, avaliação da idade, dados antropométricos, força muscular respiratória, função pulmonar e *dysanapsis ratio*..... 32
- Tabela 2** Parâmetros cardiorrespiratórios durante o teste cardiopulmonar (TECP) em bicicleta ergométrica. .... 33
- Tabela 3.** Parâmetros cardiorrespiratórios durante os testes de carga constante em bicicleta ergométrica. .... 35
- Tabela 4.** Dados da interação entre idade, *dysanapsis ratio* e consumo de oxigênio, com a limitação ao fluxo expiratório durante exercício de moderada intensidade (75% LAV) e alta intensidade (125% LAV) em bicicleta ergométrica. .... 37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AFV:** Alça fluxo volume;

**CVF:** Capacidade vital forçada;

**CI:** Capacidade inspiratória;

**DPOC:** Doença pulmonar obstrutiva crônica;

**DR:** *Dysanapsis ratio*;

**ECG:** Eletrocardiograma;

**FEF máx.:** Fluxo expiratório máximo;

**FEF<sub>50</sub>:** Fluxo expiratório forçado em 50% da CVF;

**FIF máx.:** Fluxo inspiratório máximo;

**GJ:** Grupo jovem;

**GMI:** Grupo meia idade;

**LA<sub>v</sub>:** Limiar de anaerobiose pelo método ventilatório;

**LFE:** Limitação ao fluxo expiratório;

**MAFV:** Máxima alça fluxo volume;

**OUES:** Eficiência ventilatória para consumo de oxigênio;

**Pst<sub>50</sub>:** Pressão estática de recolhimento elástico em 50% da CVF;

**RER:** Taxa de troca respiratória;

**TECC:** Teste de carga constante;

**TECP:** Teste cardiopulmonar;

**TEFDD-c:** Teste de exercício físico dinâmico do tipo degrau contínuo;

**VCO<sub>2</sub>:** Produção de gás carbônico;

**VE:** Ventilação pulmonar;

**VE/VCO<sub>2</sub> slope:** Eficiência ventilatória para produção de gás carbônico;

**VEF1:** Volume expiratório forçado no 1º segundo;

**VEF1/CVF:** Relação entre VEF1 e CVF;

**VO<sub>2</sub>:** Consumo de oxigênio;

**VRE:** Volume de reserva expiratória;

**VVM:** Ventilação voluntária máxima.



A limitação ao fluxo expiratório (LFE) durante o exercício físico é uma condição que ocorre quando o fluxo expiratório máximo é atingido durante a respiração corrente (Shell e Guenette, 2008). A presença da LFE durante o exercício, pode levar ao aumento dos volumes pulmonares operacionais, resultando no aumento do trabalho mecânico e do consumo de oxigênio durante a respiração. O aumento do volume pulmonar operacional e a hiperventilação associados com a LFE podem levar a diminuição na performance ao exercício em indivíduos saudáveis (Dominelli et al., 2011).

A LFE pode ser avaliada por meio da análise das alças fluxos volumes correntes (AFV), obtidas durante o exercício físico e plotadas dentro da máxima alça fluxo volume (MAFV). A MAFV representa os limites inspiratórios e expiratórios do sistema respiratório do indivíduo, determinados pela medida da capacidade vital forçada (CVF), durante a espirometria realizada em repouso (Babb, 2013; Smith, Rosenkranz e Harms, 2014). A plotagem da AFV durante o exercício na MAFV de repouso permite a visualização de quanto da capacidade ventilatória está sendo utilizado e quanto resta de reserva ventilatória para o aumento do fluxo expiratório e inspiratório, i.é, a capacidade para aumentar a frequência respiratória e o volume corrente (Babb, 2013).

A LFE durante o exercício físico pode ocorrer devido a diferentes etiologias podendo ser observada tanto em pacientes com doenças respiratórias [ex. doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)] (Tantucci, 2013), como em atletas de resistência aeróbia (Guenette et al., 2007; Grimby, Saltin, Wilhelmsen, 1971; Johnson, Saupe, Dempsey, 1992; McClaran et al., 1998) e em idosos (Tantucci, 2013; Wilkie et al., 2012). Os principais sinais clínicos associados à LFE são a hiperinsuflação pulmonar dinâmica e seus efeitos secundários, como o aumento do recolhimento elástico pulmonar, disfunção da musculatura inspiratória e neuro-ventilatória progressiva, levando a intolerância ao exercício, devido à falta de ar durante o esforço e a dispneia crônica (Tantucci, 2013).

Nos últimos anos, vem crescendo o número de estudos que possuem como objetivo, identificar as principais características que levam ao aparecimento da LFE (Dominelli et al., 2012 e 2013; Guenette et al., 2007; Smith, Rosenkranz e Harms, 2014; Wilkie et al., 2012). Este conhecimento possibilitará a intervenção precoce, ou até mesmo a prevenção, em casos onde a LFE está acompanhada de alterações clinicamente relevantes, como citado acima. Na literatura encontramos três principais determinantes para a LFE, o consumo de oxigênio máximo ou pico ( $VO_2$  máx ou pico), a *dysanapsis ratio* (DR) e a idade.

Dentre estes determinantes, a potência aeróbia determinada pelo  $VO_2$  máx ou pico, tem sido apontada como um dos principais determinantes para a LFE (Guenette et al., 2007; Johnson, Saupe, Dempsey, 1992). Vários estudos apontam que uma maior resistência aeróbia, contribui para maiores valores de LFE, já que se pressupõe que os indivíduos que realizam este tipo de treinamento, possuem uma maior demanda ventilatória, levando os mesmos a ultrapassar os limites do sistema pulmonar, desencadeando no aparecimento da LFE durante a prática de exercícios de alta intensidade (Guenette et al., 2007; Grimby, Saltin, Wilhelmsen, 1971; Johnson, Saupe, Dempsey, 1992; McClaran et al., 1998).

Outro determinante da LFE presente na literatura é a DR. Este índice foi idealizado, a partir do resgate do conceito da *dysanapsis* que preconiza que o tamanho pulmonar não está necessariamente relacionado ao tamanho das vias aéreas (Green, Mead, Turner, 1974; Mead, 1980). A partir, deste conceito, Mead (1980) desenvolveu a teoria da DR que de forma indireta relaciona o tamanho pulmonar com o tamanho relativo das vias aéreas. Para o seu cálculo é necessário a medida da CVF (tamanho pulmonar), do fluxo expiratório forçado em 50% da CVF ( $FEF_{50}$ ) (tamanho das vias aéreas) e da pressão de recolhimento elástico em 50% da CVF ( $P_{st50}$ ) (Smith, Rosenkranz e Harms, 2014). Dessa forma, quanto menor for a DR maior é o risco de LFE no exercício máximo (Smith, Rosenkranz e Harms, 2014).

Porém a LFE também é frequentemente observada em indivíduos idosos, já que com o envelhecimento ocorrem severas mudanças no sistema respiratório, influenciando as respostas ventilatórias durante o exercício, como a redução dos diâmetros brônquicos que aumenta a resistência ao fluxo aéreo, diminuindo o fluxo para as vias aéreas menores, causando o fechamento prematuro destas vias, a interrupção de gás e a redução das taxas de fluxo expiratório (Niewoehner e Kleinerman, 1974), o que resulta em um volume residual maior e uma capacidade vital menor (Johnson et al., 1991). Além disso, a redução da área de secção transversa e da força dos músculos respiratórios também contribui para uma ventilação reduzida (Enright et al., 1994; Polkey et al., 1997).

Outras alterações morfológicas também podem ser citadas, como a calcificação das cartilagens costais, aumento da rigidez da parede torácica e alterações nas fibras do tecido pulmonar, reduzindo a pressão de recolhimento elástico (Frank et al., 1957; Johnson et al., 1994). Essa redução contribui para a diminuição de todos os volumes pulmonares, causando uma redução bem definida nas taxas de fluxo expiratório (Turner et al., 1968).

Em conjunto, estas mudanças relacionadas à idade resultam em uma menor máxima alça fluxo volume (MAFV) e uma capacidade reduzida de gerar fluxo durante o exercício. Também é necessário considerar que os idosos utilizam uma maior quantidade da reserva ventilatória durante o exercício, podendo resultar na LFE. E as principais consequências oriundas desta cascata de eventos morfo-funcionais é o aumento da resistência expiratória e hiperinsuflação pulmonar dinâmica, o que aumenta o trabalho respiratório (Johnson et al., 1991; McClaran et al., 1995).

Considerando, todos os eventos relacionados ao envelhecimento saudável, ainda não existe nenhum estudo, de nosso conhecimento, que possui como objetivo esclarecer a interação dos determinantes, potência aeróbia ( $VO_2$  máx ou pico), *dysanapsis ratio* e a idade, para elucidar o surgimento da limitação ao fluxo expiratório em homens saudáveis, jovens e

de meia idade, durante exercício dinâmico com diferentes intensidades em cicloergômetro. Sendo assim, este estudo foi idealizado com o intuito de esclarecer esta lacuna da literatura.

