

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS

CRISTINA MARTINS COELHO

PRESSÕES RESPIRATÓRIAS ESTÁTICAS MÁXIMAS:
PARÂMETROS DE ANÁLISE E INFLUÊNCIA DO ESTÍMULO VISUAL

JUIZ DE FORA
2011

CRISTINA MARTINS COELHO

PRESSÕES RESPIRATÓRIAS ESTÁTICAS MÁXIMAS:
PARÂMETROS DE ANÁLISE E INFLUÊNCIA DO ESTÍMULO VISUAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, área de concentração Movimento Humano, pelo Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu da Faculdade de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Prof. Dr. José Marques Novo Júnior
Orientador

Juiz de Fora
2011

Pressões respiratórias estáticas máximas: parâmetros de análise e influência do estímulo visual

Cristina Martins Coelho

José Marques Novo Júnior

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Aprovada em 29/03/2011

Verônica Franco Parreira

David Sérgio Adães de Gouvês

José Marques Novo Júnior

Dedico este trabalho à minha querida amiga e mestra Rosa Maria de Carvalho. O que se iniciou como uma relação professora-aluna transformou-se em amizade sincera, que espero manter para sempre, não importa o rumo que nossas vidas possam tomar... Obrigada por tudo!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela oportunidade de realizar este sonho e iniciar a longa jornada rumo ao meu objetivo final.

Agradeço imensamente à minha família: meus pais Pedro Coelho e Lúcia Coelho, e minha irmã Débora Coelho, pelo amor e apoio de todos os momentos.

À minha avó, Joventina de Freitas Martins, pela oração incansável, que sempre me deu forças para seguir em frente, mesmo nas horas mais difíceis.

Ao meu orientador, José Marques Novo Júnior, por todo o aprendizado, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pela confiança em mim depositada.

Ao professor David Sérgio Adães de Gouvêa, pelos ensinamentos e pela ajuda com a temida “programação”, mas principalmente por ter acreditado em meu potencial, ainda quando eu mesma duvidava...

À minha amiga e mestra Rosa Maria de Carvalho, pelos ensinamentos, apoio e amizade de todas as horas.

À professora Verônica Franco Parreira, pelas valiosas sugestões e grande contribuição a este trabalho.

A todos os alunos do Mestrado que dividiram comigo esta jornada, especialmente àqueles do grupo de estudos LAPEN, pela contribuição ao meu trabalho e à minha formação, mas também pelas boas risadas que demos juntos.

Aos funcionários do setor de Fisioterapia e de Métodos Gráficos do HU/CAS, pelo apoio, sorriso e auxílio constantes.

A todos os voluntários que participaram desta pesquisa, sem os quais nada disso seria possível.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho, o meu muito obrigada!

RESUMO

Introdução: A força muscular respiratória é geralmente estimada a partir das pressões geradas nas vias aéreas pela contração dos músculos respiratórios. Dentre os testes disponíveis para este fim, o mais amplamente utilizado na prática clínica é a avaliação das pressões respiratórias estáticas máximas (PREM) ao nível da boca: pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima. Atualmente, recomenda-se a utilização de transdutores de pressão em substituição aos manovacômetros aneróides durante as medidas das PREM. Entretanto, os parâmetros de definição de pressão máxima a serem empregados a partir da utilização deste tipo de equipamento ainda são motivo de debate. Uma das possíveis vantagens relacionadas à utilização dos transdutores de pressão é a visualização do próprio esforço realizado por parte dos indivíduos. Porém, não foram encontrados na literatura consultada estudos que avaliassem objetivamente os efeitos desta estratégia sobre os valores pressóricos mensurados. Objetivos: Investigar diferentes parâmetros de definição de pressão máxima descritos na literatura para as medidas das PREM, bem como avaliar a influência do estímulo visual sobre o desempenho dos voluntários durante estas medidas. Materiais e métodos: Estudo transversal, do qual participaram 49 sujeitos saudáveis, de ambos os sexos, com média de idade de $23,08 \pm 2,5$ anos, índice de massa corporal que não caracterizasse desnutrição ou obesidade, e função ventilatória dentro dos limites da normalidade. Os voluntários foram recrutados na comunidade acadêmica da Universidade Federal de Juiz de Fora, e todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido previamente às avaliações. Para as medidas das PREM, foi utilizado um transdutor de pressão da marca EMG System do Brasil Ltda. Os testes foram realizados em duas ocasiões, com intervalo mínimo de duas semanas, com e sem a utilização do estímulo visual. Os parâmetros de definição de pressão máxima avaliados foram estimados a partir de algoritmo matemático desenvolvido para a pesquisa, a saber: pressão de pico, pressão de platô, pressão média máxima e pressão segundo a área. Além disso, foram avaliados ainda o tempo para atingir o valor de pico e a área normalizada. Para análise estatística, foram empregados a média e o desvio padrão para caracterização da amostra, além dos testes de

Friedman, Wilcoxon, e da correlação de Spearman para análise das variáveis. Resultados: Foram encontradas diferenças significativas entre todos os parâmetros de definição de pressão máxima estudados ($p < 0,05$). Com relação à utilização do estímulo visual, este esteve relacionado a maiores valores pressóricos apenas no primeiro dia de avaliação ($p < 0,05$), indicando neste caso o efeito do aprendizado. Conclusão: Foram evidenciadas diferenças significativas entre todos os parâmetros de definição de pressão máxima estudados. Além disso, a utilização do estímulo visual durante os testes pareceu não resultar em melhoria do desempenho dos sujeitos avaliados.

Palavras-chave: Músculos respiratórios. Testes de força muscular. Pressões respiratórias estáticas máximas. Estímulo visual. Função ventilatória.

ABSTRACT

Introduction: Respiratory muscle strength is usually estimated from the pressures generated on the airways by the respiratory muscles contraction. Among the available tests, the most widely used in clinical practice is the assessment of the maximal static respiratory pressures (MSRP) generated at the mouth: maximum static inspiratory pressure and maximum static expiratory pressure. Nowadays, the use of pressure transducers during the measurements of the MSRP, in substitution to the aneroid manometers, is recommended. However, the definition parameters of maximum pressure that should be applied when using this device are still to be defined. One of the possible advantages related to the use of pressure transducers is the real time visualization, by the subjects, of their own effort. Nevertheless, studies that objectively evaluated the effects of this strategy upon the pressure values obtained were not found in the literature. **Objectives:** To investigate different definition parameters of maximum pressure described in the literature for the MSRP measurements, as well as to assess the influence of the visual feedback upon the performance of the volunteers. **Methods:** Transversal study, in which 49 healthy subjects from both sexes took part, mean age $23,08 \pm 2,5$ years, body mass index that did not characterize obesity or malnutrition, and ventilatory function within normal limits. The volunteers were recruited from the academic community of the Federal University of Juiz de Fora, and all gave their informed written consent prior to the measurements. The assessments of the MSRP were made using an EMG System do Brasil Ltda. pressure transducer. The tests were conducted in two occasions, with a two-week minimum interval, with and without visual feedback. The definition parameters of maximum pressure were estimated from a mathematical algorithm developed to the research and were, namely, peak pressure, plateau pressure, mean pressure and pressure according to the area. It was also evaluated the time to reach the peak pressure and the normalized area. For statistical analysis, it was used the mean and the standard deviation for sample characterization, and the Friedman and Wilcoxon tests, as well as the Spearman correlation, for the data analysis. **Results:** There were found significant differences among all the definition parameters of maximum pressure studied. Regarding the tests undertaken with visual feedback,

they were related to higher pressure values only in the first day of assessments ($p > 0,05$), indicating, in this case, the learning effect. Conclusion: There were found significant differences among all the definition parameters of maximum pressure studied. In addition, the use of visual feedback during the testes seems to be unable to improve the volunteers' performance.

Keywords: Respiratory muscles. Tests of muscle strength. Maximal static respiratory pressures. Visual feedback. Ventilatory function.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Bocal de borracha semi-rígida, tipo mergulhador, utilizado nas avaliações	27
Figura 2: Bocal de borracha utilizado nas avaliações, ao lado de uma régua de 15 cm	28
Figura 3: Transdutor de pressão respiratória utilizado nas avaliações, conectado a microcomputador portátil	29
Figura 4: Registro típico de uma medida de PEmáx utilizando transdutor de pressão respiratória	31
Figura 5: Curva de pressão respiratória original e curva suavizada pelo método de ajuste linear	32
Figura 6: Curva de pressão respiratória suavizada pelo método de ajuste linear e derivada da curva de pressão respiratória suavizada	33
Figura 7: Curva de pressão respiratória original e curva de pressão respiratória com ponto de início calculado pelo algoritmo de análise	34
Figura 8: Parâmetros de definição de pressão máxima avaliados	35
Figura 9: Área total da curva pressórica com duração igual a cinco segundos e área normalizada pelo valor de máximo	36
Figura 10: Boxplot dos parâmetros de definição de pressão máxima obtidos durante as medidas de PEmáx e PImáx, com e sem estímulo visual, realizadas no primeiro dia de avaliação	41
Figura 11: Boxplot dos parâmetros de definição de pressão máxima obtidos durante as medidas de PEmáx e PImáx, com e sem estímulo visual, realizadas no segundo dia de avaliação	43
Figura 12: Gráficos de dispersão dos parâmetros de definição de	44

pressão máxima calculados a partir dos testes de PEmáx, sem estímulo visual, realizados no primeiro dia de avaliação

Figura 13: Boxplot dos valores de T_{pico} , obtidos no primeiro e no segundo dias de avaliação, durante os testes de PEmáx e Plmáx, com e sem estímulo visual 49

Figura 14: Boxplot dos valores de A-norm, obtidos no primeiro e no segundo dias de avaliação, durante os testes de PEmáx e Plmáx, com e sem estímulo visual 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Idade, características antropométricas e variáveis espirométricas dos voluntários avaliados	39
Tabela 2: Medianas, primeiro e terceiro quartis dos parâmetros calculados para $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ no primeiro dia de avaliação	40
Tabela 3: Medianas, primeiro e terceiro quartis dos parâmetros calculados para $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ no segundo dia de avaliação	42
Tabela 4: Correlação entre os parâmetros de definição de pressão máxima obtidos no primeiro dia de avaliação, com e sem estímulo visual	45
Tabela 5: Correlação entre os parâmetros de definição de pressão máxima obtidos no segundo dia de avaliação, com e sem estímulo visual	46
Tabela 6: Medianas, primeiro e terceiro quartis dos parâmetros T_{pico} e A-norm	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A-norm – Área normalizada
ATS – American Thoracic Society
cm – Centímetros
cmH₂O – Centímetros de água
CPT – Capacidade pulmonar total
CVF – Capacidade vital forçada
DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crônica
ERS – European Respiratory Society
FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FC – Frequência cardíaca
Hz – Hertz
kg – Quilogramas
kg/m² – Quilograma por metro quadrado
mm – Milímetros
mmHg – Milímetros de mercúrio
PA – Pressão arterial
P_{área} – Pressão segundo a área
PE_{máx} – Pressão expiratória máxima
PI_{máx} – Pressão inspiratória máxima
P_{média} – Pressão média máxima
P_{pico} – Pressão de pico
P_{platô} – Pressão de platô
PREM – Pressões respiratórias estáticas máximas
seg – Segundos
TIF – Índice de Tiffeneau
T_{pico} – Tempo para atingir a pressão de pico
UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora
VEF₁ – Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VR – Volume residual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo geral	24
2.2 Objetivos específicos	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 Sujeitos	25
3.2 Procedimentos	25
3.3 Medidas das pressões respiratórias estáticas máximas	27
3.4 Processamento e análise dos sinais de pressão respiratória	30
3.5 Análise estatística	37
4 RESULTADOS	38
4.1 Caracterização da amostra	38
4.2 Parâmetros de definição da pressão máxima	39
4.3 Efeitos do estímulo visual sobre as medidas das PREM	47
5 DISCUSSÃO	51
5.1 Parâmetros de definição da pressão máxima	51
5.2 Influência do estímulo visual sobre as medidas das PREM	58
5.3 Considerações finais	61
6 CONCLUSÃO	63
7 REFERÊNCIAS	64
ANEXO	70
APÊNDICE I	73

1 INTRODUÇÃO

O sistema respiratório é de fundamental importância para a manutenção da vida. De seu adequado funcionamento dependem a oxigenação sanguínea e a remoção do dióxido de carbono para o ar ambiente. Sendo os pulmões órgãos passivos e extensíveis, o movimento de ar para dentro e para fora dos mesmos ocorre através da atuação dos músculos respiratórios. Os músculos respiratórios são morfológica e funcionalmente músculos esqueléticos (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008), entretanto, apresentam características funcionais singulares, devido principalmente ao padrão rítmico da atividade respiratória, o que faz com que estejam entre os mais ativos do corpo (ROWLEY; MANTILLA; SIECK, 2005). O grupo dos músculos inspiratórios inclui o diafragma, intercostais externos, esternocleidomastóideos e escalenos. Já entre os músculos expiratórios podemos citar os intercostais internos, reto abdominal, oblíquos interno e externo e transversos do abdome. Em indivíduos saudáveis, durante o repouso, apenas músculos inspiratórios estão ativos, sendo a expiração o resultado do movimento de recolhimento elástico dos pulmões, um fenômeno eminentemente passivo. Por outro lado, atividades como o exercício físico, ou até mesmo a ventilação espontânea em pacientes com doenças respiratórias, resultam em aumento da demanda ventilatória, levando à necessidade do recrutamento da musculatura inspiratória acessória, bem como dos músculos expiratórios (REID; DECHMAN, 1995; RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008).

Diversas condições clínicas podem levar à ocorrência de fraqueza muscular respiratória. Em alguns casos, este acometimento deve-se às alterações biomecânicas, metabólicas, degenerativas ou inflamatórias que acompanham algumas doenças. Já em outros, pode acompanhar quadros de desnutrição generalizada e perda de massa muscular (GIBSON, 1995). Mais comumente, resulta de alterações geradas por doenças respiratórias obstrutivas, restritivas, ou por distúrbios neuromusculares. Nos estágios avançados destas doenças pode ocorrer falência respiratória, tanto por aumento exacerbado do trabalho respiratório, acima da capacidade muscular, quanto por redução acentuada da força muscular, resultando em incapacidade de manutenção da ventilação espontânea

(RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008). Seja como for, a fraqueza muscular respiratória severa pode resultar em insuficiência ventilatória grave, culminando com a necessidade de suporte ventilatório, podendo inclusive levar à morte. Desta forma, pode-se perceber a importância da avaliação cuidadosa e sistemática da força muscular respiratória no acompanhamento e tratamento de doenças que podem cursar com o acometimento desta musculatura.

No sistema respiratório, a força muscular é geralmente estimada a partir das pressões geradas nas vias aéreas pela contração dos músculos respiratórios. Tais pressões podem ser mensuradas a partir de manobras voluntárias (volitivas), ou durante contrações musculares involuntárias. As medidas volitivas avaliam a ação sinérgica dos grupos musculares inspiratórios ou expiratórios envolvidos, enquanto as medidas involuntárias avaliam as pressões geradas pela contração específica de um determinado músculo. Dentre as medidas volitivas, podemos citar as pressões respiratórias estáticas máximas (PREM), o teste do *sniff*, e o teste da tosse. Já entre as medidas involuntárias, são exemplos a estimulação elétrica e a estimulação magnética do nervo frênico (GREEN et al., 2002).

As medidas volitivas apresentam as vantagens de serem de fácil realização e bem toleradas pelos pacientes. Além disso, ao contrário de outros métodos de avaliação, a passagem de cateteres balão pelo estômago e/ou esôfago usualmente não é necessária (GREEN et al., 2002). Destacam-se por sua ampla utilização na prática clínica as medidas das PREM avaliadas ao nível da boca: pressão inspiratória máxima (PImáx), definida como a maior pressão subatmosférica gerada durante uma inspiração contra uma via aérea ocluída, e pressão expiratória máxima (PEmáx), definida como a maior pressão gerada durante uma expiração forçada contra uma via aérea ocluída (NEDER et al., 1999). O desenvolvimento de equipamentos portáteis para mensuração das PREM contribuiu para a disseminação e popularidade do método, possibilitando sua utilização não apenas no âmbito experimental, mas também no ambiente ambulatorial e à beira do leito. Entretanto, as medidas das PREM apresentam limitações importantes, relacionadas principalmente ao caráter voluntário dos testes. Desta forma, baixos valores de PImáx e PEmáx podem ser apenas resultado de pouca motivação e/ou coordenação por parte dos indivíduos, não refletindo necessariamente redução de força muscular (SYABBALO, 1998; GREEN et al., 2002).

Segundo Montemezzo (2010), os primeiros trabalhos encontrados na literatura envolvendo a avaliação das PREM datam da década de 1960 (RINGQVIST, 1966; BLACK; HYATT, 1969). Neste sentido, merece destaque o clássico estudo conduzido por Black e Hyatt (1969), cuja metodologia de avaliação e valores de referência são até hoje utilizados por muitos pesquisadores. O estudo foi realizado com 120 adultos normais, agrupados por gênero e faixa etária, com idades entre 20 e 86 anos. A partir dos resultados observados, os autores calcularam equações de regressão para homens e mulheres, relacionando idade e valores de PREM atingidos.

Desde a publicação deste clássico, vários autores objetivaram estabelecer valores de normalidade para $P_{l\acute{m}ax}$ e $PE_{m\acute{a}x}$, através da avaliação de populações de nacionalidades e faixas etárias distintas, resultando nos diversos valores de referência e equações preditivas disponíveis na literatura (PARREIRA et al., 2007). Em comum, estes estudos apresentam a ampla variabilidade de resultados, fato este que pode ser atribuído, ao menos em parte, a diferenças nas metodologias empregadas pelos autores (EVANS; WHITELAW, 2009; GREEN et al., 2002). Como fatores metodológicos intervenientes, cuja influência sobre os resultados já foi discutida na literatura, podemos citar o número de manobras realizadas pelos indivíduos, escolha da peça bucal, presença e dimensões de orifício de escape aéreo, volume pulmonar a partir do qual as manobras são realizadas, posição corporal adotada pelos indivíduos durante os testes, e parâmetros utilizados para definição de pressão máxima.