Vale ressaltar que a escolha de uma população não idosa, foi cuidadosamente pensada, já que gostaríamos de observar a transição deste processo, considerando que a identificação da LFE é observada nos indivíduos idosos conjuntamente com outros fatores que levam a exacerbação da mesma, como a presença de algumas doenças respiratórias. E o estudo de uma população meia idade é importante, já que pode esclarecer quais são as principais características que podem levar ao aparecimento da LFE nos indivíduos idosos, permitindo assim, intervenções no intuito de evitar a exacerbação desta condição.

Dessa forma, despertou-se a motivação para a realização do estudo intitulado: “Análise da interação entre determinantes da limitação ao fluxo expiratório em homens saudáveis”.

**ESTUDO**

---

Análise da interação entre determinantes da limitação ao fluxo expiratório em homens saudáveis.

## 1. Introdução

Durante o exercício físico, o sistema pulmonar trabalha de forma coordenada com os sistemas cardiovascular e musculoesquelético, com o intuito de promover adequada ventilação alveolar, troca gasosa eficiente com baixo gasto energético e bom desempenho físico (Neder e Nery; 2003; Shell e Guenette, 2008; Wasserman et al., 1999). No entanto, durante essa condição, tanto jovens como adultos saudáveis podem apresentar LFE, caracterizada pela incapacidade em se aumentar o fluxo expiratório, mesmo com o aumento da pressão transpulmonar e é tradicionalmente visualizada quando a AFV em exercício encosta ou ultrapassa a MAFV (Smith, Rosenkranz e Harms, 2014). A presença de LFE é um importante indicativo clínico, uma vez que seu aparecimento pode gerar importantes efeitos na capacidade ventilatória, devido à aproximação do fluxo expiratório máximo, levando a alteração da mecânica respiratória, do controle da ventilação, além de possibilitar o aparecimento de dispneia e de intolerância ao exercício físico (Babb, 2013).

A LFE durante a prática do exercício físico em indivíduos saudáveis tem sido amplamente estudada (Dominelli et al., 2012 e 2013; Guenette et al., 2007; Johnson, Saupe e Dempsey, 1992; Smith, Rosenkranz e Harms, 2014; Waterer et al, 20016; Wilkie et al., 2012), com o objetivo de esclarecer as diferenças entre os gêneros (Guenette et al., 2007), nível de aptidão física (Guenette et al., 2007, Johnson, Saupe e Dempsey, 1992; Grimby, Saltin, Wilhelmsen, 1971) e o efeito da idade (Waterer et al, 20016; Wilkie et al., 2012). Além disso, vem crescendo nos últimos anos o número de estudos que tentam prever o aparecimento da LFE, a fim de estabelecer quais seriam as características mais predominantes para o aparecimento da LFE. Isto possibilitaria a intervenção precoce em casos onde a LFE está acompanhada de alterações clinicamente relevantes, como hiperinsuflação pulmonar (Pellegrino et al., 1993), aumento do trabalho respiratório (Guenette et al., 2007; Johnson et al., 1999) e hipoxemia arterial induzida pelo exercício físico (Dominelli et al., 2013).

Dentre estes determinantes, a potência aeróbia determinada pelo  $\text{VO}_2$  máx ou pico, tem sido apontada como um dos principais determinantes para a LFE (Guenette et al., 2007; Johnson, Saupe, Dempsey, 1992). Vários estudos apontam que homens e mulheres que realizam treinamento de resistência aeróbia apresentam valores de LFE, durante exercícios máximos, maiores do que quando comparado com indivíduos que não realizam este tipo de treinamento, pois se pressupõe que os indivíduos treinados possuem uma maior demanda ventilatória, ultrapassando os limites do sistema pulmonar e desencadeando no aparecimento da LFE (Guenette et al., 2007; Grimby, Saltin, Wilhelmsen, 1971; Johnson et al., 1999; McClaran et al., 1998).

Entretanto a diferença na potência aeróbia não justifica a presença da LFE em indivíduos com a mesma capacidade funcional (Dominelli et al., 2011 e 2012). Por isso, foi resgatado o conceito da *dysanapsis* que preconiza que um indivíduo com um grande pulmão não tem necessariamente vias aéreas maiores que indivíduos com pulmões menores (Green, Mead e Turner, 1998; Mead, 1980). Este conceito originou a DR que de forma indireta relaciona o tamanho pulmonar com o tamanho relativo das vias aéreas (Mead, 1980).

A DR já foi utilizada para determinar se a LFE, em mulheres saudáveis, estava relacionada a fatores anatômicos ou a potência aeróbia. Neste estudo desenvolvido por Dominelli et al. (2011), observou-se que quanto maior a DR maior a LFE nesta população. Além disso, Smith et al. (2014) avaliaram jovens de ambos os gêneros com o mesmo condicionamento físico e concluíram que a DR é um preditor para a LFE.

Outro fator que deve ser considerado para a determinação da LFE é a idade, devido às alterações morfológicas e funcionais decorrentes do processo de envelhecimento, como a redução da função e complacência pulmonar (Babb, 2013; Wilkie et al., 2012). Porém, não foram encontrados estudos avaliando se estes fatores tem relação com a LFE em indivíduos do mesmo gênero, entretanto de faixas etárias diferentes (jovens e meia idade). Portanto, a

hipótese deste estudo é que a LFE em homens saudáveis de duas faixas etárias pode estar relacionada tanto com o declínio da potência aeróbia, avaliada pelo  $\text{VO}_2$  pico, quanto com alterações estruturais avaliadas pela *dysanapsis ratio* e as decorrentes do envelhecimento. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a interação entre determinantes da LFE ( $\text{VO}_2$  pico, DR e idade) durante diferentes intensidades de exercício físico realizado em cicloergômetro.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Tipo de estudo**

Este estudo é de caráter prospectivo do tipo observacional, descritivo e transversal.

### **2.2. Sujeitos e Aspectos Éticos**

Participaram do estudo 22 homens, sendo 11 jovens (GJ:  $24 \pm 3$  anos) e 11 meia idade (GMI:  $48 \pm 4$  anos), todos aparentemente saudáveis, baseado nas avaliações realizadas. Os sujeitos foram recrutados por meio de divulgação em mídia eletrônica e impressa.

O presente estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinki tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (nº 403.589) (ANEXO A). Todos os participantes concordaram e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### **2.3. Critérios de inclusão e exclusão**

Os critérios utilizados para a seleção dos participantes foram: serem aparentemente saudáveis, não fumantes, não etilistas, nem usuários de drogas ilícitas ou medicamentos que pudessem interferir nos resultados da pesquisa. Além disso, não poderiam apresentar: anormalidades estruturais nos sistemas cardiovascular e respiratório, eletrocardiograma (ECG) com alterações isquêmicas, arritmias, distúrbios de condução, tanto em repouso como

durante o teste ergométrico clínico [teste de exercício físico dinâmico do tipo degrau contínuo (TEFDD-c)], que sejam interpretadas por um médico cardiologista como patológicas. Foram excluídos do estudo: obesos ( $IMC \geq 30$  kg/m<sup>2</sup>), diabéticos, hipertensos, ex-fumantes, participantes com histórico de doença cardíaca ou respiratória, que apresentassem fraqueza muscular respiratória [ $PI_{máx} < 60\%$  do previsto (Miller et al., 2005)], alterações neurológicas, ortopédicas e/ou do teste de função pulmonar.

#### **2.4. Avaliação clínica**

Antes da realização dos testes, os participantes foram submetidos às seguintes avaliações: anamnese e exame físico, ECG convencional de 12 derivações e TEFDD-c em esteira rolante, ambos realizados na presença de um médico cardiologista, com a finalidade de avaliação clínica e cardiovascular dos participantes.

#### **2.5. Protocolo experimental**

Os testes e procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular – Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico do Departamento de Fisioterapia da UFSCar. As condições ambientais foram controladas (temperatura 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. Os participantes foram orientados para na véspera e no dia do teste não ingerirem bebidas alcoólicas e/ou estimulantes (chá, café, achocolatados, entre outros), evitarem refeições pesadas até duas horas antes da avaliação, exercícios extenuantes, dormir bem no dia anterior e apresentar-se com roupas e calçados confortáveis.

No dia da realização dos testes, as condições relacionadas ao estado de saúde dos participantes foram observadas anteriormente ao início do experimento. Precedendo o início das avaliações, foi realizada uma familiarização dos participantes com os equipamentos e

manobras respiratórias, com a finalidade de reduzir a ansiedade dos participantes e evitar que o efeito do aprendizado interferisse nos resultados da pesquisa.

Foram realizados dois dias de coleta com cada voluntário, com um intervalo mínimo de 48h e máximo de uma semana. No primeiro dia de avaliação, foi realizada a medida da força muscular respiratória previamente a realização do teste cardiopulmonar (TECP); e no segundo dia, os sujeitos realizavam uma espirometria antes e após os dois testes de carga constante (TECC).

Durante todas as avaliações foi realizada a monitorização da pressão arterial, frequência cardíaca (antes, durante cada intensidade e após os experimentos) e do ECG (continuamente). As variáveis ventilatórias e metabólicas foram captadas durante todo o TECP e os TECC's, respiração a respiração, por meio de um sistema de medidas dos gases expirados (ULTIMA MedGraphics – Breeze, St. Paul, Minnesota, USA). O software utilizado para a captação das variáveis ventilatórias e metabólicas foi o Breeze Suite 7.1. (MedGraphics, St. Paul, Minnesota, USA).

## **2.6. Medida de força muscular respiratória**

As medidas da pressão expiratória e inspiratória máxima ( $PE_{máx}$  e  $PI_{máx}$ , respectivamente), foram realizadas segundo as normas do *American Thoracic Society* (2002), utilizando-se um manômetro digital (MVD300, Globalmed, Brasil) conectado a um microcomputador (software MVD300, Globalmed, Brasil) e peça bucal com orifício de 2 mm (*American Thoracic Society*, 2002). Para a realização das manobras foi utilizado um clipe nasal e solicitado que o participante mantivesse a peça bucal bem acoplada a boca, evitando assim o escape de ar, como observado na figura 1. Os valores preditos para a população brasileira foram calculados segundo Neder et al. (1999).

A  $PE_{máx}$  foi determinada realizando um esforço expiratório máximo, a partir da capacidade pulmonar total e a  $PI_{máx}$  realizando um esforço inspiratório máximo, a partir do

volume residual. Foram considerados os picos de pressão observados no primeiro segundo de cada manobra e realizadas no mínimo três medidas e no máximo cinco, com um intervalo de 30s entre cada manobra (Romer e McConnel, 2004). Foi considerada a média entre os três maiores valores observados, sendo que as mesmas não poderiam apresentar uma diferença maior que 10%.



**Figura 1.** Ilustração do procedimento experimental do teste de força muscular respiratória.

### **2.7. Teste cardiopulmonar**

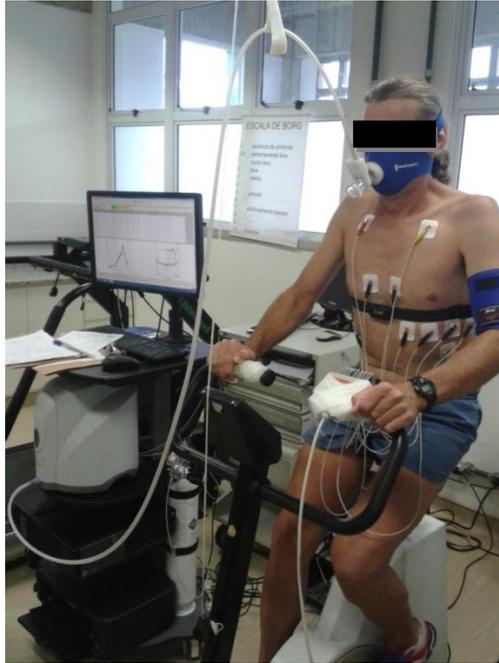
O TECP foi realizado para avaliar a potência aeróbia e determinar o limiar de anaerobiose pelo método ventilatório (LAv) (Balady et al., 2010; Higa et al., 2007). Durante a execução do teste foi utilizado um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (CORIVAL V3, Lode BV, Groningen, Holanda), como visualizado na figura 2.

O protocolo utilizado consistia no repouso de um minuto (min) com o participante sentado no cicloergômetro, iniciando o exercício com carga livre durante três min, após esta

etapa era iniciado o incremento de carga. A potência foi calculada para cada participante de acordo com valores estabelecidos pela fórmula descrita por Wasserman et al. (1999). Os participantes foram orientados a manter durante todo o teste uma cadência de 60 rotações por minuto. A duração do teste foi entre 8 e 12 min (Balady et al., 2010). Os critérios de interrupção para esta avaliação foram: queda ou comportamento anormal da frequência cardíaca e da pressão arterial durante o exercício, presença de arritmias, alterações isquêmicas do eletrocardiograma, desconforto respiratório, dispneia (Balady et al., 2010), percepção subjetiva ao esforço classificada como intensa (Borg, 1982) e/ou diminuição da cadência no cicloergômetro para valores inferiores a 60 rpm.

Para a determinação do LAV foi considerada a média de identificação entre três avaliadores independentes, respeitando uma diferença menor ou igual a 2% entre eles (Catai et al., 2002). O valor médio do  $VO_2$  obtido nos últimos 30 segundos do TECP foi considerado o  $VO_2$  pico (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  $VE/VCO_2$  slope, respectivamente) (Balady et al., 2010).



**Figura 2.** Ilustração do procedimento experimental do teste cardiopulmonar realizado em bicicleta ergométrica.

## **2.8. Prova de função pulmonar**

A espirometria foi realizada segundo as normas da *American Thoracic Society* (2002) e foi realizada no dia da avaliação inicial, com o intuito de evitar que fossem incluídos na amostra indivíduos com qualquer alteração pulmonar identificada por esta avaliação. Também foi realizada antes e após cada TECC (Miller et al., 2005), para obtenção das variáveis necessárias para a determinação das MAFV's e para a comparação com as variáveis obtidas durante os TECC's, além de garantir a qualidade dos dados coletados e a identificação do padrão respiratório dos participantes. Após o TECC a espirometria foi utilizada para descartar a presença de broncodilatação desencadeada pelo exercício (Guenette et al., 2010; Johnson et al., 1999).

As variáveis analisadas foram: CVF, relação entre VEF1 e CVF (VEF1/CVF), capacidade inspiratória (CI), volume de reserva expiratório (VRE), ventilação voluntária máxima (VVM). Estes índices foram calculados segundo Pereira (2002).

Também foi realizado o cálculo da DR, segundo Smith et al. (2014). Para o cálculo do grau da dysanapsis foi necessário a mensuração da CVF (tamanho pulmonar), do fluxo expiratório forçado em 50% da CVF (FEF<sub>50</sub>) (tamanho das vias aéreas) e da pressão de recolhimento elástico em 50% da CVF (Pst<sub>50</sub>). A Pst<sub>50</sub> foi calculada utilizando a seguinte fórmula de regressão baseada na idade (Turner et al., 1968).

$$Pst50\% = -0,056 \times \text{idade} + 6,3038$$

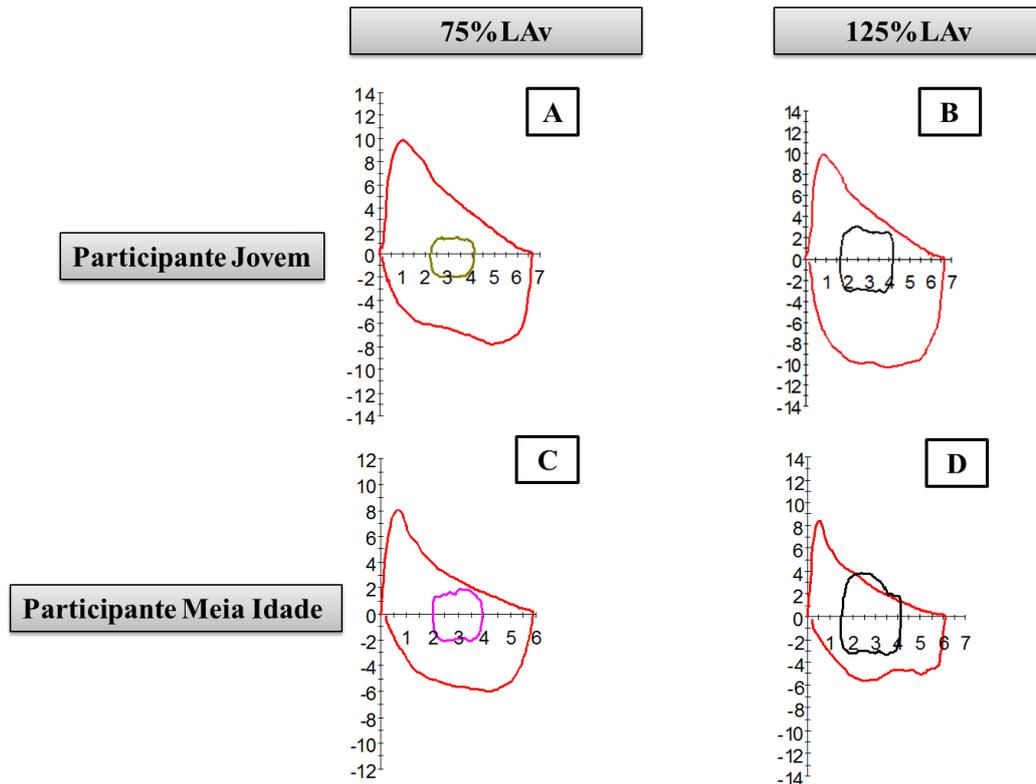
$$\text{Dysanapsis ratio} = \frac{\text{FEF50}}{(\text{CVF} \times \text{Pst } 50\%)}$$