Sabe-se que o aprendizado exerce um efeito importante sobre o desempenho alcançado durante as medidas de $P_{l\acute{m}ax}$. Já em 1989, Fiz e colaboradores (1989) demonstraram os efeitos do aprendizado em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Neste estudo, os indivíduos realizaram um total de 20 manobras consecutivas, sendo os valores máximos alcançados em torno da nona ou décima tentativa. Os autores concluíram serem necessárias nove tentativas para se mensurar adequadamente a $P_{l\acute{m}ax}$ em pacientes com DPOC. Larson e colaboradores (1993) também demonstraram resultados semelhantes. Neste trabalho, pacientes com DPOC foram avaliados semanalmente, ao longo de quatro semanas, e foram encontradas diferenças significativas com relação aos resultados de $P_{l\acute{m}ax}$ alcançados entre a primeira e a quarta avaliações. O aprendizado também

foi evidenciado em crianças e adultos com alterações respiratórias, que incluíam anormalidades torácicas, doenças neuromusculares, fibrose cística e asma. Um total de 178 pacientes, com idades entre 4 e 25 anos, realizaram séries de 20 ou mais manobras de PImáx. Os resultados demonstraram valores progressivamente maiores ao longo das séries, sendo que em 65% dos testes foram necessárias 10 ou mais tentativas para se alcançar o desempenho máximo (WEN; WOO; KEENS, 1997).

A partir dos estudos apresentados acima, poderíamos inferir que os efeitos do aprendizado existiriam, ou seriam ao menos mais pronunciados, em indivíduos com doenças respiratórias. Entretanto, Volianitis, MacConnel e Jones (2001) demonstraram não ser este o caso. Ao avaliarem os efeitos do aquecimento muscular inspiratório, através da utilização de um dispositivo específico para o treino desta musculatura, sobre medidas repetidas de PImáx em adultos saudáveis, os autores encontraram aumento progressivo nos valores de PImáx alcançados ao longo de uma série de 18 tentativas. Sendo assim, o número de manobras realizadas pelos indivíduos parece ser um fator preponderante na determinação do desempenho máximo.

A escolha do bocal a ser utilizado nas avaliações também demonstrou, em alguns estudos, exercer influência sobre os resultados alcançados. Koulouris e colaboradores (1988) compararam a utilização de dois tipos de bocais (tubular e mergulhador) por indivíduos saudáveis e pacientes encaminhados para avaliação muscular respiratória. Os autores encontraram maiores valores para as PEmáx avaliadas com bocal tubular em todos os indivíduos, assim como maiores valores de PImáx para o mesmo tipo de bocal em indivíduos com força muscular respiratória considerada normal. Resultados semelhantes para PEmáx foram observados por Tully e colaboradores (1997), desta vez em pacientes com lesão medular. Os autores atribuíram este fato a uma incapacidade dos músculos periorais em evitar escape aéreo durante as manobras utilizando bocais tipo mergulhador. Por outro lado, Rubinstein e colaboradores (1988), ao avaliar os efeitos de diferentes bocais sobre os resultados dos testes de PEmáx em indivíduos saudáveis, encontraram valores significativamente mais elevados com a utilização do bocal tipo mergulhador, associado à compressão manual dos lábios. Mais recentemente, Onaga e colaboradores (2010) encontraram valores mais elevados de PEmáx com a

utilização de bocal retangular em comparação ao bocal circular, diferença não encontrada com relação às medidas de $PI_{máx}$. Segundo os autores, o formato mais anatômico apresentado pelo bocal retangular facilitaria o vedamento labial, o que melhoraria o desempenho dos indivíduos durante os testes.

Apesar dos resultados apresentados acima, um estudo recente que avaliou a influência de quatro interfaces distintas sobre os valores de $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ gerados por 50 indivíduos saudáveis, não encontrou diferenças significativas com relação à utilização dos bocais tubular rígido e mergulhador (MONTEMEZZO, 2010). A autora concluiu que, uma vez que a utilização das diferentes interfaces não demonstrou influenciar os resultados alcançados, poderia ser interessante considerar o conforto relatado pelos indivíduos durante as medidas de PREM para a escolha dos bocais e traquéias a serem utilizados no testes.

A presença e as dimensões dos orifícios de escape aéreo nos instrumentos de medida das PREM são fatores que também demonstraram influenciar os resultados apresentados pelos indivíduos. O racional para a utilização desta estratégia consiste em evitar a utilização da musculatura da face e da orofaringe durante as manobras, sem modificar de forma significativa o volume pulmonar. Sendo assim, a configuração da caixa torácica, bem como o comprimento dos músculos respiratórios, permaneceriam relativamente inalterados, e as pressões geradas ao nível da boca poderiam ser registradas com maior acurácia (SOUZA, 2002). Entretanto, as dimensões dos orifícios de fuga reportadas na literatura variavam consideravelmente. Este fato levou Mayos e colaboradores (1991) a investigar a influência de dois diâmetros distintos de orifícios de escape aéreo, além da ausência de orifício, sobre os valores de $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ apresentados por pacientes com doenças respiratórias. Os resultados demonstraram não haver diferença significativa quando da utilização de orifícios com dimensões semelhante às propostas por Clausen (1982, apud MAYOS et al., 1991) (1 mm de diâmetro interno e 15 mm de comprimento) em relação à ausência de orifício, confirmando resultados já reportados previamente na literatura (SMITH; CHAPMAN; REBUCK, 1984). Por outro lado, a utilização de orifícios com dimensões semelhantes às propostas por Ringqvist (1966) (2 mm de diâmetro interno e 37 mm de comprimento) resultou em valores de $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ significativamente menores. Ao final do estudo, os autores sugerem a utilização de orifícios com dimensões similares às

descritas por Ringqvist (1966), caso se deseje minimizar a influência das pressões geradas na boca durante as medidas das PREM.

O volume pulmonar a partir do qual os testes são realizados exerce efeitos significativos sobre os resultados alcançados, e sabe-se que os maiores valores absolutos de $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ são atingidos quando as medidas são realizadas a partir de máximas expirações e inspirações, respectivamente (GIBSON, 1995). De fato, Lausted e colaboradores (2006) demonstraram objetivamente a relação existente entre as PREM e volumes pulmonares em adultos saudáveis. Neste estudo foram avaliados 48 voluntários de ambos os sexos, os quais foram inicialmente submetidos a uma avaliação espirométrica para determinação dos volumes e capacidades pulmonares. Em seguida, foi realizada a conexão de uma válvula de oclusão e de um transdutor de pressão ao espirômetro utilizado na avaliação inicial. Através da utilização de um programa específico para o controle e randomização dos volumes alvo, os sujeitos foram solicitados a realizar esforços inspiratórios e expiratórios máximos em nove volumes pré-determinados, dentro de uma faixa de 10% a 90% da capacidade vital individual. Os resultados evidenciaram que, para homens e mulheres, as maiores pressões expiratórias foram geradas em maiores volumes pulmonares, ao passo que as maiores pressões inspiratórias (mais negativas) foram alcançadas em volumes mais baixos. Estes resultados se justificam tanto do ponto de vista biomecânico quanto do ponto de vista fisiológico. Do ponto de vista biomecânico, a relação entre volumes pulmonares e pressões respiratórias geradas ao nível da boca reflete as propriedades de comprimento-tensão dos músculos esqueléticos. Sendo assim, em inspirações profundas, próximas à capacidade pulmonar total (CPT), os músculos expiratórios se aproximam de seu comprimento máximo, aumentando sua capacidade de gerar tensão. O mesmo ocorre com os músculos inspiratórios durante expirações máximas, próximas ao volume residual (VR) (GIBSON, 1995; LAUSTED et al., 2006).

Do ponto de vista fisiológico, a influência do volume pulmonar relaciona-se à contribuição relativa da pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório sobre as pressões mensuradas ao nível da boca. Quando avaliadas a partir da CPT e do VR, $PE_{máx}$ e $PI_{máx}$ refletem não apenas as pressões geradas pela contração dos músculos respiratórios, mas também as pressões de recolhimento elástico da parede torácica e do parênquima pulmonar. Nestes casos, os valores pressóricos

podem ser superestimados em até 30% a 40%. Para minimizar estes efeitos, as medidas podem ser realizadas a partir da capacidade residual funcional (CRF), quando a pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório iguala-se a zero, e as pressões mensuradas ao nível da boca podem ser então atribuídas à atuação dos músculos respiratórios (GREEN, 2002). Entretanto, pelos motivos já explicitados, os valores pressóricos alcançados a partir da CRF tendem a ser inferiores àqueles obtidos a partir da CPT e do VR. Sendo assim, o volume pulmonar a partir do qual os testes são realizados deve ser sempre levado em consideração na análise dos resultados.

Alguns estudos objetivaram investigar a influência da posição corporal sobre as medidas de P_{Imax} e P_{Emax} . Trata-se de uma questão relevante, uma vez que, em muitos casos, pacientes críticos necessitam ser avaliados em posição supina ou semi-recostada, ao passo que em outras situações, diferenças com relação a valores alcançados antes e após determinadas intervenções poderiam ser atribuídas apenas às diferentes posturas adotadas pelos indivíduos durante os testes. Entretanto, os trabalhos disponíveis na literatura indicam resultados muitas vezes contraditórios. Alguns autores reportaram não haver diferença com relação aos valores de P_{Imax} e P_{Emax} alcançados por indivíduos saudáveis nas posições sentada e de pé (FIZ et al., 1990) e sentada e semi-recostada (NG; STOKES, 1991), enquanto outros encontraram diferenças pontuais, relacionadas a determinadas posturas, medidas e ao gênero dos voluntários (KERA; MARUYAMI, 2001; ROQUEJANI et al., 2004). Já em indivíduos com comprometimento respiratório, a adoção da posição supina durante os testes parece resultar em menores valores pressóricos (FIZ et al., 1991; HEIJDRRA et al., 1994).

Em documento oficial conjunto publicado em 2002, a *American Thoracic Society* (ATS) e a *European Respiratory Society* (ERS) realizaram uma ampla revisão das técnicas disponíveis para avaliação da função muscular respiratória (AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002). No tópico dedicado às PREM, os autores propõem uma abordagem padronizada para realização dos testes e medidas. Recomenda-se a utilização de bocais tipo mergulhador, que embora possam resultar em valores inferiores aos alcançados com bocais tubulares, são de mais fácil utilização por parte dos pacientes, especialmente aqueles com doenças neuromusculares. Além disso, sugere-se a

utilização de orifício de escape aéreo nos instrumentos de medida, com diâmetro interno de cerca de 2 mm, para prevenção do fechamento glótico e do uso da musculatura bucal durante as manobras de PImáx e PEmáx, respectivamente. As demais recomendações incluem: manutenção do esforço inspiratório ou expiratório por pelo menos 1,5 segundo, realização das manobras próximo ao VR e à CPT, adoção da posição sentada durante os testes, utilização para análise do maior valor alcançado em três tentativas que variem menos de 20% entre si, entre outras.

Dentre as recomendações propostas está a utilização de transdutores de pressão em substituição aos manômetros aneróides, que embora utilizados historicamente (GREEN et al., 2002), apresentam limitações importantes, tais como a grande inércia do sistema e a apresentação analógica dos dados (FARIA; MIRANDA; MELO, 2007). No caso das medidas realizadas com manômetros aneróides, usualmente considera-se como a pressão máxima o maior valor absoluto atingido e mantido por pelo menos um segundo, tanto na inspiração, quanto na expiração (BLACK E HYATT, 1969). Entretanto, tal abordagem reveste-se de um caráter fortemente subjetivo, devido às dificuldades inerentes à leitura do sinal analógico, como a exclusão de transientes de pressão (GREEN et al., 2002), susceptibilidade a erros do operador e impossibilidade de armazenamento dos resultados (FARIA; MIRANDA; MELO, 2007). Por outro lado, a utilização de transdutores de pressão permite a apresentação do sinal na forma pressão *versus* tempo, possibilitando a observação do comportamento dinâmico das curvas geradas, além do armazenamento digital dos dados.

Apesar das vantagens relacionadas à sua utilização, os parâmetros considerados para definição da pressão máxima através do uso de transdutores de pressão ainda são motivo de debate. A partir da curva pressórica gerada durante os testes, pode-se considerar a pressão máxima como sendo o valor máximo alcançado (valor de pico), o maior valor sustentado durante um período mínimo (pressão de platô), ou ainda o maior valor médio sustentado durante um segundo (EVANS; WHITELAW, 2009). Em seu documento oficial, ATS e ERS sugerem a utilização da pressão mantida por um segundo em detrimento da pressão de pico, por considerarem-na mais reprodutível (GREEN et al., 2002). Entretanto, tal recomendação não foi baseada em evidências, motivo que levou Windisch e colaboradores (2004) a realizar um amplo estudo, com 533 indivíduos saudáveis

entre 10 e 90 anos, comparando a utilização de pressões de pico e platô para caracterização da P_{Imáx}. Os autores encontraram reprodutibilidades semelhantes para as pressões de pico e platô, embora os valores absolutos das pressões de pico fossem significativamente mais elevados. Resultados semelhantes foram apresentados por Brunetto e Alves (2003), ao avaliarem as pressões de pico e platô geradas por 50 indivíduos saudáveis e 55 indivíduos com doença pulmonar crônica. Em ambos os grupos, as pressões de pico foram significativamente mais elevadas que as pressões de platô, tanto para P_{Imáx} quanto para P_{Emáx}, confirmando resultados reportados previamente na literatura (SMYTH; CHAPMAN; REBUCK, 1984). Em um estudo recente, realizado com 50 indivíduos saudáveis de ambos os sexos, a pressão média máxima sustentada durante um segundo demonstrou ser significativamente inferior à pressão de pico para medidas de P_{Imáx} e P_{Emáx} realizadas com diferentes traquéias e bocais (MONTEMEZZO, 2010).

Acredita-se que a escolha do parâmetro de definição da pressão máxima seja capaz de influenciar diretamente a interpretação e a confiabilidade dos resultados dos testes, e possa ser um dos fatores responsáveis pela grande variabilidade dos valores de normalidade reportados na literatura. A maior parte dos valores de referência publicados até hoje baseia-se nas pressões de platô sustentadas durante um segundo (EVANS; WHITELAW, 2009). O emprego de diferentes parâmetros de definição da pressão máxima em equações ou tabelas de predição derivadas de valores de platô poderia levar a interpretações equivocadas acerca da força muscular respiratória dos sujeitos avaliados. Desta forma, justificam-se estudos que busquem definir se estes parâmetros são, de fato, estatisticamente distintos, ou podem ser intercambiáveis entre si. Entretanto, não foram encontrados na literatura consultada estudos que realizassem uma comparação sistemática entre os valores de pico, platô e pressão média máxima para medidas de P_{Imáx} e P_{Emáx}.

Outra possível vantagem relacionada à utilização dos transdutores de pressão é a possibilidade de visualização do próprio esforço realizado. Estímulos externos, sejam visuais, auditivos ou táteis, podem influenciar diretamente a resposta motora (NUNES et al., 2010). Mais especificamente com relação à influência do estímulo (ou *feedback*) visual, diversos autores evidenciaram valores de força máxima mais elevados com a utilização desta estratégia. Alguns trabalhos demonstraram haver relação entre a utilização do *feedback* visual e maiores valores de pico de torque

isocinético para a musculatura flexora e extensora da perna, tanto para contrações concêntricas (FIGONI; MORRIS, 1984; HALD; BOTTJEN, 1987; BALZOPoulos; WILLIAMS; BRODIE, 1991; KIM; KRAMER, 1997) quanto excêntricas (KELLIS; BALZOPoulos, 1996), realizadas a velocidades angulares iguais ou inferiores a 180 graus por segundo. O estímulo visual também demonstrou influenciar positivamente a potência de atletas de *hockey* durante a realização de exercícios de flexão/extensão de coxa e perna em cadeia cinética fechada, utilizando-se equipamento denominado *leg press* (HOPPER et al., 2003).

Contudo, dois trabalhos recentes demonstraram resultados diferentes: Molenaar e colaboradores (2010) não evidenciaram influência do estímulo visual sobre a força de preensão manual de crianças híginas, assim como Nunes e colaboradores (2010), que não encontraram diferenças quanto aos valores de força muscular do assoalho pélvico alcançados por mulheres saudáveis durante contrações isométricas máximas. Com relação às medidas das PREM, embora alguns autores relatem a utilização do *feedback* visual durante os testes (WIJKSTRA et al., 1995; WEN; WOO; KEENS, 1997; CARPENTER et al., 1999; BRUNETTO; ALVES, 2003; ROMER; MACCONNELL, 2004), não foram encontrados na literatura consultada estudos que avaliem objetivamente os efeitos da utilização desta estratégia sobre os resultados alcançados.

Sendo assim, levando-se em consideração a ampla variabilidade de fatores que podem influenciar a confiabilidade e a acurácia das medidas das PREM, bem como a necessidade premente de padronização destes testes, julgamos ser de grande valia a realização de trabalhos que busquem investigar a possível influência de fatores metodológicos externos sobre os valores pressóricos mensurados durante as avaliações. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes parâmetros de definição de pressão máxima descritos na literatura, bem como investigar a influência do estímulo visual sobre o desempenho dos sujeitos avaliados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Investigar diferentes parâmetros de definição de pressão máxima descritos na literatura para medidas de P_{Imáx} e P_{Emáx}, bem como avaliar a influência do estímulo visual sobre o desempenho dos voluntários durante as medidas das PREM.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a correlação entre os diferentes parâmetros de definição de pressão máxima estudados;
- Investigar a influência do estímulo visual sobre os testes de PREM através do emprego de outros parâmetros derivados da curva pressão-tempo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Sujeitos

Foram convidados a participar do presente estudo 50 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos (24 homens e 26 mulheres), com idades entre 19 e 31 anos. Os voluntários foram recrutados na comunidade acadêmica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Minas Gerais, constituindo assim amostra por conveniência. Os critérios de exclusão foram: hábito tabágico atual, obesidade (índice de massa corporal $\geq 30 \text{ kg/m}^2$) ou desnutrição (índice de massa corporal $< 18,5 \text{ kg/m}^2$) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA), infecção das vias aéreas superiores nas duas semanas anteriores à coleta dos dados (MIER-JEDRZEJOWICZ; BROPHY; GREEN, 1988; VOLIANITIS; MACCONNELL; JONES, 1999), relato de diagnóstico de doenças pulmonares, cardiovasculares ou neuromusculares (PARREIRA et al., 2007), e uso contínuo de corticosteróide oral e/ou inalatório, ou de qualquer outro medicamento que pudesse interferir na contratilidade da musculatura esquelética (HARIK-KHAN; WISE; FOZARD, 1998).

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais (anexo), e todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice 1) previamente às avaliações.

3.2 Procedimentos

Inicialmente, foram avaliadas as características antropométricas de todos os voluntários (peso, estatura e índice de massa corporal), utilizando-se uma balança antropométrica com estadiômetro acoplado (modelo LD1050, Líder, Araçatuba, São Paulo, Brasil) disponível no local das avaliações. A seguir, os voluntários foram

submetidos a um questionário estruturado, que contemplava aspectos referentes a doenças diagnosticadas, hábitos de vida, prática de atividade física regular, uso contínuo de medicamentos e ocorrência de infecções de vias aéreas superiores nas duas semanas anteriores ao estudo.

Em seguida, foram realizadas as medidas de pressão arterial (PA) e da frequência cardíaca (FC) de repouso de todos os voluntários. A mensuração da PA foi realizada com o voluntário sentado, apoiando o antebraço direito sobre uma mesa, em completa supinação. Inicialmente, foi avaliada a pressão arterial sistólica estimada pelo método palpatório. Em seguida, as pressões arteriais sistólica e diastólica foram avaliadas pelo método auscultatório, utilizando-se estetoscópio (Littman Classic III, 3M Center, St. Paul, MN, USA) e esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (modelo 203, K. Takaoka Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil). A FC foi avaliada através da palpação do pulso radial direito, contando-se o número de pulsações durante um minuto, com o indivíduo posicionado da mesma forma descrita para a medida da PA (PORTO, 2004). Em todos os casos, as avaliações subsequentes só tiveram início caso a PA do voluntário estivesse abaixo de 180/110 mmHg (MONTEMEZZO, 2010) e a FC estivesse abaixo de 85% da frequência cardíaca máxima estimada pela idade (LAUER et al., 2005; MONTEMEZZO, 2010).

Com o intuito de assegurar que todos os participantes apresentavam função pulmonar dentro dos limites da normalidade, uma avaliação espirométrica foi realizada anteriormente às medidas de força muscular respiratória (espirômetro Master Screen PFT, Jaeger, Alemanha). A calibração a volume do equipamento era realizada diariamente, previamente as avaliações, com seringa de três litros (Jaeger, Alemanha). Os seguintes parâmetros foram considerados para análise: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e a relação VEF1/CVF ou índice de Tiffeneau (TIF). Os voluntários foram avaliados na posição sentada, com pés e tronco apoiados, utilizando clipe nasal. Os testes foram conduzidos sempre por um mesmo avaliador, de acordo com os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade preconizados pela ATS (MILLER et al., 2005). Foram utilizados como valores de referência os reportados por Knudson e colaboradores (1983).

3.3 Medidas das pressões respiratórias estáticas máximas

As pressões respiratórias estáticas máximas foram avaliadas de acordo com os protocolos propostos pela ATS/ERS (AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002) e por Souza (2002). As medidas foram realizadas com os indivíduos na posição sentada, utilizando clipe nasal para impedir escape aéreo pelas narinas. Em todas as avaliações foi utilizado um bocal de borracha semi-rígida, tipo mergulhador (Jaeger, Alemanha), dotado de orifício de 2 mm de diâmetro interno, com abas que se encaixavam nos sulcos lábio-gengivais (figuras 1 e 2) (AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002). Com o intuito de prevenir a ocorrência de vazamento entre o bocal e o transdutor de pressão respiratória, uma fita dupla-face de espuma (1,5 mm de espessura, Adelbras, São Paulo, Brasil) foi utilizada para assegurar o vedamento adequado entre as duas estruturas, sendo desprezada após cada utilização. Parte dos voluntários relatou apresentar familiaridade com as medidas das PREM ao nível da boca, mas em nenhum dos casos houve relato de experiência prévia quanto à utilização de bocais tipo mergulhador durante tais avaliações. Todos os testes foram conduzidos por um mesmo avaliador.



Figura 1: Bocal de borracha semi-rígida, tipo mergulhador, utilizado nas avaliações. A seta vermelha indica o orifício de escape aéreo.



Figura 2: Bocal de borracha utilizado nas avaliações, ao lado de uma régua de 15 cm.

Para a realização das medidas, foi utilizado um transdutor de pressão da marca EMG System do Brasil Ltda. (São José dos Campos, São Paulo, Brasil), com placa de conversão analógico/digital de 16 bits de resolução, filtros de *hardware* passa alta com frequência de corte de 20 Hz e passa baixa com frequência de corte de 500 Hz (realizado por filtro analógico do tipo *Butterworth* de dois pólos), e frequência de amostragem de 240 Hz (figura 3). O equipamento apresentava extremidade distal fechada, ou seja, não possuía orifício que permitisse a respiração pelo circuito previamente às manobras. Anteriormente ao início da coleta de dados, o equipamento foi calibrado contra uma coluna de água pelo fabricante. Com o intuito de garantir a aleatoriedade das avaliações, foi realizado um sorteio para definir, entre as medidas de PImáx e PEmáx, qual seria realizada primeiramente.

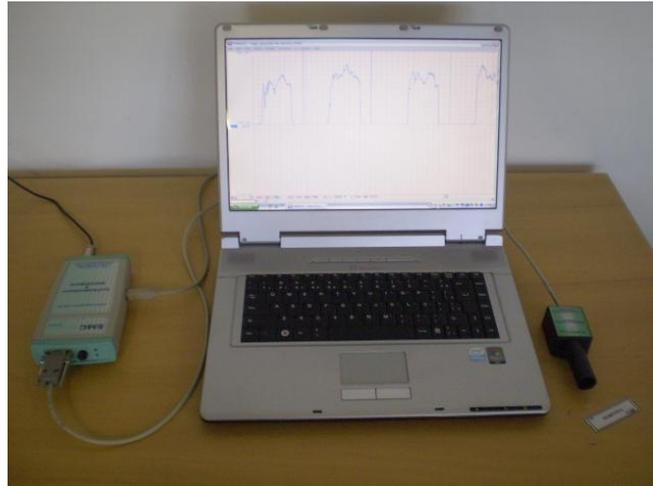


Figura 3: Transdutor de pressão respiratória utilizado nas avaliações, conectado a microcomputador portátil.

Após explicação prévia acerca dos procedimentos de avaliação, o protocolo experimental foi iniciado. Para as medidas de $P_{Im\acute{a}x}$, os indivíduos eram solicitados a realizar uma expiração completa até o VR, em seguida conectar-se ao bocal e realizar um esforço inspiratório máximo (SOUZA, 2002), através do seguinte comando verbal: “Solte o ar completamente, e quando sentir que já não possui mais ar para soltar, coloque o bocal e puxe o ar com o máximo de força possível”. Já para as medidas de $P_{Em\acute{a}x}$, os voluntários eram solicitados a inspirar completamente até a CPT, conectar-se ao bocal, e realizar um esforço expiratório máximo (SOUZA, 2002), através do seguinte comando verbal: “Encha o peito de ar completamente, e quando sentir que já não possui mais ar para puxar, coloque o bocal e sopre o ar com o máximo de força possível”. Durante as medidas de $P_{Em\acute{a}x}$, os indivíduos eram solicitados a sustentar as bochechas com as mãos, com o objetivo de impedir a influência da insuflação das mesmas sobre os valores pressóricos mensurados. Foram realizadas duas tentativas de aprendizado para cada variável (PARREIRA et al., 2007), seguidas por três tentativas sem estímulo visual e mais três tentativas com visualização das curvas pressão-tempo geradas no monitor, perfazendo um total de oito manobras. No presente estudo, o *feedback* visual consistiu na visualização, por parte dos voluntários, das curvas pressóricas geradas em tempo real na tela do computador, de maneira concomitante à execução dos testes.

Para garantir a reprodutibilidade das medidas, optamos por seguir a recomendação proposta por Souza (2002). Sendo assim, os dois maiores valores

alcançados nas três tentativas pós-aprendizado, tanto sem estímulo visual quanto com estímulo visual, não poderiam diferir entre si mais do que 10%. Caso isto ocorresse, em ambos os casos os testes tinham prosseguimento até que fossem alcançados dois valores reprodutíveis, em número máximo de seis tentativas. Para avaliação da reprodutibilidade utilizamos o valor de pico, assim como reportado por Windisch e colaboradores (2004), uma vez que, dadas as possibilidades oferecidas pelo *software* utilizado durante a coleta dos dados, este era o único parâmetro passível de mensuração objetiva durante as avaliações. Além disso, para serem aceitas, as manobras deveriam ter duração igual ou superior a cinco segundos, determinada através de um cronômetro digital (SW2018, Cronobio). Em todos os casos, os voluntários receberam forte estímulo verbal por parte do avaliador. Os indivíduos puderam descansar por um minuto entre cada uma das tentativas (NEDER, 1999; SOUZA, 2002), ou mais, de acordo com o relato subjetivo de cansaço pessoal.

Foi solicitado a todos os indivíduos retornar ao laboratório, após duas a quatro semanas, para reavaliação (WINDISCH et al., 2004). Caso neste intervalo de tempo o voluntário desenvolvesse infecção de vias aéreas superiores, a avaliação era realizada duas semanas após o término dos sintomas. Nestes casos, o intervalo de tempo entre avaliação e reavaliação poderia exceder quatro semanas. Na reavaliação, foram realizadas apenas as medidas das PREM. O protocolo experimental foi o mesmo adotado anteriormente. Entretanto, para diferenciar os efeitos do estímulo visual dos efeitos do aprendizado, a sequência de medidas foi invertida, e as avaliações com visualização das curvas pressão-tempo foram realizadas primeiramente.

3.4 Processamento e análise dos sinais de pressão respiratória

O registro típico de uma medida de $PE_{máx}$ pode ser observado na figura 4. Após a realização dos testes, as curvas de PREM foram selecionadas através do *software* WinDaq[®] (Dataq[®] Instruments, versão 3.36, Akron, Ohio, USA), salvas em formato *.xls* e então exportadas para análise no *software* matemático Matlab[®]

R2009a¹ (The MathWorks®, Natick, Massachusetts, USA), através de algoritmo desenvolvido para a pesquisa.

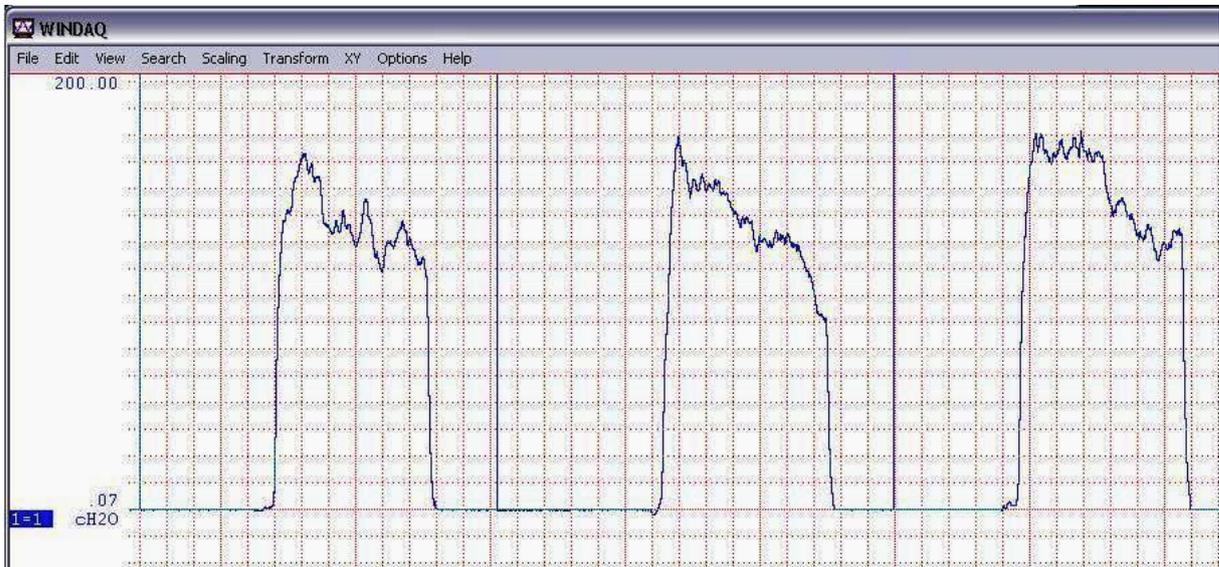


Figura 4: Registro típico de uma medida de PEmáx utilizando transdutor de pressão respiratória. Registros semelhantes foram obtidos para as medidas de Plmáx, porém com valores pressóricos negativos.

Primeiramente, as três curvas de pressões respiratórias que atingiram os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade para cada uma das medidas de Plmáx e PEmáx foram importadas para o software matemático. Em seguida, o algoritmo de análise escolhia, dentre as curvas importadas, aquela de maior valor absoluto de pico. Esta curva foi utilizada para os cálculos posteriores, e seus valores expressos sempre em termos absolutos, com o intuito de facilitar a análise dos dados.

O ponto inicial de análise das curvas foi definido da seguinte forma: primeiramente, o sinal de pressão respiratória foi suavizado através do método de ajuste linear, utilizando vinte e cinco pontos do sinal original para estimar cada amostra do sinal suavizado (figura 5). Em seguida, foi efetuado o cálculo da derivada da curva de pressão suavizada (figura 6). Uma vez encontrado o valor máximo da derivada, o algoritmo de análise buscava retrogradamente o último valor de derivada

¹ Licença obtida a partir do projeto FAPEMIG n° APQ 01284/09

positivo. A posição deste valor era utilizada como o ponto de início para análise da curva de pressão respiratória (figura 7).

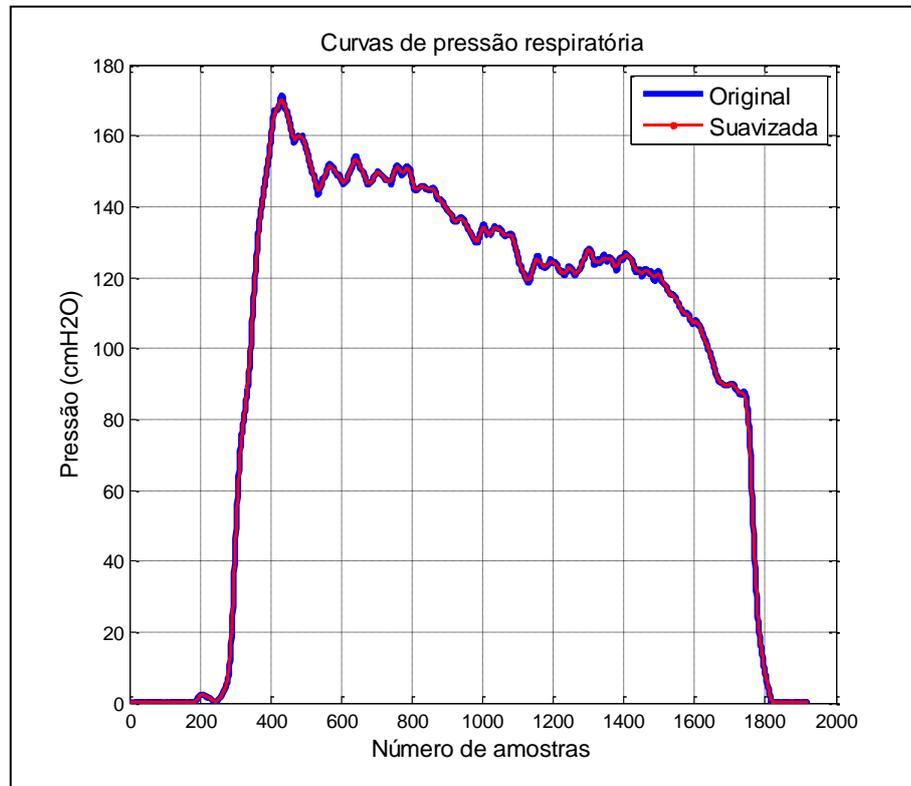


Figura 5: Curva de pressão respiratória original e curva suavizada pelo método de ajuste linear. cmH2O: centímetros de água.