## **2.9. Teste de carga constante e avaliação da limitação ao fluxo expiratório**

Foram realizados dois TECC em cicloergômetro para a avaliação da LFE, utilizando-se do método de medida da AFV durante o exercício. A carga correspondente ao LAV em Watts (W) do TECP foi utilizada para o cálculo da intensidade a ser utilizada nos TECC's. Sendo que a potência de moderada intensidade correspondeu a 75% enquanto a de alta intensidade a 125% do LAV (Karsten et al., 2012). A avaliação foi realizada mantendo o participante durante um min em repouso, seguido de quatro min de aquecimento com carga livre e 10 min com a carga determinada para o teste (75% ou 125% do LAV). Nos últimos quatro min de cada carga constante foram realizadas as AFV. Após a retirada da carga foram realizados seis min de recuperação ativa com carga livre e um min de recuperação passiva.

A avaliação da LFE foi realizada comparando as AFV, adquiridas pela realização de manobras de CI, com a MAFV mensurada antes de cada TECC (Johnson et al., 1999). As três manobras de CI foram realizadas em intervalos de um min entre elas e foram utilizadas para posicionar corretamente as AFV na MAFV (Karsten et al, 2012), como ilustrado na figura 3.

Três AFV representativas de cada intensidade foram selecionadas e a mais representativa destas foi utilizada na análise dos dados. Os sujeitos descansavam por 30 minutos entre cada carga (Karsten et al., 2012) sendo que a ordem de realização das intensidades foi realizada por randomização permutada em blocos, utilizando-se o Excel.



**Figura 3.** Ilustração da alça fluxo volume corrente (AFV), plotada na máxima alça fluxo volume (MAFV) em duas intensidades de exercício. Participante jovem, durante a intensidade de 75% do limiar da anaerobiose (LA) (A) e em 125% LA (B); participante meia idade em 75% LA (C) e em 125% LA (D), intensidade na qual ocorreu a limitação ao fluxo expiratório (LFE).

O grau de LFE foi definido pela porcentagem que as AFV excediam a MAFV. Um mínimo de 5% do quanto as AFV ultrapassam a MAFV era necessário para que o sujeito fosse considerado com LFE (Dominelli et al., 2011; Wilkie et al., 2012). Foram analisados: o

número de indivíduos que apresentaram ou não LFE nos grupos e intensidades estudadas, VO<sub>2</sub> pico, CI, fluxo expiratório e inspiratório forçado máximo (FEF máx e FIF máx, respectivamente) e a porcentagem da LFE (Pereira, 2002). Além disso, foi utilizada a classificação da LFE, segundo Johnson et al. (1999), que considera limitação leve porcentagens abaixo de 30%, moderada entre 30% e 50% e severa acima de 50%.

### **2.10. Análise estatística**

Inicialmente, o tamanho da amostra foi definido pela análise dos valores de LFE na potência de 125% do LA<sub>v</sub>, adquiridas por teste piloto (GJ = 4; GMI = 4) com poder de 95%, utilizando-se o teste t de Student. Os resultados sugeriram 4 sujeitos em cada grupo. Os dados normais foram apresentados segundo média ± desvio padrão e os não normais segundo mediana (mínimo-máximo).

Para a análise da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para a comparação das respostas obtidas pelos grupos estudados foi utilizado o teste t não pareado para a análise das variáveis paramétricas e o teste de *Mann-Whitney* para as variáveis não paramétricas da antropometria, da medida de força muscular respiratória, da prova de função pulmonar e do TECP. Também foi utilizado o ANOVA *two way* para a análise do efeito da idade e da intensidade do teste, nas variáveis dos testes de carga constante. Para a análise da interação entre as variáveis VO<sub>2</sub> pico, DR e idade foi realizada a regressão múltipla, utilizando-se o modelo de *stepwise*. A estatística foi processada no software SPSS 17.0. O nível de significância foi fixado em  $p < 0,05$ .

## **3. Resultados**

A tabela 1 apresenta a idade, os dados antropométricos, força muscular respiratória e os principais índices da espirometria dos grupos estudados. Foi observado que os valores

absolutos dos índices da espirometria foram menores no GMI e que o percentual do predito da CI foi maior neste grupo, quando comparado ao GJ ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 1** Caracterização dos sujeitos da pesquisa, avaliação da idade, dados antropométricos, força muscular respiratória, função pulmonar e *dysanapsis ratio*.

	GJ (n=11)		GMI (n=11)		P valor	
Idade (anos)	24±3		48±4		<0,001	
<b>Dados Antropométricos</b>						
Massa (kg)	81±10		80±13		0,79	
Estatutura (cm)	177±6		172±8		0,09	
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	26±2		27±3		0,30	
<b>Força Muscular Respiratória</b>						
PE máx (cmH <sub>2</sub> O)	173±21		183±54		0,62	
% Predito	118±13		145±43		0,08	
PI máx (cmH <sub>2</sub> O)	153±11		143±18		0,12	
% Predito	112±8		127±23		0,13	
<b>Teste de Função Pulmonar</b>						
	Valor Absoluto			% Predito		
	GJ (n=11)	GMI (n=11)	P valor	GJ (n=11)	GMI (n=11)	P valor
CVF (L)	5,38±0,66	4,70±0,71	<b>0,03</b>	101,88±11,46	105,49±10,85	0,46
VEF1 (L)	4,55±0,44	3,50±0,45	< <b>0,001</b>	98,58±9,36	96,93±7,81	0,66
VEF1/CVF (%)	85,73±6,28	74,73±5,46	< <b>0,001</b>	94,91±10,32	92,69±6,94	0,79
CI (L)	3,42±0,32	3,38±0,65	0,84	83,10±10,32	96,70±15,88	<b>0,03</b>
VRE (L)	1,85±0,48	1,33±0,67	<b>0,05</b>	104,25±29,38	97,37±54,56	0,72
VVM (L/min)	195,54±19,33	165,09±30,28	<b>0,01</b>	107,69±10,70	111,09±15,82	0,56
<b>DR</b>	0,22±0,06	0,22±0,05	0,89	-	-	-

GJ: grupo jovem. GMI: grupo meia idade. IMC: índice de massa corpórea. PE máx: pressão expiratória máxima. PI máx: pressão inspiratória máxima. CVF: capacidade vital forçada. VEF1: volume expiratório forçado no 1 segundo. CI: capacidade inspiratória. VRE: volume de reserva expiratória. VVM: ventilação voluntária máxima. DR: *Dysanapsis ratio*. Valores expressos média ± desvio-padrão ou mediana (mínimo-máximo). p<0.05 (Teste t de *Student* não pareado ou Teste *Mann-Whitney Rank Sum*). \* Valor predito para população brasileira por Neder et al. (1999).

Podemos observar, na tabela 2, os resultados oriundos do TECP. Não foram observadas diferenças entre as variáveis analisadas no LAV e no pico do exercício, na potência (taxa de incremento e valores absolutos atingidos) e nas variáveis relacionadas a eficiência ventilatória ( $p < 0,05$ ).

Todos os voluntários estudados foram classificados como ativos segundo a ACSM, (2011), pois realizavam o mínimo de 150 horas de atividades físicas semanais (caminhada, corrida, academia ou ciclismo), dados estes advindos da avaliação inicial.

**Tabela 2** Parâmetros cardiorrespiratórios durante o teste cardiopulmonar (TECP) em bicicleta ergométrica.

	<b>GJ (n=11)</b>	<b>GMI (n=11)</b>	<b>P valor</b>
Taxa de incremento (W/min)	28 (23-30)	25(20-30)	0,15
<b>LAV</b>			
Potência (W)	121(95-154)	111(67-163)	0,36
VO <sub>2</sub> (mL/kg/min)	15(14-20)	14(9-22)	0,89
VCO <sub>2</sub> (mL/min)	1289±236	1219±264	0,52
RER	0,98±0,07	0,98±0,07	1,00
<b>Pico</b>			
Potência (W)	248±41	214±46	0,08
VO <sub>2</sub> (mL/kg/min)	31±4	29±7	0,37
VCO <sub>2</sub> (mL/min)	3310±800	2726±520	0,06
RER	1,27±0,12	1,22±0,11	0,30
VE (L)	87,37±26,22	75,17±23,14	0,26
<b>Eficiência ventilatória</b>			
OUES	2679,71±511,16	2507,94±435,53	0,41
VE/VCO <sub>2</sub> slope	24,44±5,12	25,14±3,30	0,71

GJ: grupo jovem. GMI: grupo meia idade. LAV: limiar de anaerobiose pelo método ventilatório. VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio. VCO<sub>2</sub>: produção de dióxido de carbono. RER: Taxa de troca respiratória. VE: Ventilação Pulmonar. OUES: Eficiência ventilatória para consumo de

oxigênio. VE/VCO<sub>2</sub>: Eficiência ventilatória para produção de gás carbônico. Valores expressos média ± desvio padrão ou mediana (mínimo-máximo). p<0,05 (Teste t de *Student* não pareado ou Teste *Mann-Whitney Rank Sum*).