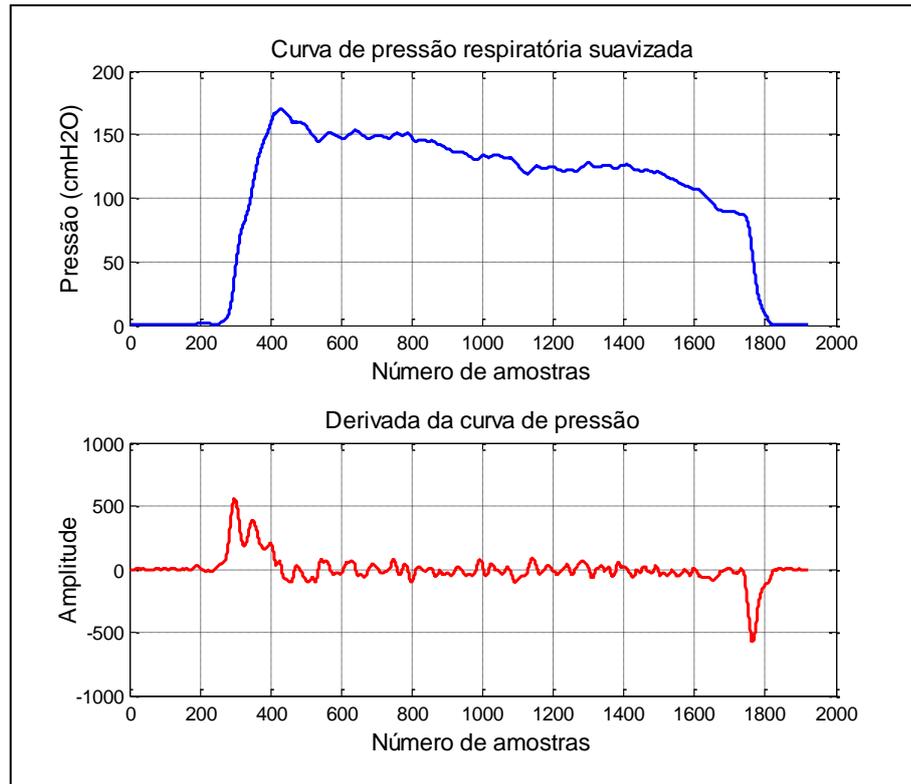


Figura 6: Curva de pressão respiratória suavizada pelo método de ajuste linear (acima) e derivada da curva de pressão respiratória suavizada (abaixo). cmH₂O: centímetros de água.

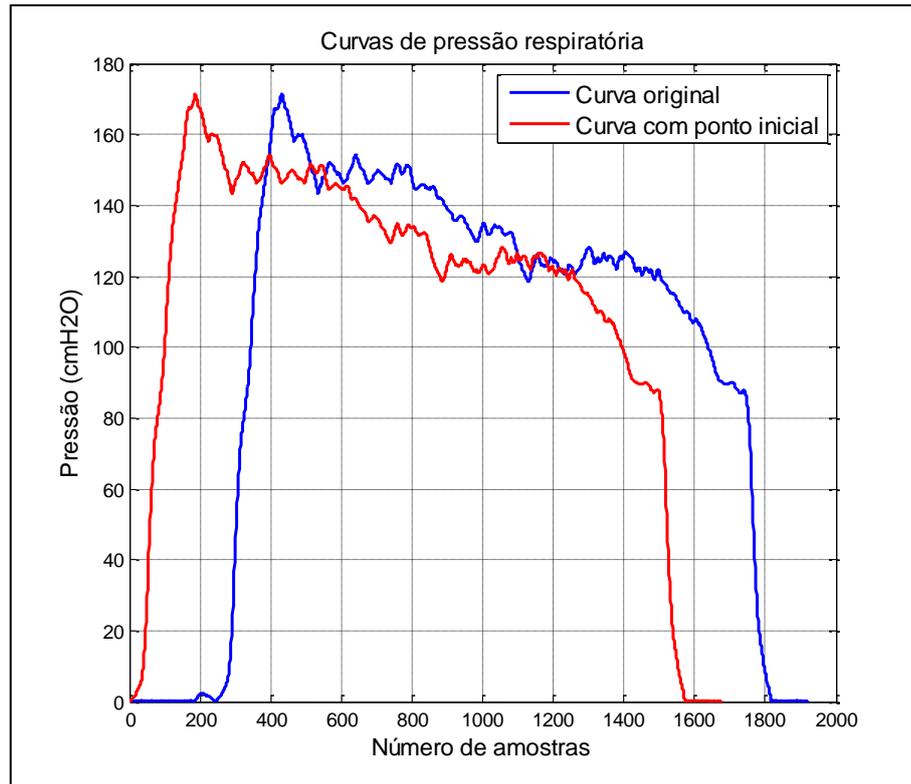


Figura 7: Curva de pressão respiratória original e curva de pressão respiratória com ponto de início calculado pelo algoritmo de análise. cmH2O: centímetros de água.

Em seguida, foram realizados os cálculos dos parâmetros de definição da pressão máxima, através do algoritmo matemático elaborado para a pesquisa. Para tanto, baseamo-nos nas definições de pressão máxima propostas por Evans e Whitelaw (2009). Os seguintes parâmetros foram calculados:

- Pressão de pico (P_{pico}): definida como o maior valor pressórico atingido em qualquer momento do teste;
- Pressão de platô ($P_{\text{platô}}$): definida como o maior valor de pressão sustentado durante o intervalo de um segundo, em qualquer momento do teste;
- Pressão média máxima ($P_{\text{média}}$): definida como o maior valor de média apresentado pelas amostras contidas em um intervalo de um segundo, em qualquer momento do teste.

Além das variáveis descritas acima, foi calculada também a pressão máxima segundo a área ($P_{\text{área}}$), conforme sugerido por Windisch e colaboradores (2004), definida como o maior valor de área em janela de um segundo, alcançado em qualquer momento do teste. A figura abaixo demonstra os parâmetros calculados.

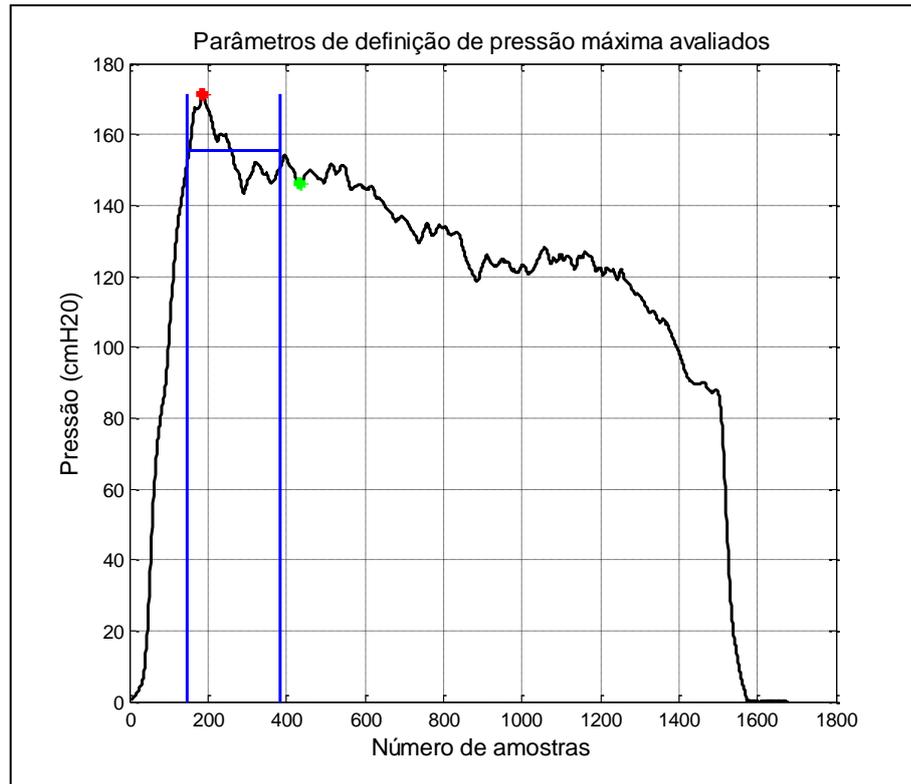


Figura 8: Parâmetros de definição de pressão máxima avaliados. O asterisco vermelho representa a variável P_{pico} , o asterisco verde representa a variável $P_{\text{platô}}$, a barra horizontal azul representa a variável $P_{\text{média}}$ e as barras verticais azuis representam a variável $P_{\text{área}}$. cmH₂O: centímetros de água.

Com o intuito de investigar a influência do estímulo visual sobre o desempenho dos sujeitos avaliados durante as medidas das PREM, dois parâmetros adicionais derivados da curva pressão-tempo foram calculados:

- Tempo para atingir a pressão de pico (T_{pico}): definido como o intervalo de tempo entre o ponto de início da curva (calculado pelo algoritmo de análise) e o valor de pico pressórico atingido durante o teste. A hipótese inicial era a de que a visualização das curvas pressão-tempo poderia influenciar no tempo gasto pelos indivíduos para atingirem seus valores de pico;
- Área normalizada (A-norm). O cálculo desta variável foi efetuado da seguinte forma: inicialmente, foi padronizada pelos pesquisadores a duração de cinco segundos de teste para o cálculo da área. Sendo assim, para o cálculo desta variável, todas as curvas analisadas foram delimitadas no ponto equivalente a cinco segundos, a partir do ponto de início da curva calculado pelo algoritmo de análise. Em seguida, todos os valores da curva de pressão foram divididos pelo valor de máximo da própria curva. Finalmente, a área da curva pressão-

tempo resultante foi calculada. Sendo assim, para o cálculo da A-norm, todos os testes apresentaram duração igual a cinco segundos e valores de pressão que variavam de zero a um (Figura 9). A hipótese inicial era a de que, uma vez que todos os testes apresentavam duração e valores máximos iguais, o que diferenciaria as áreas calculadas seria a capacidade do indivíduo de sustentar a pressão gerada próximo ao seu valor de máximo, resultando em valores de A-norm mais elevados.

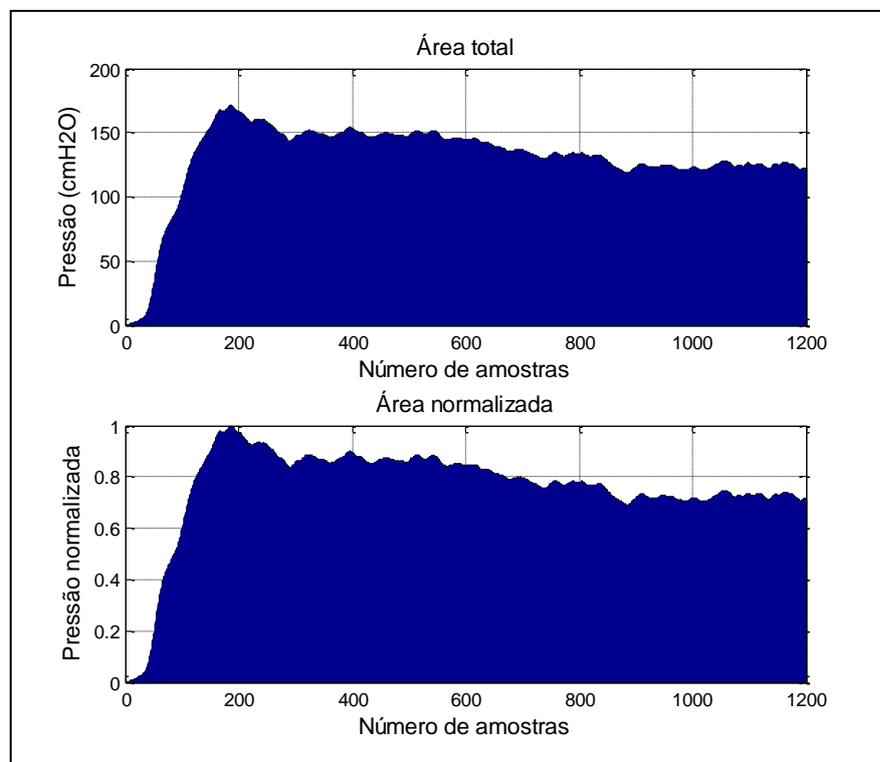


Figura 9: Área total da curva pressórica com duração igual a cinco segundos (acima) e área normalizada pelo valor de máximo (abaixo). cmH2O: centímetros de água.

3.5 Análise estatística

As variáveis antropométricas e espirométricas, assim como a idade dos voluntários, foram utilizadas para caracterização da amostra e expressas em termos de média e desvio padrão.

Inicialmente, procedeu-se a avaliação da distribuição dos dados derivados da curva pressão-tempo, através do teste Kolmogorov-Smirnov. Uma vez que os dados não apresentavam distribuição normal, foram empregados testes não-paramétricos para identificação de diferenças entre as variáveis estudadas.

Para análise dos quatro parâmetros de definição de pressão máxima avaliados foi utilizado o teste de Friedman, seguido pelas comparações múltiplas para identificar diferenças entre as medianas. As correlações entre os parâmetros de definição de pressão máxima foram realizadas através da correlação de Spearman. Para identificação da influência do estímulo visual sobre os parâmetros de definição de pressão máxima estudados, bem como sobre as variáveis T_{pico} e A-norm, foi empregado o teste de Wilcoxon, equivalente não paramétrico do teste t de Student para medidas repetidas. Em todos os casos, foi considerado um nível de significância de 5%. Todos os cálculos foram realizados nos softwares estatísticos STATISTICA (versão 10, StatSoft, Tulsa, OK, USA) e SPSS (versão 13.0, IBM, Armonk, NY, USA).

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da amostra

Dados os critérios de inclusão e exclusão, 50 indivíduos pertencentes à comunidade acadêmica da UFJF foram convidados a participar das avaliações. Um destes sujeitos, por motivos pessoais, não pôde comparecer a todos os procedimentos de teste, sendo por este motivo excluído da análise dos resultados. Sendo assim, a amostra final foi constituída por 49 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos (23 homens e 26 mulheres), com faixa etária entre 19 e 31 anos. Todos os voluntários apresentaram previamente às avaliações valores de PA e FC dentro dos critérios estabelecidos pelo presente estudo. Dos 49 indivíduos avaliados, três afirmaram haverem fumado anteriormente. Entretanto, todos já haviam cessado o hábito e apresentaram valores espirométricos dentro dos parâmetros da normalidade, não sendo excluídos da amostra. Com relação à prática de atividade física, 25 voluntários relataram não se exercitar regularmente (51,02%), enquanto oito (16,32%) reportaram prática de musculação, quatro (8,16%) relataram prática exclusiva de atividade aeróbica, oito (16,32%) informaram praticar simultaneamente atividades aeróbicas e musculação e quatro (8,16%) reportaram prática de outras atividades (futebol, futsal e loga). A tabela 1 apresenta a idade, as características antropométricas e as variáveis espirométricas dos voluntários avaliados, expressas em termos de média e desvio padrão.

Tabela1: Idade, características antropométricas e variáveis espirométricas dos voluntários avaliados

Variáveis	Média ± desvio padrão
Idade (anos)	23,08 ± 2,5
Peso (kg)	66,63 ± 11,05
Estatura (cm)	168,9 ± 8,56
IMC (kg/m ²)	23,22 ± 2,44
VEF ₁ (% do predito)	103,8 ± 11,14
CFV (% do predito)	102,47 ± 9,46
VEF ₁ / CFV (% do predito)	98,63 ± 7,11

kg: quilogramas; cm: centímetros; IMC: índice de massa corporal; kg/m²: quilograma por metro quadrado; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CFV: capacidade vital forçada; %: porcentagem.

4.2 Parâmetros de definição da pressão máxima

A tabela 2 apresenta os valores de mediana, primeiro e terceiro quartis das variáveis P_{pico} , $P_{\text{área}}$, $P_{\text{platô}}$ e $P_{\text{média}}$, obtidos durante as medidas de $P_{\text{Imáx}}$ e $P_{\text{Emáx}}$ realizadas no primeiro dia de avaliação.

Tabela 2: Medianas, primeiro e terceiro quartis dos parâmetros calculados para P_{máx} e PEmáx no primeiro dia de avaliação

	P _{pico}	P _{área}	P _{platô}	P _{média}	<i>p</i> valor
PE _{máx}	125,63	119,94	119,28	121,66	
	107,86*	102,83*	96,85*	103,24*	< 0,05
	81,57	78,52	76,07	78,84	
	139,75	133,78	130,65	135,4	
	109,86	104,58	101,71	105	< 0,05
	85,86	81,83	79,96	82,34	
PI _{máx}	113,29	106,15	100,07	106,57	
	92,85*	85,18*	80,14*	85,5*	< 0,05
	73,21	63,98	59,93	64,52	
	122,31	108,99	100,82	109,41	
	103,71	93,93	86,5	94,31	< 0,05
	80,83	74,82	71,29	75,13	

Variáveis expressas em termos de mediana (em negrito), primeiro quartil (abaixo da mediana) e terceiro quartil (acima da mediana). Valores expressos em centímetros de água. PE_{máx}: pressão expiratória máxima; PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; P_{pico}: pressão de pico; P_{área}: pressão máxima segundo a área; P_{platô}: pressão de platô; P_{média}: pressão média máxima. Valores de *p* referentes aos testes de Friedman. *diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação aos testes realizados com estímulo visual (testes de Wilcoxon).

A partir da análise da tabela 2 podemos observar que houve diferença significativa entre os parâmetros de definição de pressão máxima estudados. A realização das comparações múltiplas entre as medianas evidenciou que as diferenças foram significativas entre todos os parâmetros avaliados. A figura 10 apresenta os boxplots dos dados de PI_{máx} e PE_{máx}, com e sem estímulo visual, adquiridos no primeiro dia de avaliação.

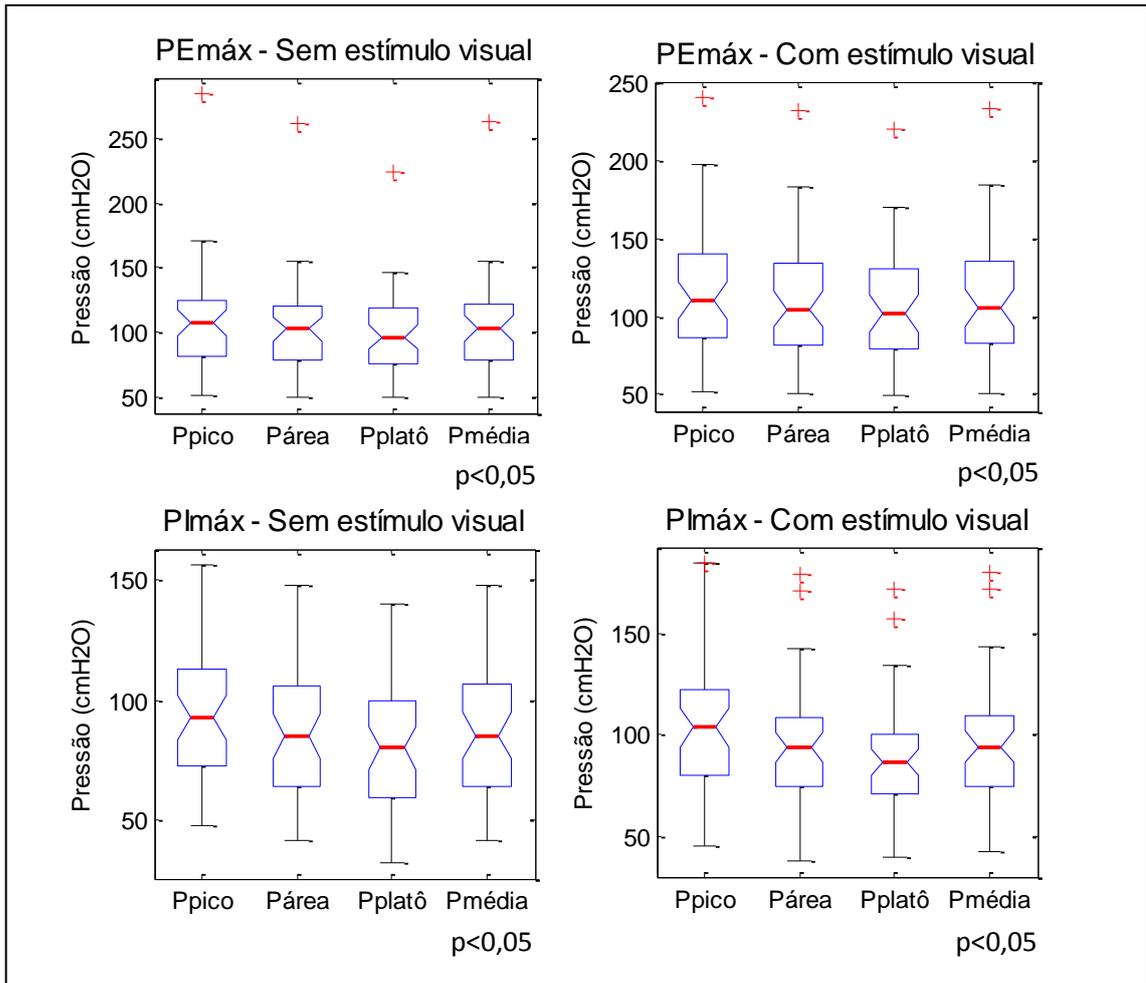


Figura 10: Boxplot dos parâmetros de definição de pressão máxima obtidos durante as medidas de PEmáx e Plmáx, com e sem estímulo visual, realizadas no primeiro dia de avaliação. A linha vermelha indica a mediana, a linha horizontal azul inferior o primeiro quartil e a linha horizontal azul superior, o terceiro quartil. Os asteriscos vermelhos representam os *outliers*. Valores de p referentes às comparações múltiplas realizadas entre as medianas dos parâmetros estudados. PEmáx: pressão expiratória máxima; Plmáx: pressão inspiratória máxima; P_{pico}: pressão de pico; P_{área}: pressão máxima segundo a área; P_{platô}: pressão de platô; P_{média}: pressão média máxima; cmH₂O: centímetros de água.

Resultados semelhantes aos obtidos para o primeiro dia de testes foram encontrados para as medidas realizadas no segundo dia, e podem ser observados na tabela 3. A figura 11 ilustra os boxplots dos dados de Plmáx e PEmáx, com e sem estímulo visual, adquiridos no segundo dia de avaliação.

Tabela 3: Medianas, primeiro e terceiro quartis dos parâmetros calculados para PImáx e PEmáx no segundo dia de avaliação

	P _{pico}	P _{área}	P _{platô}	P _{média}	<i>p</i> valor ¹	<i>p</i> valor ²
PEmáx	153,9	141,78	136,11	142,35		
	123,29	116,71	112,07	117,15	<0,05	
	94,5	90,16	84,14	90,51		
	161,27	141,78	141,45	150,29		ns
	126,07	119,83	111,43	120,3	<0,05	
	90,64	86,89	84,29	87,25		
PImáx	123,58	112,85	104,38	113,31		
	105,93	96	92,78	96,35	<0,05	
	84,14	77,77	72,43	78,05		
	125,02	112,69	107,97	113,17		ns
	108,29	98,17	89,5	98,57	<0,05	
	81,71	75,04	68,5	75,32		

Variáveis expressas em termos de mediana (em negrito), primeiro quartil (abaixo da mediana) e terceiro quartil (acima da mediana). Valores expressos em centímetros de água. PEmáx: pressão expiratória máxima; PImáx: pressão inspiratória máxima; P_{pico}: pressão de pico; P_{área}: pressão máxima segundo a área; P_{platô}: pressão de platô; P_{média}: pressão média máxima. ¹Valores de *p* referentes aos testes de Friedman. ²Valores de *p* referentes aos testes de Wilcoxon. ns: não significativo.

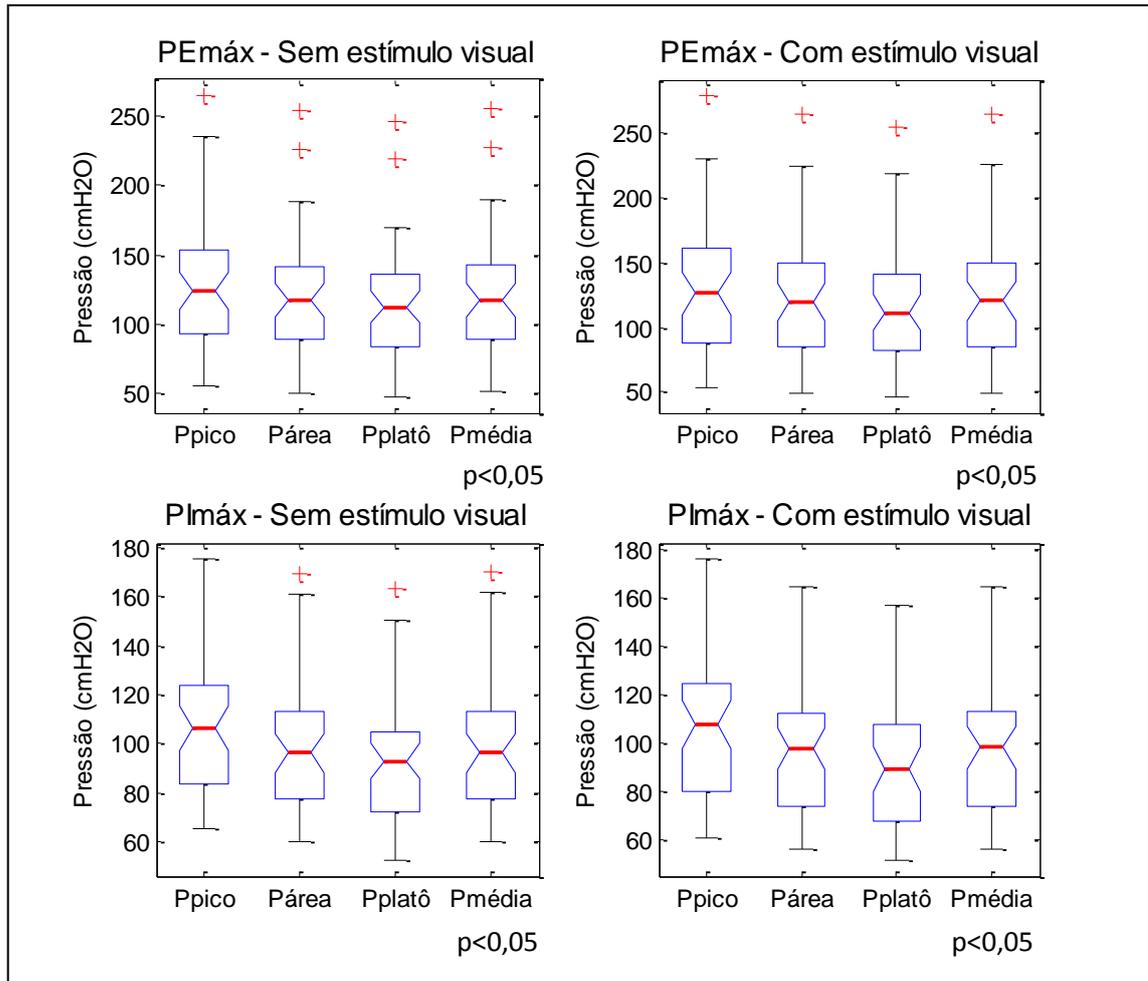


Figura 11: Boxplot dos parâmetros de definição de pressão máxima obtidos durante as medidas de PEmáx e PImáx, com e sem estímulo visual, realizadas no segundo dia de avaliação. A linha vermelha indica a mediana, a linha horizontal azul inferior o primeiro quartil e a linha horizontal azul superior, o terceiro quartil. Os asteriscos vermelhos representam os *outliers*. Valores de p referentes às comparações múltiplas realizadas entre as medianas dos parâmetros estudados. PEmáx: pressão expiratória máxima; PImáx: pressão inspiratória máxima; P_{pico}: pressão de pico; P_{área}: pressão máxima segundo a área; P_{platô}: pressão de platô; P_{média}: pressão média máxima; cmH2O: centímetros de água.

Ao efetuarmos os cálculos das correlações entre os parâmetros de definição de pressão máxima estudados, pudemos observar que, em todos os casos, as correlações foram muito elevadas (com valores sempre acima de 0,9) e estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Os valores de correlação entre os diversos parâmetros de definição de pressão máxima obtidos para o primeiro e o segundo dia de avaliações podem ser consultados nas tabelas 4 e 5. A figura 12 apresenta os gráficos de dispersão para os parâmetros calculados a partir dos testes de PEmáx, sem estímulo visual, realizados no primeiro dia de avaliação. Os gráficos de

dispersão obtidos para as demais medidas e variáveis, em ambos os dias de avaliação, foram bastante semelhantes aos observados na figura 12.

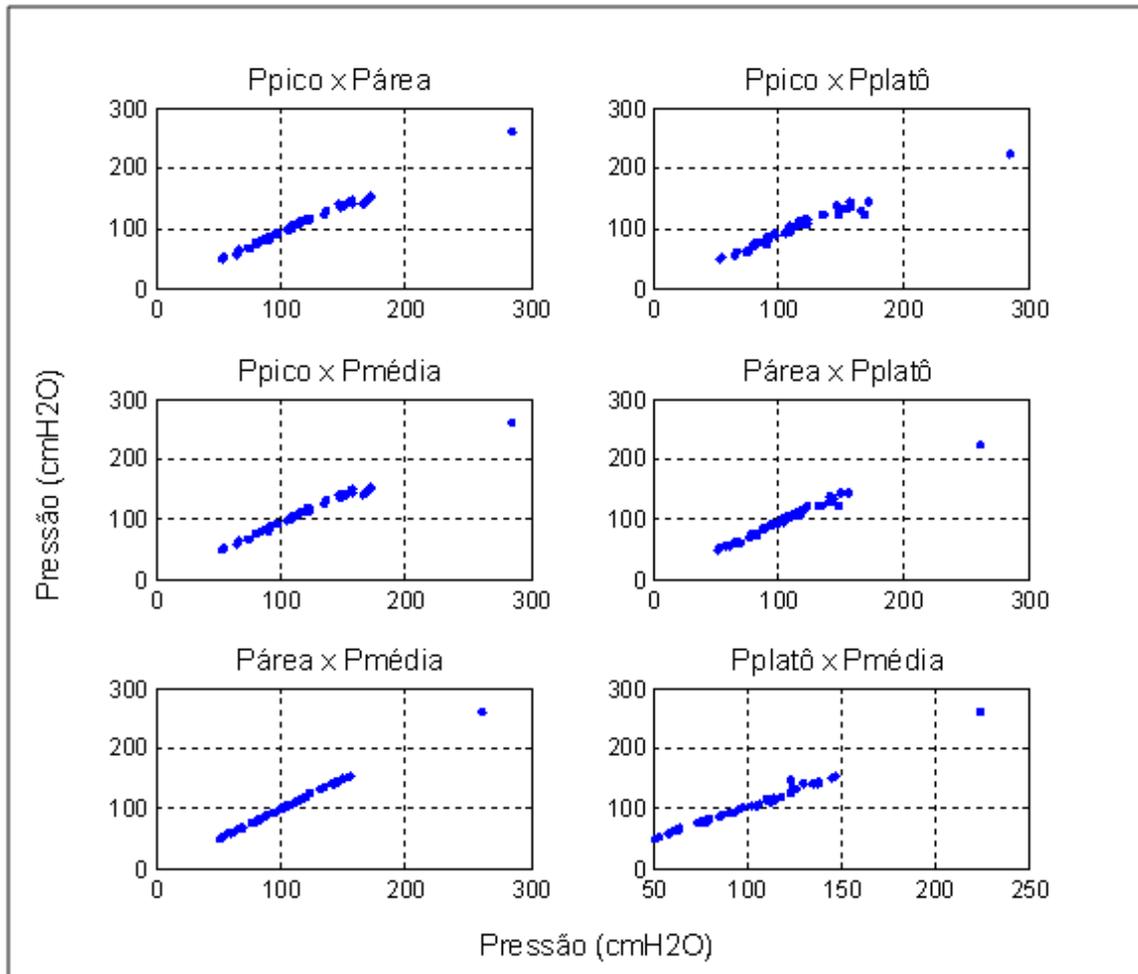


Figura 12: Gráficos de dispersão dos parâmetros de definição de pressão máxima calculados a partir dos testes de $P_{Em\acute{a}x}$, sem estímulo visual, realizados no primeiro dia de avaliação. P_{pico} : pressão de pico; $P_{\acute{a}rea}$: pressão máxima segundo a área; $P_{plat\hat{o}}$: pressão de platô; $P_{m\acute{e}dia}$: pressão média máxima. cmH2O: centímetros de água.

Tabela 4: Correlação entre os parâmetros de definição de pressão máxima obtidos no primeiro dia de avaliação, com e sem estímulo visual

		P_{pico}	$P_{\text{área}}$	$P_{\text{platô}}$	$P_{\text{média}}$	
Sem estímulo visual	PEmáx	P_{ico}	-	0,99*	0,98*	0,99*
		$P_{\text{área}}$	0,99*	-	0,99*	1*
		$P_{\text{platô}}$	0,98*	0,99*	-	0,99*
		$P_{\text{média}}$	0,99*	1*	0,99*	-
	PImáx	P_{ico}	-	0,99*	0,97*	0,99*
		$P_{\text{área}}$	0,99*	-	0,98*	0,99*
		$P_{\text{platô}}$	0,97*	0,98*	-	0,98*
		$P_{\text{média}}$	0,99*	0,99*	0,98*	-
Com estímulo visual	PEmáx	P_{ico}	-	0,99*	0,98*	0,98*
		$P_{\text{área}}$	0,99*	-	0,99*	0,99*
		$P_{\text{platô}}$	0,98*	0,99*	-	0,99*
		$P_{\text{média}}$	0,98*	0,99*	0,99*	-
	PImáx	P_{ico}	-	0,98*	0,95*	0,98*
		$P_{\text{área}}$	0,98*	-	0,97*	0,99*
		$P_{\text{platô}}$	0,95*	0,97*	-	0,98*
		$P_{\text{média}}$	0,98*	0,99*	0,98*	-

PEmáx: pressão expiratória máxima; PImáx: pressão inspiratória máxima; P_{pico} : pressão de pico; $P_{\text{área}}$: pressão máxima segundo a área; $P_{\text{platô}}$: pressão de platô; $P_{\text{média}}$: pressão média máxima. * $p < 0,05$.

Tabela 5: Correlação entre os parâmetros de definição de pressão máxima obtidos no segundo dia de avaliação, com e sem estímulo visual

		P_{pico}	$P_{\text{área}}$	$P_{\text{platô}}$	$P_{\text{média}}$	
Sem estímulo visual	PEmáx	P_{ico}	-	0,99*	0,98*	0,99*
		$P_{\text{área}}$	0,99*	-	0,99*	1*
		$P_{\text{platô}}$	0,98*	0,99*	-	0,99*
		$P_{\text{média}}$	0,99*	1*	0,99*	-
	PImáx	P_{ico}	-	0,99*	0,97*	0,99*
		$P_{\text{área}}$	0,99*	-	0,98*	1*
		$P_{\text{platô}}$	0,97*	0,98*	-	0,98*
		$P_{\text{média}}$	0,99*	1*	0,98*	-
Com estímulo visual	PEmáx	P_{ico}	-	0,99*	0,98*	0,99*
		$P_{\text{área}}$	0,99*	-	0,99*	0,99*
		$P_{\text{platô}}$	0,98*	0,99*	-	0,99*
		$P_{\text{média}}$	0,99*	0,99*	0,99*	-
	PImáx	P_{ico}	-	0,98*	0,94*	0,98*
		$P_{\text{área}}$	0,98*	-	0,98*	0,99*
		$P_{\text{platô}}$	0,94*	0,98*	-	0,98*
		$P_{\text{média}}$	0,98*	0,99*	0,98*	-

PEmáx: pressão expiratória máxima; PImáx: pressão inspiratória máxima; P_{pico} : pressão de pico; $P_{\text{área}}$: pressão máxima segundo a área; $P_{\text{platô}}$: pressão de platô; $P_{\text{média}}$: pressão média máxima. * $p < 0,05$.

4.3 Efeitos do estímulo visual sobre as medidas das PREM

A partir dos resultados para os testes de Wilcoxon apresentados nas tabelas 2 e 3 pode-se notar que houve diferença entre os parâmetros de definição de pressão máxima com relação ao uso do estímulo visual apenas para primeiro dia de avaliação, enquanto no segundo dia de testes não houve diferença significativa em nenhum dos casos.

A tabela 6 apresenta os valores de mediana, primeiro e terceiro quartis das variáveis T_{pico} e A-norm. Podemos observar que houve diferença significativa com relação à utilização do estímulo visual apenas no primeiro dia de avaliação para a variável A-norm derivada dos testes de $PI_{\text{máx}}$. As figuras 13 e 14 demonstram a distribuição dos parâmetros T_{pico} e A-norm para as medidas de $PE_{\text{máx}}$ e $PI_{\text{máx}}$ realizadas no primeiro e no segundo dias de avaliação, com e sem estímulo visual.