A tabela 3 mostra os resultados referentes a influência da idade e da intensidade do exercício durante os testes de carga constante. Observa-se que o GMI apresentou LFE nas duas intensidades de exercício (75 e 125% do LA) comparativamente ao GJ. Já os índices VO<sub>2</sub> pico, LFE, potência, FEF máx e FIF máx, apresentaram influência apenas da intensidade de exercício, sendo que quanto maior a intensidade maior foram os valores destas variáveis, para ambos os grupos estudados.

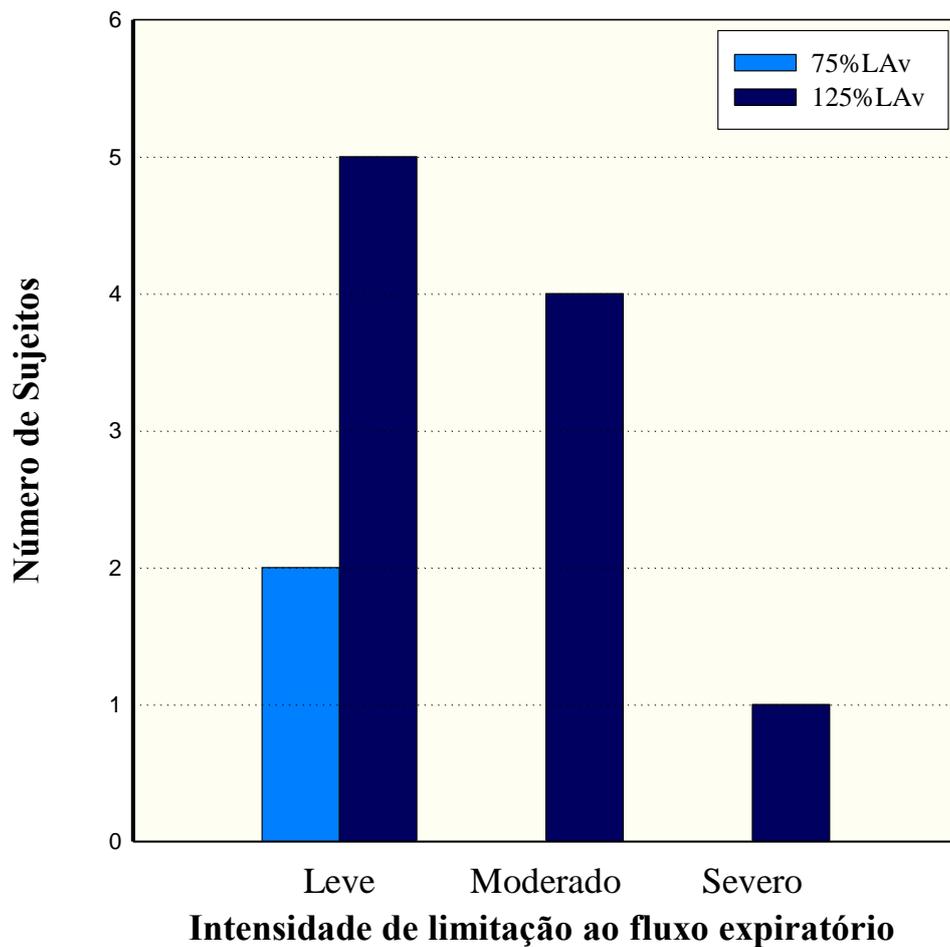
**Tabela 3.** Parâmetros cardiorrespiratórios durante os testes de carga constante em bicicleta ergométrica.

	<b>GJ</b>		<b>GMI</b>		<b>Efeito da idade</b>	<b>Efeito da intensidade</b>
	<b>75% LA<sub>v</sub></b>	<b>125% LA<sub>v</sub></b>	<b>75% LA<sub>v</sub></b>	<b>125% LA<sub>v</sub></b>	<b>P valor</b>	<b>P valor</b>
<b>VO<sub>2</sub> pico (ml/kg.min)</b>	19,0±1,7	28,2±3,1	18,2±5,1	29,0±8,6	0,98	<b>&lt;0,001</b>
<b>LFE (%)</b>	0,0±0,0	0,0±0,0	7,8±14,6	28,9±20,8	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,01</b>
<b>Potência (W)</b>	94±18	151±25	84±21	139±35	0,09	<b>&lt;0,001</b>
<b>CI</b>	3,7±0,4	3,7±0,4	3,4±0,6	3,6±0,7	0,27	0,67
<b>FEF máx</b>	1,5±0,3	2,7±0,4	1,4±0,3	2,9±1,0	0,38	<b>&lt;0,001</b>
<b>FIF máx</b>	1,8±0,3	2,8±0,4	1,8±0,4	3,4±1,1	0,38	<b>&lt;0,001</b>

GJ: grupo jovem. GMI: grupo meia idade. LA<sub>v</sub>: limiar de anaerbiose pelo método ventilatório. VO<sub>2</sub> pico: consumo de oxigênio.

LFE: limitação ao fluxo expiratório. CI: capacidade inspiratória. FEF máx: fluxo expiratório máximo. FIF máx: fluxo inspiratório máximo. Teste ANOVA *two way*. p<0,05. Valor expresso média ± desvio padrão.

Na figura 2, está representada a classificação da LFE do GMI, nas intensidades estudadas, sendo que o GJ não está incluso na figura, pois nenhum de seus participantes apresentou LFE. Entretanto, o GMI teve dois participantes que apresentaram uma limitação leve durante o teste de moderada intensidade; no exercício de alta intensidade, cinco participantes apresentaram limitação leve, quatro limitação moderada e um limitação severa.



**Figura 4.** Limitação ao fluxo expiratório durante exercício em bicicleta ergométrica, no grupo meia idade durante exercício de moderada intensidade (75% LAv) e alta intensidade (125% LAv) [classificação baseada em Johnson et al., (1999)].

Na tabela 4, está representada a interação entre as variáveis  $VO_2$  pico, DR e idade na intensidade de 125% LAv, já que não houve interação na carga de 75% LAv.

**Tabela 4.** Dados da interação entre idade, *dysanapsis ratio* e consumo de oxigênio, com a limitação ao fluxo expiratório durante exercício de moderada intensidade (75% LAV) e alta intensidade (125% LAV) em bicicleta ergométrica.

	Idade (anos)				DR				VO <sub>2</sub> pico (mL/Kg/min)			
	R	R <sup>2</sup>	B	P	R	R <sup>2</sup>	β	P	R	R <sup>2</sup>	B	p
<i>Moderada Intensidade (75% LAV)</i>												
Nº Participantes com LFE	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
%LFE	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Alta Intensidade (125% LAV)</i>												
Nº Participantes com LFE	0,82	0,62	0,82	<b>&lt;0,001</b>	--	--	--	--	--	--	--	--
%LFE	0,67	0,42	0,67	<b>0,001</b>	--	--	--	--	--	--	--	--

Resultados da regressão múltipla, modelo *stepwise* (p<0,05). LFE: limitação ao fluxo expiratório. LAV: limiar de anaerobiose ventilatório. DR: *dysanapsis ratio*. VO<sub>2</sub> pico: consumo de oxigênio no pico do exercício.

#### 4. Discussão

O principal achado desta investigação é que em indivíduos do gênero masculino em duas faixas etárias distintas (jovens e meia idade) a idade foi o único fator que se relacionou com a presença de LFE durante o exercício em cicloergômetro. Vale destacar, que a maioria dos estudos sobre este assunto, leva em consideração apenas às faixas extremas do processo de envelhecimento, não considerando o que acontece no intervalo deste processo. Sendo assim, o nosso estudo se destaca por estudar esta faixa etária intermediária e compará-la com a de sujeitos jovens.

Nossos achados, relativos ao fato da DR não se relacionar com a LFE são contrários as evidências apresentadas por Dominelli et al. (2011) sobre o uso da DR como principal determinante da LFE. Ressalta-se que esses autores estudaram mulheres jovens saudáveis, nos quais os menores valores de DR resultavam em uma maior prevalência de LFE enquanto Smith et al. (2014) apontaram este índice como um preditor da LFE ao exercício dinâmico, avaliado em indivíduos jovens ativos saudáveis de ambos os sexos. As diferenças podem ser justificadas uma vez que em nosso estudo adicionamos um grupo meia idade.