Tabela 6: Medianas, primeiro e terceiro quartis dos parâmetros T_{pico} e A-norm

		Sem estímulo visual		Com estímulo visual	
		PEmáx	PImáx	PEmáx	PImáx
Dia 1	T_{pico} (seg)	2,95	1,74	3,23	1,63
		2,09	1,22	2,37	1,39
		1,33	1,00	1,58	0,9
	A-norm	4,13	4,00	4,15	3,78
		3,99	3,64*	3,82	3,56
		3,77	3,45	3,63	3,24
Dia 2	T_{pico} (seg)	2,93	1,5	2,19	1,78
		1,7	1,00	1,48	1,07
		1,17	0,8	1,07	0,81
	A-norm	4,03	3,84	4,15	3,76
		3,86	3,68	3,86	3,66
		3,67	3,43	3,66	3,38

Variáveis expressas em termos de mediana (em negrito), primeiro quartil (abaixo da mediana) e terceiro quartil (acima da mediana). PEmáx: pressão expiratória máxima; PImáx: pressão inspiratória máxima; T_{pico} : tempo para atingir a pressão de pico; A-norm: área normalizada; seg: segundos. *diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação ao teste realizado com estímulo visual (teste de Wilcoxon).

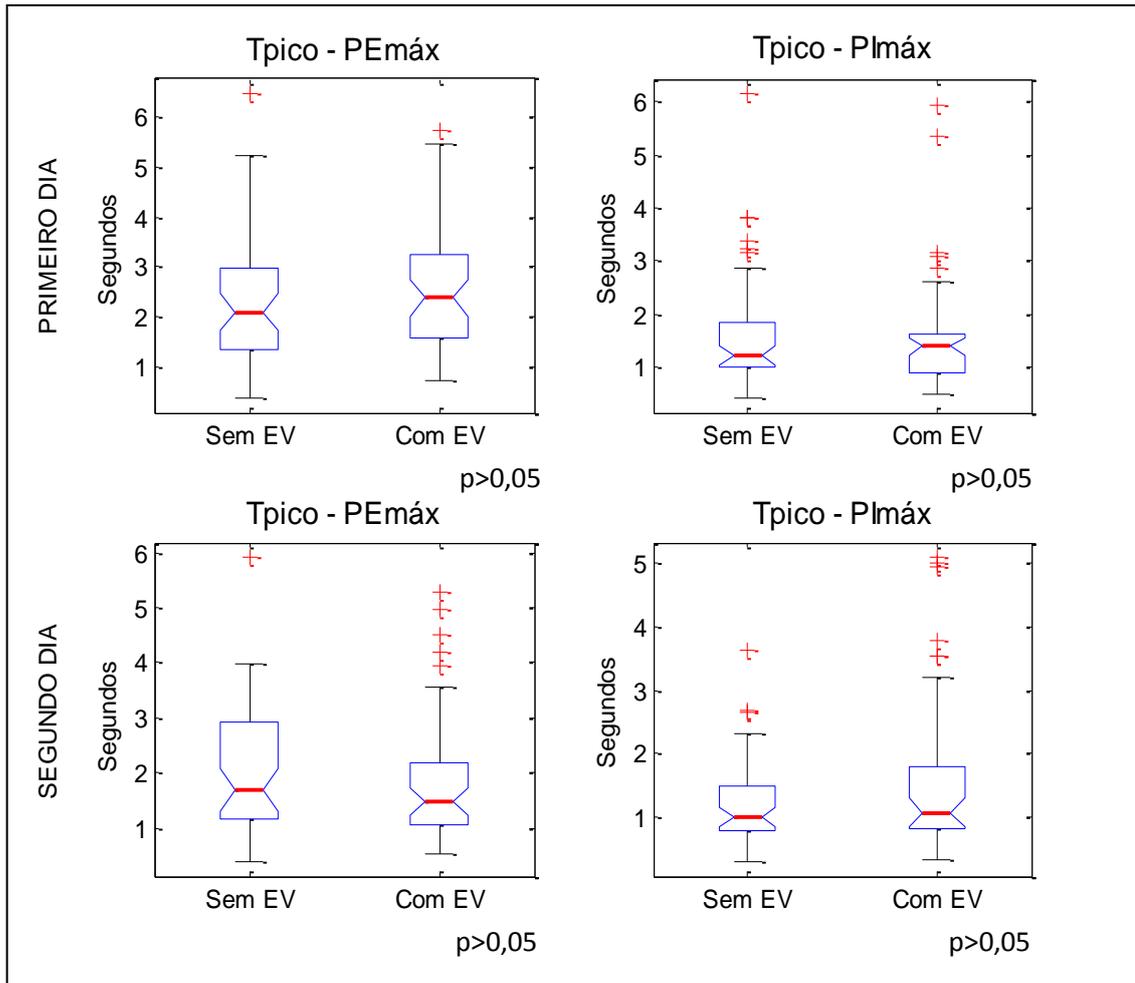


Figura 13: Boxplot dos valores de T_{pico} , obtidos no primeiro e no segundo dias de avaliação, durante os testes de PEmax e Plmax, com e sem estímulo visual. A linha vermelha indica a mediana, a linha horizontal azul inferior o primeiro quartil e a linha horizontal azul superior, o terceiro quartil. Os asteriscos vermelhos representam os *outliers*. PEmax: pressão expiratória máxima; Plmax: pressão inspiratória máxima; T_{pico} : tempo para atingir a pressão de pico; EV: estímulo visual.

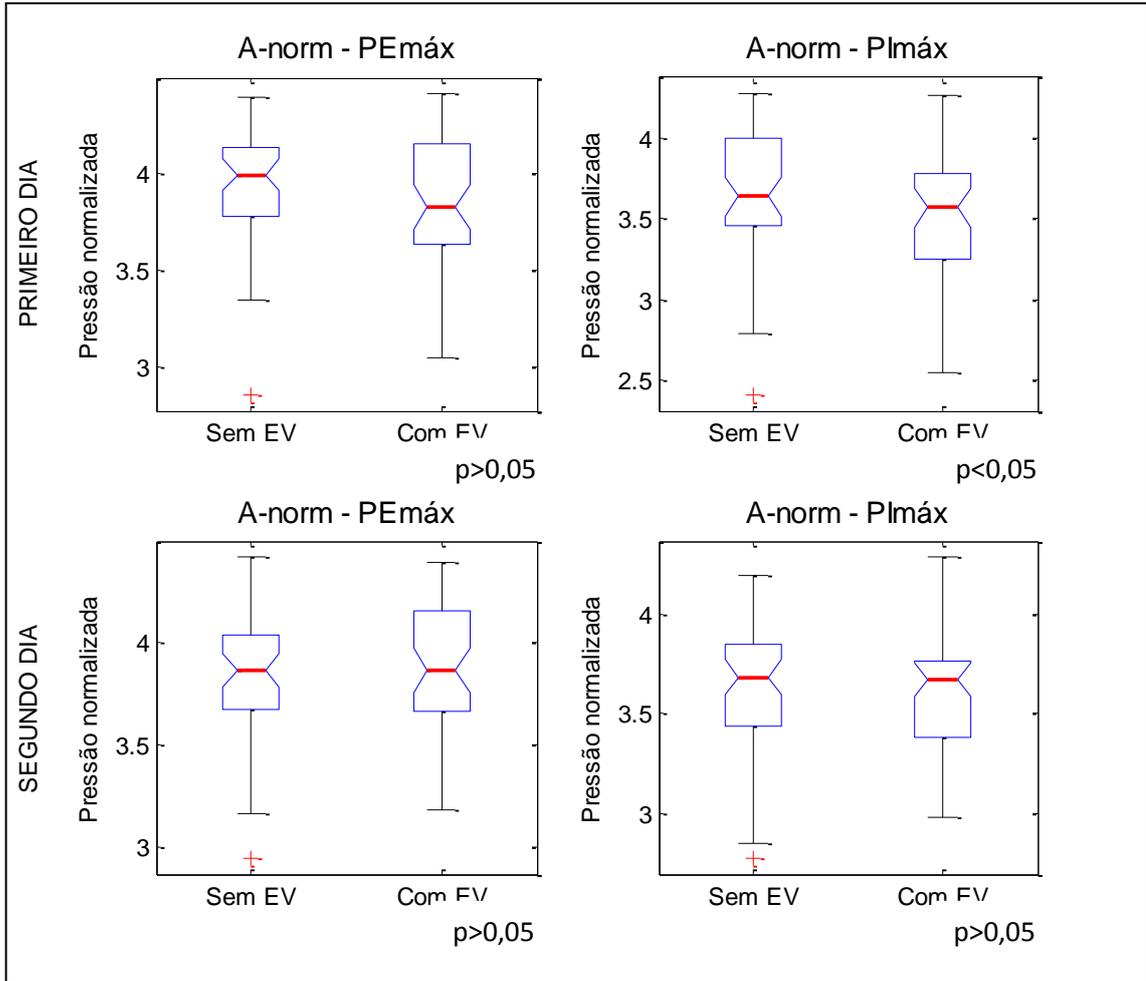


Figura 14: Boxplot dos valores de A-norm, obtidos no primeiro e no segundo dias de avaliação, durante os testes de PEmax e Plmax, com e sem estímulo visual. A linha vermelha indica a mediana, a linha horizontal azul inferior o primeiro quartil e a linha horizontal azul superior, o terceiro quartil. Os asteriscos vermelhos representam os *outliers*. PEmax: pressão expiratória máxima; Plmax: pressão inspiratória máxima; A-norm: área normalizada; EV: estímulo visual.

5 DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente estudo podem ser enunciados da seguinte forma: foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre todos os parâmetros de definição de pressão máxima avaliados, tanto para medidas de $P_{l\acute{m}ax}$, quanto para medidas de $P_{Em\acute{a}x}$. Além disso, a utilização do estímulo visual durante os testes esteve relacionada a maiores valores pressóricos apenas no primeiro dia de avaliação. A seguir, realizaremos uma discussão detalhada acerca dos resultados.

5.1 Parâmetros de definição da pressão máxima

Estudos anteriores, realizados com indivíduos saudáveis (SMYTH; CHAPMAN; REBUCK, 1984; WINDISCH et al., 2004; MONTEMEZZO, 2010) e portadores de doenças pulmonares crônicas (BRUNETTO; ALVES, 2003), encontraram valores de pressão de pico significativamente mais elevados que valores de platô e de pressão média máxima. No nosso conhecimento, este foi o primeiro trabalho a avaliar objetivamente as diferenças existentes entre os três parâmetros de definição de pressão máxima mais comumente relatados na literatura: pressão de pico, pressão de platô e pressão média máxima. Além destes parâmetros acrescentamos ainda a variável $P_{\acute{a}rea}$, cujo emprego acreditamos pioneiro, uma vez que não foram encontrados na literatura consultada, até o presente momento, relatos de sua utilização. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram os achados já descritos na literatura, e reforçam a importância de uma padronização metodológica mais consistente acerca dos parâmetros de definição de pressão máxima a serem utilizados, tanto na prática clínica, quanto no ambiente experimental. Assim, torna-se evidente que parâmetros de definição de pressão máxima distintos não podem ser considerados intercambiáveis, uma vez que isto poderia levar a interpretações equivocadas acerca das condições de força muscular respiratória dos indivíduos avaliados. Entretanto, apesar das similaridades entre os nossos resultados e os já reportados na literatura, acreditamos que alguns

fatores metodológicos referentes ao presente estudo, relacionados tanto aos procedimentos de execução dos testes quanto aos métodos empregados para o cálculo das variáveis, mereçam uma discussão mais detalhada.

O primeiro fator metodológico a ser considerado relaciona-se ao tempo de manutenção do esforço máximo durante as avaliações. Em seu documento oficial, ATS e ERS (AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002) recomendam que os esforços inspiratórios e expiratórios tenham duração mínima de 1,5 segundo, a fim de que a pressão máxima sustentada durante um segundo possa ser registrada. Entretanto, Souza (2002) aponta que os trabalhos disponíveis na literatura são bastante variados neste sentido, havendo relatos de sustentação da pressão máxima por “pelo menos um segundo, um a dois segundos, exatos dois segundos, pelo menos dois segundos, um a três segundos, ou pelo menos dois a três segundos”. No presente estudo, optamos por solicitar aos voluntários que realizassem esforços inspiratórios e expiratórios máximos por um período maior do que o usualmente reportado na literatura: cinco segundos. Este foi o tempo mínimo estipulado para que os testes fossem considerados válidos, sendo escolhido a partir da constatação de que, durante a fase dos testes piloto, parte dos voluntários não atingia seus valores de pico antes dos três segundos de manobra. A partir da análise dos resultados pudemos observar que em 70 das 392 avaliações realizadas (17,85%) as pressões de pico foram atingidas após o terceiro segundo de teste, sendo que em alguns casos, os valores máximos foram alcançados somente após o quinto segundo. Acreditamos que uma das possíveis causas deste fato possa ser a orientação dada aos voluntários acerca dos procedimentos de avaliação, uma vez que não lhes foi solicitado realizar o esforço máximo logo no primeiro segundo de manobra, pedindo-se apenas que todos os testes fossem realizados sempre com o maior esforço possível.

Podem ser encontrados na literatura estudos nos quais a metodologia empregada inclui solicitar aos sujeitos avaliados realizar o esforço máximo de imediato, logo no início do teste (MCCONNELL; COPESTAKE, 1999; BRUNETTO; ALVES, 2003). Entretanto, esta não é uma prática padronizada, não havendo recomendação desta natureza no documento oficial publicado pela ATS/ERS (AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002), tampouco nas Diretrizes Brasileiras para Teste de Função Pulmonar (SOUZA, 2002).

De fato, diversos trabalhos publicados, dentre os quais encontram-se estudos objetivando o estabelecimento de valores de referência para PImáx e PEmáx, não relatam em sua metodologia a utilização deste tipo de comando aos voluntários. A partir desta constatação, podemos levantar algumas questões: o tempo de sustentação do esforço máximo empregado pela maior parte dos autores seria realmente suficiente para que os indivíduos alcançassem seu desempenho máximo? Este poderia ser um dos fatores responsáveis pela inconsistência dos valores de normalidade reportados na literatura? Ou, por outro lado, o comando verbal dado aos indivíduos também necessita de padronização, e testes cujos valores máximos não sejam alcançados próximo ao primeiro segundo de manobra deveriam ser descartados? Novas pesquisas são necessárias para responder a estes questionamentos.

Os critérios de reprodutibilidade adotados pelo presente estudo também merecem consideração. Segundo as recomendações da ATS/ERS (AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002), uma variabilidade inferior a 20% do maior valor em relação aos demais seria suficiente para o ambiente clínico, embora uma variabilidade menor pudesse ser necessária para pesquisas. Sendo assim, optamos por utilizar a recomendação de Souza (2002), segundo o qual, para que a reprodutibilidade seja garantida, os dois maiores valores alcançados não poderiam diferir entre si mais do que 10%. Este mesmo critério foi utilizado por Windisch e colaboradores (2004) e Montemezzo (2010), enquanto Smith, Chapman e Rebeck (1984) e Brunetto e Alves (2003) não reportaram o uso de critérios semelhantes. Ainda segundo Souza (2002), alguns autores propõem que caso o maior valor seja alcançado na última tentativa, a avaliação tenha prosseguimento até que um valor mais baixo seja atingido. Embora esta não seja uma prática padronizada, Montemezzo (2010) e Brunetto e Alves (2003) reportaram a sua utilização, com o intuito de assegurar a reprodutibilidade dos testes. Acreditamos que os critérios de reprodutibilidade utilizados pelos autores possam interferir diretamente na confiabilidade das medidas obtidas, embora já tenha sido demonstrado na literatura que esforços submáximos também podem ser reprodutíveis (ALDRICH; SPIRO, 1995). Contudo, embora haja diferenças entre os critérios de reprodutibilidade adotados pelo presente estudo e por alguns dos

autores citados acima, estas parecem não haver influenciado nos resultados obtidos pelos trabalhos em questão.

Um fator metodológico importante a ser considerado em estudos que objetivem investigar diferentes parâmetros de definição de pressão máxima relaciona-se aos métodos empregados para o cálculo das variáveis. Em outubro de 2009 houve a publicação de um artigo de revisão, cujo objetivo principal foi complementar as diretrizes propostas pela ATS/ERS (AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002) para as medidas das P_{PREM} ao nível da boca (EVANS; WHITELOW, 2009). Segundo os autores deste trabalho, a partir da curva pressórica gerada durante os testes, pode-se considerar a pressão máxima como sendo o valor de pico, o valor de platô (maior valor sustentado durante um período mínimo) ou o valor médio das pressões geradas durante um segundo. A partir destas definições, elaboramos o algoritmo matemático para o cálculo das variáveis utilizadas no presente estudo, a saber, P_{pico} , $P_{\text{platô}}$ e $P_{\text{média}}$, conforme descrito anteriormente na seção “Materiais e métodos”. Além destes parâmetros, acrescentamos ainda a variável $P_{\text{área}}$, conforme sugerido por Windisch e colaboradores (2004).

Em comunicação pessoal a Montemezzo (2010), Windisch aponta que “(...) a $P_{\text{Imáx}}$ é medida de maneira diferente em diferentes países e este fato pode contribuir para inconsistências observadas quando se utilizam equações preditivas disponíveis na literatura internacional”. Acreditamos que não apenas o emprego de parâmetros de definição de pressão máxima distintos, mas também a forma como esses parâmetros são calculados, possam interferir diretamente nos resultados observados. No presente estudo, baseamo-nos nas definições propostas por Evans e Whitelaw (2009), que embora indiquem como cada parâmetro deva ser calculado, não determinam critérios adicionais, como limite de tempo para se atingir o valor máximo, bem como a necessidade ou não dos valores médios e de platô situarem-se em torno da pressão de pico. Sendo assim, optamos por considerar como valores máximos aqueles alcançados pelos voluntários em qualquer momento do teste, não havendo necessidade das variáveis $P_{\text{área}}$, $P_{\text{platô}}$ e $P_{\text{média}}$ situarem-se em torno da variável P_{pico} . De fato, durante o processamento dos dados, pudemos observar que parte dos voluntários não atingiu os valores de pico simultaneamente às demais variáveis.