Também devemos ressaltar que nossos achados, mostram a necessidade da realização de mais estudos com os indivíduos de meia idade, já que os principais determinantes para a presença de LFE, estudados na literatura, não apresentam relação com o aparecimento da LFE nesta faixa etária. Dessa forma, a identificação precoce de casos onde a LFE foi classificada como moderada ou grave, inviabilizando. Novamente, o nosso estudo se destaca, por estudar sujeitos com um estilo de vida compatível com a grande maioria da população. Podendo justificar assim, a não interação da aptidão física ( $VO_2$  máx e pico) com a presença da LFE (tabela 4).

Também podemos observar (tabela 2), que os dois grupos não apresentaram diferenças em relação ao  $VO_2$  pico, obtido por meio do TECP. Este achado pode estar relacionado com

as faixas etárias escolhidas para o estudo, já que as alterações estruturais e da mecânica respiratória decorrentes do envelhecimento, que deveriam ter sido evidenciadas na comparação do GJ com o GMI, não foram suficientes ao ponto de serem identificadas diferenças estatísticas nas variáveis estudadas.

No entanto, cabe destacar que a observação da LFE nos indivíduos de meia-idade, mesmo que sem alterações intrínsecas (estruturais e/ou da mecânica respiratória) visíveis pelas avaliações realizadas, chamam atenção. Isto pode significar que a LFE pode ser o primeiro alerta para o aparecimento de sintomas respiratórios, como a dispneia (Dow et al., 1991) ou alterações funcionais características dos idosos, como diminuição da eficiência ventilatória (Stambford, 1988) e da função pulmonar (Ofir et al., 2008). Estas alterações no sistema respiratório podem interferir na saúde e bem estar destes indivíduos, como apresentado por Waterer et al. (2001), que estudaram idosos de ambos os gêneros e concluíram que a LFE nesta população é sub diagnosticada e pode ser uma porta de entrada para as doenças das vias aéreas respiratórias.

As características antropométricas (massa corporal, estatura e IMC), de força muscular respiratória (PE<sub>máx</sub> e PI<sub>máx</sub>) e espirometria, mostram que os grupos estudados apresentam valores dentro dos preditos para suas faixas etárias, o que garante que os critérios para a inclusão na pesquisa foram respeitados. Também foi possível observar, que o GJ apresentou maiores valores dos índices absolutos: CVF, VEF1, VRE e VVM e da relação VEF1/CVF, do que o GMI, o que já era esperado devido o efeito do envelhecimento (Ofir et al., 2008) e enfatizado por não ter sido encontrada diferenças nestes índices entre a porcentagem dos valores obtidos e o predito para cada faixa etária.

Porém, estes achados devem ser considerados, uma vez que homens saudáveis, de 20 até os 40 anos, apresentam uma boa reserva expiratória, possibilitando aumentar a demanda ventilatória mesmo durante um exercício máximo (Shell e Guenette, 2008). Entretanto com a

diminuição do volume de reserva expiratório, como observado no presente estudo pelos valores obtidos pelo GMI, ocorre também a diminuição da MAFV oriunda da manobra de CVF (figura 1), sendo assim a presença de LFE no GMI pode ser explicado pela conseqüente diminuição da MAFV decorrente da diminuição dos índices desta manobra elevando a detecção da LFE no GMI e não no GJ (figura 3).

Este achado pode ser comparado aos resultados da revisão realizada por Sheel e Guenetti (2008), que observaram que a presença de LFE em mulheres comparativamente com homens da mesma faixa etária se justificam pelo menor volume pulmonar das mulheres decorrente das diferenças anatômicas e estruturais entre os sexos. Sendo assim, podemos destacar que o comportamento das respostas do nosso grupo de meia idade, parece ser semelhante aos resultados das mulheres estudadas nesta revisão.

A utilização da AFV para determinação da LFE tem sido questionada nos últimos anos, devido ao pressuposto que esta análise pode superestimar ou detectar erroneamente a LFE (Johnson et al., 1999), entretanto a mesma apresenta uma excelente representação visual da LFE e controle operacional durante o exercício, garantindo a qualidade dos valores estudados (Johnson et al., 1999; Pereira, 2002). Em relação à detecção errônea da LFE, isto pode ser evitado pela análise e interpretação cuidadosa dos dados gerados por esta metodologia, tendo sido recomendado considerarem LFE somente porcentagens superiores a 5% (Dechark et al., 2000). Ressalta-se que no presente estudo este foi um critério utilizado para a análise dos dados. Além disso, a utilização de outras metodologias, como a pressão expiratória negativa, para a avaliação da LFE não tem mostrado resultados divergentes aos oriundos da AFV, como descrito por Sheel e Guenetti (2008).

Na análise dos dados advindos do TECP, os grupos também não apresentaram diferenças em relação a taxa de incremento e aos índices: potência atingida,  $VO_2$  e  $VCO_2$ , tanto no LAV como no pico do exercício. Esses dados mostram novamente que o GMI está na

transição entre uma boa regulação dos índices cardiorrespiratórios e o aparecimento dos distúrbios destes sistemas decorrentes do envelhecimento, levando ao aparecimento da LFE nesta faixa etária. Além disso, os índices  $VE/VCO_2$  *slope* e OUES, que correspondem respectivamente à eficiência ventilatória para produção de gás carbônico e para o consumo de oxigênio, não apresentaram diferenças estatísticas entre os grupos (tabela 2). Dessa forma, não é possível concluir que a LFE está sendo desencadeada por uma falha na eficiência ventilatória. Portanto, nossos resultados sugerem que a LFE no grupo meia idade se deve possivelmente a alterações estruturais decorrentes do envelhecimento que não puderam ser identificadas pelas avaliações realizadas.

Em relação a distribuição da LFE nas diferentes intensidades no GMI, foi observado que no exercício de 75% LA<sub>v</sub> apenas dois participantes do GMI apresentaram uma leve LFE, já no exercício de 125% LA<sub>v</sub>, um participante não apresentou LFE, cinco apresentaram uma limitação leve, quatro moderada e um severa (figura 4). Contrário a esses resultados, nenhum dos participantes do GJ apresentou LFE nas duas intensidades de exercício realizadas. A presença da LFE durante o exercício, neste grupo, pode ser explicada pelo declínio nos componentes elásticos e enrijecimento das paredes torácicas, em função do avanço da idade. Estas alterações nos mecanismos elásticos facilitam o aumento da pressão intratorácica, reduzindo a pressão interna das vias aéreas em função do esforço imposto pelo aumento da demanda ventilatória durante o exercício, agravando a compressão dinâmica das vias aéreas e reduzindo o fluxo expiratório máximo (Johnson et al., 1991).

O efeito da idade durante o exercício de carga constante apenas influenciou na porcentagem de LFE. Já a intensidade do exercício, resultou em um maior valor atingido do VO<sub>2</sub> pico, porcentagem da LFE, FEF máx e FIF máx. Estes resultados concordam com outros estudos (Babb e Rodart, 2000; Ofir et al., 2008), uma vez que conjuntamente com o aumento da demanda ventilatória ocorre também o aumento do fluxo inspiratório e expiratório

máximo, com o intuito de manter uma ventilação adequada para a manutenção do exercício físico em diferentes intensidades.

A análise da interação entre os dados mostrou que a idade foi o único fator que teve interação com a LFE, sendo que o DR e o  $VO_2$  pico não tiveram relação com o número de participantes que apresentaram LFE e com o percentual de limitação dos indivíduos estudados, mostrando que estes índices não podem explicar o aparecimento da LFE no GMI (Tabela 4). Estes dados mostram que com o aumento da idade ocorre aumento tanto no número como na porcentagem de LFE.

A principal limitação deste estudo é a impossibilidade de se utilizar os resultados desta pesquisa para a explicação da presença da LFE em outras faixas etárias. Assim sugere-se a realização de estudos futuros que avaliem o efeito do envelhecimento em homens utilizando outras faixas etárias.

Os dados apresentados sugerem que a LFE com o decorrer do envelhecimento precede o aparecimento de sinais clínicos como a intolerância ao exercício de alta intensidade, a dispneia e a queda significativa da capacidade funcional aeróbia, pelo menos nas faixas etárias estudadas. Além de não ter sido observado interação com as alterações anatômicas, como o tamanho das vias aéreas e da área pulmonar, avaliado pelo índice *dysanapsis ratio*.