Os demais trabalhos encontrados na literatura relatam a utilização de metodologias por vezes distintas para o cálculo das pressões de pico e platô. Smyth, Chapman e Rebeck (1984) reportaram a utilização de um transdutor de pressão analógico durante as avaliações, conectado a um registrador gráfico, e ao que tudo indica, utilizaram a inspeção visual para o cálculo das variáveis estudadas. Já Brunetto e Alves (2003) utilizaram um transdutor de pressão digital, e definiram a pressão de pico como aquela mantida por 0,01 segundo após o início de registro pressórico, enquanto a pressão de platô foi definida como aquela sustentada durante um segundo. Em comunicação pessoal feita à autora, Windisch aponta que em seu trabalho (WINDISCH et al., 2004) a pressão de pico foi considerada como sendo o maior valor pressórico observado na curva pressão-tempo, ao passo que as pressões de platô foram consideradas como aquelas sustentadas por 0,5 e 1 segundo, calculadas a partir do programa computacional utilizado pelos pesquisadores. Já em relação à medida da pressão média máxima, Montemezzo (2010) relata que em seu estudo a mesma foi calculada como sendo o valor médio das pressões registradas em torno do pico pressórico, durante o tempo de um segundo, enquanto a pressão de pico foi calculada como o maior valor de pressão exercido durante o teste.

A partir da análise das informações acima fica claro que, enquanto a definição de pressão de pico parece estar mais sedimentada na literatura, os conceitos de pressão de platô e pressão média máxima apresentam-se com maior variação, indicando a necessidade de padronização metodológica não apenas do emprego, mas também dos critérios de cálculo para os diferentes parâmetros de definição de pressão máxima. O presente estudo foi pioneiro ao evidenciar diferenças significativas entre as pressões de platô e média máxima, enquanto que diferenças entre as pressões de pico e estas variáveis já haviam sido relativamente bem documentadas na literatura. Entretanto, frente à existência de diferentes formas de se calcular os parâmetros de definição de pressão máxima avaliados, novos estudos são necessários para investigar se critérios de cálculo distintos para uma mesma variável podem influenciar de maneira significativa os valores pressóricos obtidos.

Ao efetuarmos o cálculo das correlações entre os diferentes parâmetros de definição de pressão máxima, pudemos observar que as variáveis P_{pico} , $P_{\text{platô}}$, $P_{\text{área}}$ e $P_{\text{média}}$ apresentaram-se fortemente correlacionadas entre si, com valores situados

sempre acima de 0,9. Estes resultados estão de acordo com os observados por Windisch e colaboradores (2004) para valores de pico e platô da PImáx. Segundo os autores, os elevados valores de correlação observados indicariam que estas variáveis seriam refletidas uma pela outra. Neste mesmo estudo, foram evidenciadas ainda reprodutibilidades semelhantes para os parâmetros estudados, quando comparadas duas avaliações distintas, com intervalos de duas a quatro semanas entre si. Os autores terminam por sugerir que a utilização da pressão de pico para determinação da força muscular inspiratória teria utilidade ao menos comparável ao uso das pressões de platô para este mesmo fim.

Em estudo realizado com indivíduos portadores de DPOC, Wijkstra e colaboradores (1995) demonstraram a validade da utilização da pressão de pico para mensuração da força muscular inspiratória. Neste trabalho, a PImáx de pico, mensurada ao nível da boca, foi comparada à pressão esofágica inspiratória máxima, avaliada através do teste do *sniff*. Os resultados demonstraram correlação significativa entre as medidas realizadas, além de uma variação intra-individual para os valores de pico (11,2%) comparável às reportadas na literatura para valores de platô. Quando comparados aos valores apresentados por indivíduos saudáveis, a pressão de pico demonstrou apresentar, segundo os autores, capacidade discriminatória adequada, uma vez que os valores alcançados por portadores de DPOC apresentaram-se significativamente inferiores àqueles do grupo controle.

A utilização da pressão de pico como parâmetro de definição da pressão máxima apresenta algumas vantagens práticas, dentre elas a facilidade de cálculo, uma vez que o valor máximo atingido pode ser derivado diretamente do traçado pressórico, sem a necessidade da utilização de programas específicos para cálculos adicionais (WINDISCH et al., 2004). Outra vantagem está relacionada à maior facilidade para avaliação de pacientes com doenças neuromusculares e/ou insuficiência respiratória, uma vez que estes podem apresentar dificuldades para sustentação da pressão máxima durante um segundo, constituindo-se a avaliação da pressão de pico numa alternativa interessante nestes casos (WIJKSTRA, 1995; MONTEMEZZO, 2010). Sendo assim, levando-se em consideração os argumentos levantados acima, acreditamos que a utilização da pressão de pico como parâmetro de definição de pressão máxima possa ser uma alternativa simples e útil para avaliação da força muscular respiratória. Entretanto, uma vez que não foram

encontrados na literatura, até o presente momento, valores de referência para pressões de pico, acreditamos ser de grande valia o estabelecimento de equações preditivas específicas para este fim, o que poderia conferir maior credibilidade e confiabilidade a este parâmetro de avaliação.

Finalmente, a partir da análise das tabelas 2 e 3 podemos observar que, de uma forma geral, os parâmetros de definição de pressão máxima apresentaram-se aparentemente mais elevados no segundo dia em comparação ao primeiro dia de avaliação. Conforme exposto anteriormente, os efeitos do aprendizado sobre as medidas das PREM já foram demonstrados previamente na literatura. A maior parte destes trabalhos avaliou os efeitos do aprendizado em uma única sessão de testes (FIZ et al., 1989; WEN; WOO; KEENS, 1997, VOLIANITIS; MCCONNELL; JONES, 2001). Entretanto, Larson e colaboradores (1993) demonstraram estes efeitos para pacientes com DPOC avaliados semanalmente, ao longo de quatro semanas, encontrando diferenças significativas entre os valores de $PI_{máx}$ obtidos na primeira e quarta sessões. Da mesma forma, Windisch e colaboradores (2004) em um estudo comparativo entre valores de pico e platô para caracterização da $PI_{máx}$, observaram uma tendência a maiores valores pressóricos alcançados no segundo dia de avaliação. Tendência semelhante aparentemente ocorreu no presente estudo. Entretanto, uma vez que os objetivos deste trabalho não contemplaram mensurar o efeito aprendizado ou a reprodutibilidade das medidas realizadas entre sessões de teste distintas, certos cuidados metodológicos que poderiam influenciar este tipo de análise não foram tomados. Sendo assim, o intervalo de tempo entre as sessões de teste variou entre os indivíduos, houve modificação do protocolo de medidas entre os dias de avaliação, além da realização da espirometria no primeiro dia, fatores que em conjunto poderiam influenciar a confiabilidade de uma análise comparativa entre os valores pressóricos mensurados em dias distintos. Desta forma, optamos por não realizar este tipo de análise, deixando para trabalhos futuros a investigação do efeito aprendizado sobre sessões de teste distintas.

5.2 Influência do estímulo visual sobre as medidas das PREM

O uso do *feedback* visual durante as medidas das PREM tem sido comumente relatado na literatura (WIJKSTRA et al., 1995; WEN; WOO; KEENS, 1997; CARPENTER et al., 1999; BRUNETTO; ALVES, 2003; ROMER; MACCONNELL, 2004) com o intuito de melhorar o desempenho e/ou a compreensão dos sujeitos avaliados acerca dos procedimentos de teste. No nosso conhecimento, até a presente data, este é o primeiro trabalho a avaliar objetivamente os efeitos do estímulo visual sobre as medidas das PREM de indivíduos saudáveis, não só no que diz respeito aos valores máximos alcançados, mas também no que tange à execução dos testes, através da investigação do tempo para atingir a pressão de pico e da capacidade de sustentação do esforço máximo. Os resultados obtidos no presente estudo evidenciaram maiores valores pressóricos relacionados à utilização do *feedback* visual apenas no primeiro dia de avaliação, enquanto no segundo dia de testes não foram encontradas diferenças significativas entre os parâmetros de definição de pressão máxima adquiridos com e sem a utilização do estímulo visual.

A observação dos resultados obtidos no primeiro dia nos leva a considerar um possível efeito do estímulo visual sobre o desempenho dos sujeitos avaliados. Contudo, no segundo dia de avaliação, quando houve a inversão da ordem dos testes e as medidas com estímulo visual foram realizadas primeiramente, essa diferença não ocorreu em nenhum dos parâmetros estudados. O objetivo da realização dos testes em dias distintos e com inversão do protocolo de medidas foi diferenciar os efeitos do estímulo visual dos possíveis efeitos do aprendizado sobre os testes de PREM; efeitos estes já bem documentados na literatura para medidas de $P_{\text{máx}}$, tanto para sujeitos saudáveis (VOLIANITIS; MCCONNELL; JONES, 2001) quanto para portadores de doenças respiratórias (FIZ et al., 1989; LARSON et al., 1993; WEN; WOO; KEENS, 1997). Sendo assim, a hipótese inicial era a de que, caso o estímulo visual fosse capaz de exercer influência significativa sobre os resultados alcançados, esse efeito se demonstraria de forma consistente em ambas as avaliações. Diante dos resultados observados, acreditamos que seja possível considerar que as diferenças observadas no primeiro dia sejam, portanto, reflexo do

efeito do aprendizado, e não do estímulo visual em si, uma vez que tais diferenças não foram encontradas no segundo dia de avaliação.

A maior parte dos trabalhos disponíveis na literatura objetivando avaliar a influência do *feedback* visual sobre os testes de força muscular concentrou-se na investigação da musculatura dos membros inferiores. De um modo geral, o emprego do estímulo visual demonstrou exercer influência positiva sobre o desempenho dos sujeitos avaliados, resultando em maiores valores de força associados à utilização desta estratégia (FIGONI; MORRIS, 1984; HALL; BOTTJEN; 1987; BALZOPoulos; WILLIAMS; BRODIE, 1991; KIM; KRAMER, 1997; KELLIS; BALZOPoulos, 1996; HOPPER et al., 2003). Considerando-se a hipótese levantada anteriormente de que não houve influência do estímulo visual, mas sim o efeito do aprendizado, sobre os testes realizados no primeiro dia de avaliação, os resultados do presente estudo vão de encontro aos descritos pelos trabalhos supracitados, mas estão de acordo com os reportados recentemente por Nunes e colaboradores (2010). Neste estudo, a influência do *feedback* visual sobre a força de contração isométrica máxima da musculatura do assoalho pélvico foi avaliada em mulheres saudáveis, nulíparas e continentas. Os resultados não evidenciaram diferenças significativas entre os valores de força mensurados com e sem o uso do estímulo visual.

Embora tenham avaliado musculaturas distintas, o presente trabalho guarda semelhança com o realizado por Nunes e colaboradores (2010) no que diz respeito à especificidade dos testes realizados. Em ambos os casos, os sujeitos avaliados foram solicitados a realizar manobras em geral não-usuais: contração da musculatura do assoalho pélvico e esforços inspiratórios e expiratórios estáticos máximos. De fato, muitos dos voluntários avaliados no presente estudo relataram informalmente haver considerado os testes desconfortáveis e/ou difíceis de executar. Por outro lado, a maior parte dos trabalhos que evidenciaram os efeitos do estímulo visual sobre os testes de força muscular o fizeram através da avaliação de movimentos considerados mais familiares, sendo em sua maior parte variações de flexão e extensão de perna e coxa (FIGONI; MORRIS, 1984; HALL; BOTTJEN; 1987; BALZOPoulos; WILLIAMS; BRODIE, 1991; KIM; KRAMER, 1997; KELLIS; BALZOPoulos, 1996; HOPPER et al., 2003). Sendo assim, uma possível hipótese a ser levantada é a de que o uso do *feedback* visual como estratégia para

potencializar o desempenho durante os testes de força seja mais efetivo quando empregado em movimentos com os quais os sujeitos apresentem maior familiaridade e/ou menor dificuldade de execução.

Contudo, um trabalho recente vai de encontro à hipótese levantada acima. Neste estudo, Molenaar e colaboradores investigaram os efeitos do estímulo visual sobre a força de preensão manual de 104 crianças hípidas, com idades entre 4 e 12 anos. Embora os testes envolvessem a realização de um movimento relativamente usual (preensão manual), o *feedback* visual não demonstrou exercer influência sobre os resultados apresentados pelos sujeitos avaliados. Por outro lado, Graves e James (1990) evidenciaram maiores valores de força muscular isométrica relacionados à utilização do estímulo visual durante a realização de um movimento considerado não usual: a abdução do quinto dedo. Desta forma, novos estudos são necessários para definir em quais situações a utilização do estímulo visual pode influenciar o desempenho alcançado durante os testes de força muscular.

As características da amostra avaliada no presente estudo também devem ser levadas em consideração na análise nos resultados. De fato, participaram desta pesquisa indivíduos jovens e saudáveis, dos quais, de antemão, poder-se-ia esperar maior facilidade e motivação durante a execução dos testes. Sendo assim, a utilização do *feedback* visual pode não ter sido necessária para que os sujeitos compreendessem os procedimentos de avaliação e/ou ou atingissem mais facilmente seu desempenho máximo. Por outro lado, pacientes com doenças respiratórias ou neuromusculares poderiam se beneficiar da utilização desta estratégia, uma vez que, nestes casos, os indivíduos apresentam em geral maior dificuldade para execução dos testes, relacionada principalmente aos efeitos da doença de base sobre a capacidade muscular respiratória. Novas pesquisas são necessárias para investigar os efeitos do estímulo visual sobre as medidas das PREM realizadas nestes grupos de indivíduos.

Finalmente, a utilização do estímulo visual também não demonstrou influenciar o tempo gasto pelos voluntários para atingir a pressão de pico. Com relação à capacidade de sustentação do esforço máximo, houve diferença significativa entre os testes com e sem *feedback* visual apenas nas medidas de P_{1máx} realizadas no primeiro dia de avaliação, com maiores valores de A-norm alcançados nos testes sem estímulo visual. Entretanto, este foi um achado pontual,

que não se verificou nas demais medidas realizadas. No nosso conhecimento, este é o primeiro trabalho, até a presente data, a investigar estes parâmetros derivados da curva pressão-tempo e suas relações com o uso do estímulo visual. Novamente, há que se considerar as características da amostra estudada na análise dos resultados, uma vez que trataram-se de sujeitos jovens, saudáveis e motivados. A utilização desta estratégia com pacientes com doenças respiratórias ou neuromusculares poderia levar a resultados distintos, e novos trabalhos são necessários para responder a este questionamento. Paralelamente, o uso do parâmetro A-norm como indicativo da capacidade de sustentação do esforço máximo também pode ser questionado, uma vez que valores de área semelhantes podem ser alcançados com comportamentos de curva completamente distintos. Mais uma vez, novos estudos são necessários para elucidar o valor e a sensibilidade da utilização deste parâmetro.

5.3 Considerações finais

Dentre as limitações do presente estudo, podemos citar os valores de referência para espirometria utilizados para caracterização da amostra. Embora estejam disponíveis na literatura valores de espirometria forçada específicos para a população brasileira (PEREIRA; SATO; RODRIGUES, 2007), optamos por utilizar os valores de referência propostos por Knudson e colaboradores (1983). Esta escolha deveu-se à utilização dos valores de referência reportados por este autor pelo laboratório de espirometria do serviço de Pneumologia do Hospital Universitário / Centro de Atenção à Saúde (HU/CAS) da UFJF, local onde as avaliações espirométricas foram realizadas. Recentemente, Duarte, Pereira e Rodrigues (2007) demonstraram que os valores de referência propostos por Pereira, Sato e Rodrigues (2007) para a população brasileira são, em média, maiores que os propostos por Knudson e colaboradores (1983). Contudo, estes mesmos autores evidenciaram que, para uma amostra de brasileiros normais de ambos os sexos, os valores preditos pelas equações de Knudson e colaboradores (1983) foram similares aos obtidos na amostra, havendo diferença significativa apenas com relação à CVF para

o sexo masculino, onde a equação proposta pelo referido autor subestimou os valores deste parâmetro. Acreditamos que nossa opção pela utilização dos valores de referência propostos por Knudson e colaboradores (1983) não tenha apresentado influência sobre a seleção dos voluntários avaliados, bem como sobre os resultados alcançados, uma vez que, como pode ser observado na tabela 1, os valores médios de CVF, VEF_1 e da relação VEF_1/CVF situaram-se muito próximos ou acima dos valores máximos previstos, o que nos leva a crer que seja improvável que sujeitos com valores espirométricos abaixo da normalidade tenham sido selecionados.

Outra limitação a ser considerada relaciona-se a não realização do cálculo amostral previamente às avaliações. Entretanto, outros estudos disponíveis na literatura que investigaram diferenças entre parâmetros de definição de pressão máxima também não reportaram este tipo de análise (SMYTH; CHAPMAN; REBUCK, 1984; BRUNETTO; ALVES, 2003; WINDISCH et al., 2004). Sendo assim, não sabemos até que ponto a não realização deste cálculo pode ter influenciado os resultados obtidos no presente estudo.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente estudo pode-se concluir que os parâmetros de pressão máxima avaliados não podem ser utilizados de maneira intercambiável, uma vez que foram evidenciadas diferenças significativas entre os mesmos. Além disso, a utilização do estímulo visual durante os testes pareceu não resultar em melhoria do desempenho dos sujeitos avaliados, tampouco influenciou os demais parâmetros derivados das curvas pressão-tempo. Novas pesquisas são necessárias para determinar a influência do emprego de diferentes critérios de cálculo sobre os parâmetros de definição de pressão descritos na literatura, bem como os efeitos da utilização do estímulo visual sobre os testes de PREM realizados por grupos específicos, tais como pacientes com doenças respiratórias e neuromusculares.