## **5. Conclusão**

Concluimos que a idade foi o único fator que interagiu com a LFE no grupo de meia idade, sendo que quanto maior a intensidade do exercício dinâmico, maior foi a porcentagem de limitação apresentada por esses indivíduos. Além disso, os índices *dysanapsis ratio* e  $VO_2$  pico não foram capazes de determinar a LFE entre homens jovens e de meia idade saudáveis.

## 6. Considerações finais e desdobramentos futuros

Para responder as perguntas que surgiram após a conclusão deste estudo, estamos desenvolvendo dois novos estudos:

O primeiro estudo terá como objetivo estudar o comportamento dos determinantes da LFE durante o processo de envelhecimento, com o intuito de verificar as principais características que levam ao aparecimento da LFE nos indivíduos durante o processo de envelhecimento saudável.

O segundo estudo, terá como objetivo avaliar a LFE em diferentes ergômetros (bicicleta ergométrica e esteira ergométrica), já que não existe nenhum estudo, do nosso conhecimento, que avalie a diferença nos dados coletados durante a avaliação nestes ergômetros, além das vantagens e desvantagens da utilização de cada ergômetro para esta avaliação.

## 7. Referências

American thoracic society/European respiratory society. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med.** v. 166, p. 518-624, 2002.

American College of Sports Medicine. Quantity and Quality of Exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently fit adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise.** v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

Babb, T.G. and Rodarte, J.R. Mechanism of reduced maximal expiratory flow with aging. **J. Appl. Physiol.** v.81, p. 505-511, 2000.

Babb, T.G. Exercise Ventilatory Limitation: The Role of Expiratory Flow Limitation. **Exerc Sport Sci Rev.** v.41, n.1, p.11–18, 2013. DOI:10.1097/JES.0b013e318267c0d2.

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, p. 191-225, 2010.

Borg, G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc.** v. 14, n.5, p. 377–81, 1982.

Catai, A.M. et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. **Braz J Med Biol Res.** v. 35, n. 6, p. 741-752, 2002.

Dechark, P.A. et al. Expiratory flow limitation confounds ventilatory response during exercise in athletes. **MSSE.** p. 1873-1879, 2000.

Dominelli, P.B. et al. Determinants of expiratory flow limitation in healthy women during exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.** v. 43, n. 9, p.1666–1674, 2011.

Dominelli, P.B. et al. Dysanapsis: importance of measured lung and static recoil pressure response. **Med. Sci. Sports Exerc.** v. 44, n. 6, p. 1195, 2012.

Dominelli, P.B. et al. Exercise induced arterial hypoxemia and the mechanics of breathing in healthy young women. **J. Physiol.** v.591, n.12, p.3017–3034, 2013.

Dow, L. et al. A population survey of respiratory symptoms in the elderly. **Eur Respir J.** v. 4, p. 267-272.

Enright, P. et al. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. **Am J Respir Crit Care Med.** v. 149, p. 430-438, 1994.

Frank, N.R., Mead J., Ferris B.G. The mechanical behavior of the lungs in healthy elderly persons. **J. Clin. Invest.** v. 36, p. 1680-1687, 1957.

Green, M., Mead, J., Turner, J.M. Variability of maximum expiratory flow–volume curves. **J. Appl. Physiol.** v. 37, p. 67–74, 1974.

Grimby, G., Saltin, B., Wilhelmsen, L. Pulmonary flow-volume and pressure-volume relationship during submaximal and maximal exercise in young well-trained men. **Bull. Physiopathol. Respir.** v. 7, n. 1, p. 157–172, 1971.

Guenette, J.A. et al. Effect of thoracic gas compression and bronchodilation on the assessment of expiratory flow limitation during exercise in healthy humans. **Respir. Physiol. Neurobiol.** v. 170, p. 279–286. 2010.

Guenette, J.A. et al. Respiratory mechanics during exercise in endurance-trained men and women. **J. Physiol.** v. 581, n. 3, p. 1309–1322, 2007.

Higa, M.N. et al. Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. **Braz J Med Biol Res.** v. 40, n. 4, 2007.

Johnson, B.D. et al. Flow limitation and regulation of functional residual capacity during exercise in a physically active aging population. **Am Rev Respir Dis.** v. 143, p. 8, 1991.

Johnson, B.D., Saupe, K.W., Dempsey, J.A. Mechanical constraints on exercise hyperpnea in endurance athletes. **J. Appl. Physiol.** v. 73, n. 3, p. 874–886, 1992.

Johnson, B.D., Badr, M.S., Dempsey, J.A. Impact of the aging pulmonary system on the response to exercise. **Clin. Chest. Med.** v. 15, p. 229-246, 1994.

Johnson, B.D. et al. Emerging concepts in the evaluation of ventilatory limitation during exercise: the exercise tidal flow-volume loop. **Chest.** v. 166, n. 2, p. 488–503, 1999.

Karsten, M. et al. Recent myocardial infarction patients present ventilatory limitation during aerobic exercise. **Int. J. Cardiol.** v. 161, p. 180-181, 2012.

McClaran, S.R. et al. Smaller lungs in women affect exercise hyperpnea. **J. Appl. Physiol.** v. 84, n. 6, p. 1872–1881, 1998.

Mead, J. Dysanapsis in normal lungs assessed by the relationship between maximal flow, static recoil, and vital capacity. **Am Rev Respir Dis.** v. 121, n. 2, p. 339–342, 1980.

Miller, M.R. et al. Standardisation of spirometry. **Eur Respir J.** v. 26, p. 319-338, 2005.

Neder, J.A.; Andreoni, S.; Lerario, M.C.; Nery, L.E. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Braz J Med Biol Res.** v. 32, n. 6, p. 719-27, 1999.

Neder, J.A.; Nery, L.E. Fisiologia Clínica do Exercício: Teoria e prática. **São Paulo: Artes Médicas.** p. 34-45. 2003.

Niewoehner, D.E. e Kleinerman, J. Morphologic basis of pulmonary resistance in the human lung and effects of aging. **J. Appl. Physiol.** v. 36, p. 412-418, 1974.

Ofir, D. et al. Sex differences in the perceived intensity of breathlessness during exercise with advancing age. **J. Appl. Physiol.** v. 104, p. 1583-1593, 2008.

Pellegrino, R. et al. Expiratory flow limitation and regulation of end-expiratory lung volume during exercise. **J. Appl. Physiol.** v. 74, n. 5, p. 2552–2558, 1993.

Pereira, A.C. Consenso de Espirometria. **J. Pneumol.** v. 28, n. 3, 2002.

Polkey, M. et al. The contractile properties of the elderly human diaphragm. **Am J. Respir. Crit. Care Med.** v. 155, p. 1560-1564, 1997.

Shell, A.W. and Guenette, J.A. Mechanics of breathing during exercise in men and women: sex versus body size differences? **Exerc. Sport Sci. Rev.** v. 36, n. 3, p. 128-134, 2008.

Smith, J.R., Rosenkranz, S.K., Harms, C.A. Dyanapsis ratio as a predictor for expiratory flow limitation. **Respiratory Physiology & Neurobiology**. v. 198, p. 25-31, 2014.

Stambford, B.A. Exercise and the elderly. **Exerc. Sport Sci Rev.** v. 16, p. 341-379, 1988.

Wasseman, K. et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation. **Philadelphia: Lea & Febiger**, 1999.

Tantucci, C. Expiratory Flow Limitation Definition, Mechanisms, Methods, and Significance. **Pulmonary Medicine**, artigo ID 749860, 6 páginas, 2013. doi:10.1155/2013/749860.

Turner, J.M., Mead, J., Wohl, M.E. Elasticity of human lungs in relation to age. **J. Appl. Physiol.** v. 25, p. 664-671, 1968.

Wasserman, K. et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation. **Philadelphia: Lea & Febiger**, 1999.

Waterer, G.W. et al. Airflow Limitation is Underrecognized in Well-Functioning Older People. **JAGS**. v. 49, p. 1032–1038, 2001.

Wilkie, S.S. et al. Effects of an aging pulmonary system on expiratory flow limitation and dyspnoea during exercise in healthy women. **Eur J Appl Physiol**. v. 112, p. 2195–2204, 2012. DOI 10.1007/s00421-011-2191-x

**ANEXO A**

---

Parecer emitido pelo Comitê de ética em pesquisa com seres humanos da  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS/UFSCAR



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES, RESPIRATÓRIAS, METABÓLICAS E AUTÔNOMICAS DURANTE TESTES DE RESISTÊNCIA MUSCULAR RESPIRATÓRIA E DE DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO RESPIRATÓRIA CRÍTICA EM HOMENS SAUDÁVEIS

**Pesquisador:** Aparecida Maria Catai

**Área Temática:** A critério do CEP

**Versão:** 1

**CAAE:** 05766712.0.0000.5504

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

**Patrocinador Principal:** Departamento de Fisioterapia

**DADOS DA NOTIFICAÇÃO**

**Tipo de Notificação:** Outros

**Detalhe:** Parecer CEP

**Justificativa:** Solicita-se o aditamento do presente projeto para que possamos incluir novos

**Data do Envio:** 12/09/2013

**Situação da Notificação:** Aguardando revisão do parecer do colegiado

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 403.589

**Data da Relatoria:** 15/10/2013

**Apresentação da Notificação:**

Nesta solicitação os pesquisadores pedem a inclusão de indivíduos homens saudáveis com idade entre 20 e 70 anos, que serão divididos em 5 grupos de acordo com a faixa etária, sendo que a nova composição dos grupos será: G1 homens com idade entre 20-29 anos, G2 com idade entre 30-39 anos, G3 com idade entre 40-49 anos, G4 com idade entre 50-59 anos, G5 com idade entre 60-70 anos.

**Objetivo da Notificação:**

OS pesquisadores apontam que esta inclusão permitirá entender melhor a influência das alterações do processo de envelhecimento sobre o comportamento das respostas cardiovasculares,

**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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS/UFSCAR



Continuação do Parecer: 403.589

respiratórias, metabólicas e autonômicas durante os teste de resistência muscular respiratória e de determinação da pressão respiratória crítica em homens saudáveis.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Idem Parecer consubstanciado. As demais avaliações as quais os grupos serão submetidos não irão ser alteradas, e portanto, não acarretarão novos riscos para os voluntários.

**Comentários e Considerações sobre a Notificação:**

Idem Parecer consubstanciado.

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

Idem Parecer consubstanciado.

**Recomendações:**

Vide conclusões.

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

Notificação aprovada.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

SAO CARLOS, 23 de Setembro de 2013

---

**Assinador por:**  
**Maria Isabel Ruiz Beretta**  
**(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 A**

---

Atividades realizadas durante o período do Mestrado

## Participação em Projetos de pesquisa

---

### 2013 - Atual

Análise da complexidade na avaliação das oscilações cardiovasculares e postural com o envelhecimento

Situação: Em andamento; Natureza: Pesquisa.

Integrantes: Patrícia Rehder dos Santos - Integrante / Natália Maria Perseguini - Integrante / Anielle Cristhine de Medeiros Takahashi - Integrante / Aparecida Maria Catai - Coordenador / Juliana Cristina Milan - Integrante / Vinicius Minatel - Integrante / Alberto Porta - Integrante / Camila Bianca Falasco Pantoni - Integrante / Tito Bassani - Integrante / Rodrigo Polaquini Simões - Integrante / Ellen Caroline Gomes - Integrante / Stela Márcia Mattiello - Integrante / Mariana Góis - Integrante / Sílvia Cristina de Garcia Moura - Integrante / Marcele Stephanie de Souza Buto - Integrante / Verena de Vassimon Barroso Carmelo - Integrante.

### 2013 - Atual

Avaliação das respostas cardiovasculares, respiratórias metabólicas e autonômicas durante testes de resistência muscular respiratória e de determinação da pressão respiratória crítica em homens saudáveis.

Situação: Em andamento; Natureza: Pesquisa.

Integrantes: Patrícia Rehder dos Santos - Integrante / Anielle Cristhine de Medeiros Takahashi - Integrante / Aparecida Maria Catai - Coordenador / Juliana Cristina Milan - Integrante / Vinicius Minatel - Integrante / Bruno Araújo Ribeiro - Integrante / Alberto Porta - Integrante.

## Produções

---

### Artigos completos publicados em periódicos

1. PERSEGUINI, NATÁLIA M.; VERLENGIA, ROZANGELA; MILAN, JULIANA C.; MINATEL, VINICIUS; **REHDER-SANTOS, PATRÍCIA**; TAKAHASHI, ANIELLE C.M.; SANTANA-LEMO, BÁRBARA A.; CALADO, RODRIGO T.; FERREIRA FILHO, PEDRO; PORTA, ALBERTO; CATAI, APARECIDA M. Cardiac autonomic modulation, C-reactive protein or telomere length: Which of these variables has greater importance to aging? *International Journal of Cardiology* (Print) <sup>JCR</sup>, v. 178, p. 79-81, 2015.

2. PERSEGUINI, NATÁLIA MARIA; MEDEIROS TAKAHASHI, ANIELLE CRISTHINE ; MILAN, JULIANA CRISTINA; **SANTOS, PATRÍCIA REHDER**; NEVES, VALÉRIA FERREIRA CAMARGO; BORGHI-SILVA, AUDREY; SILVA, ESTER; MONTANO, NICOLA; PORTA, ALBERTO; CATAI, APARECIDA MARIA. Effect of hormone

replacement therapy on cardiac autonomic modulation. *Clinical Autonomic Research* <sup>JCR</sup>, v. 24, p. 63-70, 2014.

3. CATAI, APARECIDA; TAKAHASHI, ANIELLE; PERSEGUINI, NATÁLIA; MILAN, JULIANA; MINATEL, VINICIUS; **REHDER-SANTOS, PATRÍCIA**; MARCHI, ANDREA; BARI, VLASTA; PORTA, ALBERTO. Effect of the Postural Challenge on the Dependence of the Cardiovascular Control Complexity on Age. *Entropy (Basel. Online)* <sup>JCR</sup>, v. 16, p. 6686-6704, 2014.

### **Resumos expandidos publicados em anais de congressos**

1. CATAI, APARECIDA M.; TAKAHASHI, ANIELLE C.M.; PERSEGUINI, NATALIA M.; MILAN, JULIANA C.; MINATEL, VINICIUS; BASSANI, TITO; BARI, VLASTA; MARCHI, ANDREA; **SANTOS, PATRICIA R.**; BORGHI-SILVA, AUDREY; MONTANO, NICOLA; PORTA, ALBERTO. Short-term complexity of cardiovascular oscillations during orthostatic change in aging. In: 2014 8th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations (ESGCO), 2014, Trento. 2014 8th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations (ESGCO). p. 49.

2. CATAI, APARECIDA M.; TAKAHASHI, ANIELLE C. M.; PERSEGUINI, NATALIA M.; MILAN, JULIANA C.; MINATEL, VINICIUS; **SANTOS, PATRICIA R.**; BASSANI, TITO; BARI, VLASTA; BORGHI-SILVA, AUDREY; MONTANO, NICOLA; PORTA, ALBERTO. Baroreflex response to orthostatic challenge: Effect of aging. In: 2014 8th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations (ESGCO), 2014, Trento. 2014 8th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations (ESGCO), 2014. p. 45.

### **Resumos publicados em anais de congressos**

1. **REHDER-SANTOS, P.**; PERSEGUINI, N. M.; MILAN, J. C.; MINATEL, V.; TAKAHASHI, A. C. M.; Borghi-Silva, A.; PORTA, A.; CATAI, A. M. Relação entre DFA espectral e índices espectrais, simbólicos e de complexidade da variabilidade da frequência cardíaca. In: XXXV Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2014, São Paulo. Suplemento da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2014. v. 24. p. 255-255.

2. MILAN, J. C.; PERSEGUINI, N. M.; MINATEL, V.; **SANTOS, P. R.**; Takahashi, A. C. M.; Borghi-Silva, A.; MONTANO, N.; CATAI, A. M. Relação entre complexidade e índices

simbólicos da variabilidade da frequência cardíaca de saudáveis de diferentes faixas etárias. In: XXXIV Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2013, São Paulo. Suplemento Especial da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2013. v. 23. p. 270-270.

**3. PERSEGUINI, N. M.; MILAN, J. C.; MINATEL, V.; SANTOS, P. R.;** Takahashi, A. C. M.; Borghi-Silva, A.; MONTANO, N.; PORTA, A.; CATAI, A. M. Efeitos do envelhecimento e da postura na análise não linear da variabilidade da frequência cardíaca. In: XXXIV Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2013, São Paulo. Suplemento Especial da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2013. v. 23. p. 262-262.

**4. SANTOS, P. R.;** PERSEGUINI, N. M.; Takahashi, A. C. M.; MILAN, J. C.; Borghi-Silva, A.; CATAI, A. M. Análise não linear da variabilidade da frequência cardíaca em mulheres jovens e idosas. In: XX Congresso de Iniciação Científica (CIC) e V Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CIDTI), 2013, São Carlos. XX Congresso de Iniciação Científica (CIC), 2013.

**5. CATAI, A. M.;** Takahashi, A. C. M.; PERSEGUINI, N. M. ; MILAN, J. C.; MINATEL, V.; **SANTOS, P. R.;** BASSANI, T.; Borghi-Silva, A.; MONTANO, N.; PORTA, A. Efeitos do envelhecimento na análise de acoplamento entre as variabilidades da pressão arterial e da frequência cardíaca. In: XXXIV Congresso da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2013, São Paulo. Suplemento Especial da Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo, 2013. v. 23. p. 262-262.