7 REFERÊNCIAS

ALDRICH, T. K.; SPIRO, P. Maximal inspiratory pressure: does reproducibility indicate full effort? **Thorax**, v. 50, p. 40-43, 1995.

AMERICAN THORACIC SOCIETY / EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on Respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.166, p. 518-624, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E SÍNDROME METABÓLICA. **Diretrizes brasileiras de obesidade**. 3. ed. São Paulo: AC Farmacêutica, 2009. 83 p.

BALTZOPOULOS, V.; WILLIAMS, J. G.; BRODIE, D. A. Sources of error in isokinetic dynamometry: effects of visual feedback on maximum torque. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 13, n. 3, p. 138-142, 1991.

BLACK, L. F.; HYATT, R. E. Maximal pressures: normal values relationship to age and sex. **American Review of Respiratory Disease**, v. 99, p. 696-702, 1969.

BRUNETTO, A. F.; ALVES, L. A. Comparing peak and sustained values of maximal respiratory pressures in healthy subjects and chronic pulmonary disease patients. **Jornal de Pneumologia**, v. 29, n. 4, p. 208-212, jul./ago. 2003.

CARPENTER, M. A. et al. Demographic and Anthropometric Correlates of Maximum Inspiratory Pressure. The Atherosclerosis Risk in Communities Study. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 159, p. 415-422, 1999.

CLAUSEN, J. L. Maximal inspiratory and expiratory pressures. In: CLAUSEN, J. L., ZARINS, L. P. (Ed.). **Pulmonary function testing, guidelines and controversies: equipment, methods and normal values**. New York: Academic Press, 1982. p. 187-191.

DUARTE, A. A. O.; PEREIRA, C. A. C.; RODRIGUES, S. C. S. Validação de novos valores previstos brasileiros para a espirometria forçada na raça branca e comparação com os valores previstos obtidos por outras equações de referência. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 5, p. 527-535, 2007.

EVANS, J. A.; WHITELAW, W. A. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. **Respiratory Care**, v. 54, n. 10, p. 1348-1359, 2009.

FARIA, A. C. D.; MIRANDA, I. A.; MELO, P. L. Desenvolvimento de Instrumentação para Análise da Força Muscular Respiratória: Avaliação do Desempenho e Proposta

de Novos Parâmetros. In: MULLER-KARGER, C., WONG, S., LA CRUZ, A. (Eds.). **IFMBE Proceedings**. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007. v. 13, n. 3, p. 506-510.

FIGONI, S. F.; MORRIS, A. F. Effects of Knowledge of Results on Reciprocal, Isokinetic Strength and Fatigue. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 6, n. 3, p. 190-197, 1984.

FIZ, J. A. et al. How many manoeuvres should be done to measure maximal inspiratory mouth pressure in patients with chronic airflow obstruction? **Thorax**, v. 44, p. 419-421, 1989.

FIZ, J. A. et al. Postural variation of the maximum inspiratory and expiratory pressures in normal subjects. **Chest**, v. 97, p. 313-314, 1990.

FIZ, J. A. et al. Postural variation of the maximum inspiratory and expiratory pressures in obese patients. **International Journal of Obesity**, v. 15, n. 10, p. 655-659, Oct. 1991.

GIBSON, G. J. Measurement of respiratory muscle strength. **Respiratory Medicine**, v. 89, p. 529-535, 1995.

GRAVES, J. E.; JAMES, R. J. Concurrent augmented feedback and isometric force generation during familiar and unfamiliar muscle movements. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 61, n. 1, p. 75-79, 1990.

GREEN, M. et al. Tests of Respiratory Muscle Strength. In: AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on Respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.166, p. 528-542, 2002.

HALD, R. D.; BOTTJEN, E. J. Effect of Visual Feedback on Maximal and Submaximal Isokinetic Test Measurements of Normal Quadriceps and Hamstrings. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.9, n.2, p. 86-93, 1987.

HARIK-KHAN, R. I.; WISE, R. A.; FOZARD, J. L. Determinants of Maximal Inspiratory Pressure. The Baltimore Longitudinal Study of Aging. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 158, p. 1459-1464, 1998.

HEIJDRRA, Y. F. et al. Effects of body position, hyperinflation, and blood gas tensions on maximal respiratory pressures in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Thorax**, v. 49, p. 453-458, 1994.

HOPPER, D. M. et al. The influence of visual feedback on Power during leg press on elite women field hockey players. **Physical Therapy in Sport**, v. 4, p. 182-186, 2003.

KELLIS, E.; BALZOPoulos, V. Resistive eccentric exercise: effects of visual feedback on maximum moment of knee extensors and flexors. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 23, n. 2, p. 120-124, Feb. 1996.

KERA, T.; MARUYAMA, H. Study of Influence Factor on Maximal Mouth Pressure Par I. – Influence of Posture. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 13, p. 153-160, 2001.

KIM, H. J.; KRAMER, J. F. Effectiveness of visual feedback during isokinetic exercise. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 26, n. 6, p. 318-323, Dec. 1997.

KNUDSON, R. J. et al. The maximal expiratory flow-volume curves. Normal standards variability and effect of age. **The American Review of Respiratory Disease**, v. 113, p. 587-600, 1976.

KOULOOURIS, N. et al. Comparison of two different mouthpieces for the measurement of Pimax and Pemax in normal and weak subjects. **European Respiratory Journal**, v. 1, n. 9, p. 863-867, 1988.

LARSON, J. L. et al. Maximal inspiratory pressure. Learning effect and test-retest reliability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Chest**, v.104, p. 448-453, 1993.

LAUER, M. et al. Exercise Testing in Asymptomatic Adults : a statement for professionals from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention. **Circulation**, v. 112, n. 5, p. 771-776, 2005.

LAUSTED, C. G. et al. Maximum static inspiratory and expiratory pressures with different lung volumes. **Biomedical Engineering Online**, v. 5, n. 29, p. 1-6, May 2006.

MAYOS, M. et al. Measurement of maximal static respiratory pressures at the mouth with different air leaks. **Chest**, v. 100, p. 364-366, 1991.

MCCONNELL, A. K.; COPESTAKE, A. J. Maximum Static Respiratory Pressures in Healthy Elderly Men and Women: Issues of Reproducibility and Interpretation. **Respiration**, v. 66, p. 251-258, 1999.

MIER-JEDRZEJOWICZ, A.; BROPHY, C.; GREEN, M. Respiratory muscle weakness during upper respiratory tract infections. **The American Review of Respiratory Disease**, v. 138, n. 1, p. 5-7, Jul. 1988.

MILLER, M. R. et al. Standardisation of spirometry. **European Respiratory Journal**, v. 26, n. 2, p. 319-338, 2005.

MOLENAAR, H. M. et al. Visual Feedback and Weight Reduction of a Grip Strength Dynamometer Do Not Increase Reliability in Healthy Children. **Journal of Hand Therapy**, v. 23, p. 272-280, 2010.

MONTEMEZZO, D. **Influência de quarto interfaces na mensuração das pressões respiratórias máximas**. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

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, 1999.

NG, G. Y.; STOKES, M. J. Maximal inspiratory and expiratory mouth pressures in sitting and half-lying positions in normal subjects. **Respiratory Medicine**, v. 85, n. 3, p. 209-211, May 1991.

NUNES, F. R. et al. Influence of visual feedback on pelvic floor muscle strength. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v. 151, p. 217-220, 2010.

ONAGA, F. I. et al. Influência de diferentes tipos de bocais e diâmetros de traqueias na manovacuometria. **Fisioterapia em Movimento**, v. 23, n. 2, p. 211-219, abr./jun. 2010.

PARREIRA, V. F. et al. Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 5, p. 361-368, set./out. 2007.

PEREIRA, C. A. C.; SATO, T.; RODRIGUES, S. C. Novos valores de referência para espirométrica forçada em brasileiros adultos de raça branca. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 4, p. 397-406, 2007.

PORTO, C. C. **Exame clínico: bases para a prática médica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 443 p.

RATNOVSKY, A.; ELAD, D.; HALPERN, P. Mechanics of respiratory muscles. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 163, p. 82-89, 2008.

REID, W. D.; DECHMAN, G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. **Physical Therapy**, v. 75, n. 11, p. 971-982, Nov. 1995.

RINGQVIST, T. The ventilatory capacity in healthy subjects. Na analysis of casual factors wuth special reference to the respiratory forces. **Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation**, v. 88, p. 5-179, 1966.

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

ROQUEJANI, A. C.; ARAÚJO, S.; OLIVEIRA, R. A. R. A. Influência da Posição Corporal na Medida da Pressão Inspiratória Máxima (P_{Imáx}) e da Pressão Expiratória Máxima (P_{Emáx}) em Voluntários Adultos Sadios. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 16, n. 4, p. 215-218, out./dez. 2004.

ROWLEY, K. L.; MANTILLA, C. B.; SIECK, G. C. Respiratory muscle plasticity. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 147, p. 235-251, 2005.

RUBINSTEIN, I. et al. Assessment of maximal expiratory pressure in healthy adults. **Journal of Applied Physiology**, v. 64, n. 5, p. 2215-2219, 1988.

SMYTH, R. J.; CHAPMAN, K. R.; REBUCK, A. S. Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents: normal values. **Chest**, v. 86, p. 568-572, 1984.

SOUZA, R. B. Pressões respiratórias estáticas máximas. In: RUBIN, A. S. et al. Diretrizes para testes de função pulmonar **Jornal de Pneumologia**, v. 28, n. 3, p. S155-S165, out. 2002.

SYABBALO, N. Assessment of respiratory muscle function and strength. **Postgraduate Medical Journal**, v. 74, p. 208-219, 1998.

TULLY, K. et al. Maximal Expiratory Pressures in Spinal Cord Injury Using Two Mouthpieces. **Chest**, v. 112, p. 113-116, 1997.

VOLIANITIS, S.; MCCONNELL, A. K.; JONES, D. A. Assessment of Maximum Inspiratory Pressure. **Respiration**, v. 68, p. 22-27, 2001.

WEN, A. S.; WOO, M. S.; KEENS, T. G. How many maneuvers are required to measure maximal inspiratory pressure accurately? **Chest**, v. 111, p. 802-807, 1997.

WIJKSTRA, P. et al. Peak inspiratory mouth pressure in healthy subjects and in patients with COPD. **Chest**, v. 107, p. 652-656, 1995.

WINDISCH, W. et al. Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best? **European Respiratory Journal**, v. 23, p. 708-713, 2004.

ANEXO

Parecer favorável do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da
Universidade Federal de Juiz de Fora – MG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
HOSPITAL HUNIVERSITÁRIO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP-HU CASUFJF
RUA CATULO BREVIGLIERI S/Nº - R. SANTA CATARINA
JUIZ DE FORA - M.G.
36036-110- JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

Parecer nº. 0121/2009

Protocolo CEP-UFJF: 0106/09 ER: 282983 CAAE: 0106.0.420.000-09

Projeto de Pesquisa: Avaliação da força e da ativação da musculatura respiratória em indivíduos asmáticos

Versão do Protocolo e Data: 22 de setembro de 2009

Grupo: III

Pesquisador Responsável: José Marques Novo Júnior

TCE: 22 de setembro de 2009

Pesquisadores Participantes: Cristina Martins Coelho

Eduardo José Danza Vicente

David Sérgio Adães de Gouvêa

Rosa Maria de Carvalho

Instituição: Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora

Sumário/comentários do protocolo:

- Justificativa: Dentre as patologias que podem afetar os músculos respiratórios destaca-se a asma. Trata-se de uma doença inflamatória crônica, caracterizada por hiperresponsividade das vias aéreas inferiores e por limitação variável ao fluxo aéreo, reversível espontaneamente ou com tratamento. Sua principal característica fisiopatogênica é a inflamação brônquica, a qual está presente em todos os pacientes, inclusive naqueles com asma de início recente, nas formas leves da doença e até mesmo entre assintomáticos. Uma vez detectada a fraqueza muscular respiratória, pode-se iniciar um programa de treinamento muscular respiratório, visando ao condicionamento desta musculatura. Dentre os métodos de treinamento muscular respiratório, destaca-se o *threshold loading*, no qual uma carga linear é imposta aos músculos respiratórios, a qual deve ser superada para que haja fluxo inspiratório ou expiratório. Tal método apresenta a vantagem de ser independente do fluxo aéreo, mantendo a mesma carga resistiva em diferentes fluxos respiratórios. Apesar de muito difundido na prática clínica, a eficácia do treinamento muscular respiratório em diversos grupos de indivíduos ainda é bastante controversa. Em relação ao treino muscular inspiratório para indivíduos com asma, embora alguns estudos apresentem resultados positivos sobre a força muscular, parâmetros de sintomatologia e uso de medicamentos, em revisão sistemática da literatura, afirmaram não haver evidências suficientes para afirmar que o treinamento muscular respiratório proporciona benefício clínico para pacientes asmáticos, em virtude principalmente da escassez de trabalhos metodologicamente confiáveis. Estudos demonstraram aumento significativo da ativação da musculatura inspiratória acessória durante o *threshold loading* entre os portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) comparada a indivíduos saudáveis. Sendo assim, acredita-se que o estudo do comportamento dinâmico das pressões respiratórias estáticas máximas aliadas à avaliação dos padrões de ativação muscular durante o treinamento muscular respiratório em indivíduos asmáticos possa ser de grande utilidade para o entendimento do impacto da doença sobre os músculos respiratórios, bem como para a melhor compreensão dos métodos de treinamento e subsequente prescrição do condicionamento muscular respiratório para esta população.
- Objetivo: Identificar as características dinâmicas das curvas pressão-tempo desenvolvidas durante os testes de pressões respiratórias estáticas máximas por indivíduos asmáticos e saudáveis.
- Metodologia: Os voluntários serão submetidos a uma seqüência padronizada de avaliações, conforme descrito abaixo:
- Avaliação das características antropométricas: peso, altura e índice de massa corporal, utilizando balança antropométrica mecânica para adulto, disponível no local de realização das avaliações;

Prof. Dr. ...
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
HU/CASUFJF



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
HOSPITAL HUNIVERSITÁRIO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP-HU CASUFJF
RUA CATULO BREVIGLIERI S/Nº - B. SANTA CATARINA
JUIZ DE FORA - M.G.
36016-110 - JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

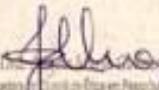
- Avaliação da frequência respiratória de repouso, contada em um minuto, com o indivíduo em decúbito dorsal;
- Avaliação da mobilidade torácica, conforme descrito por Kakizaki e colaboradores (1999): será utilizada uma trena antropométrica colocada nas regiões axilar e xifóidea do tórax para medir o diâmetro em cada uma dessas regiões, tanto na inspiração máxima quanto na expiração máxima. O indivíduo estará em decúbito dorsal, com trílice flexão dos membros inferiores. A mobilidade torácica axilar e xifóidea serão consideradas como a diferença entre os valores dos diâmetros encontrados na inspiração e expiração máximas nas respectivas regiões;
- Avaliação espirométrica, na qual serão avaliados os volumes e capacidades pulmonares estáticos e dinâmicos;
- Avaliação das pressões respiratórias estáticas máximas: serão avaliadas de acordo com o protocolo proposto por Black e Hyatt (1969). As avaliações serão realizadas com o indivíduo na posição sentada, utilizando clipe nasal para impedir escape aéreo pelas narinas. Os indivíduos receberão explicação prévia acerca da realização da manobra. A seguir, será realizado um sorteio para definir qual mensuração ocorrerá inicialmente. No caso da mensuração com o manovacuômetro aneróide, será utilizado um dispositivo da marca GERAR®, com intervalo operacional de ± 300 cmH₂O, conectado a um circuito plástico que termina em bocal.
- Revisão e referências: atualizada, sustentam os objetivos do estudo.
- Características da população a estudar: Serão incluídos na amostra indivíduos com diagnóstico médico de asma há pelo menos seis meses e que não tenham apresentado crise de asma ou infecção das vias aéreas superiores nos 30 dias anteriores à coleta dos dados. Os indivíduos asmáticos serão subdivididos em dois grupos, levando-se em consideração o nível de controle da asma, de acordo com as recomendações propostas pela Global Initiative for Asthma (2008).
- Orçamento e responsável pelo financiamento da pesquisa são apresentados e o responsável pela pesquisa será o pesquisador principal.
- Cronograma: contem agenda para realização de diversas etapas de pesquisa, observando que a coleta de dados ocorrerá após aprovação do projeto pelo comitê. Início desta etapa previsto para janeiro de 2010.
- Identificação dos riscos e desconfortos possíveis e benefícios esperados estão discriminados adequadamente no corpo do projeto.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – O TCLE está em linguagem adequada, clara para compreensão dos participantes do estudo, com descrição suficiente dos procedimentos, explicitação de riscos e forma de contato com o pesquisador e demais membros da equipe.
- O pesquisador apresenta experiência e qualificação para a coordenação do estudo. Demais membros da equipe também apresentam qualificação para atividade que desempenharão durante o estudo.

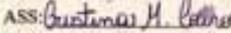
Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP-HU CAS - UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 196/96 e suas complementares manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

Salientamos que o pesquisador deverá encaminhar a este comitê o relatório final da pesquisa.

Situação: Projeto Aprovado

Juiz de Fora, 23 de novembro de 2009.

Prof.^a 
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
HU CAS - UFJF

<p>RECEBI</p> <p>DATA: 09 / 12 / 2009</p> <p>ASS: </p>

APÊNDICE 1

Termo de Consentimento livre e esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
 COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP HU/UFJF
 JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

DEPARTAMENTO DE FUNDAMENTOS DA FAEFID-UFJF
 PROF. DR. JOSÉ MARQUES NOVO JUNIOR
 ENDEREÇO: AV. SENHOR DOS PASSOS, 2492, CONDOMÍNIO COLINAS DO IMPERADOR, BARRIO SÃO PEDRO
 CEP: 36037-490 – JUIZ DE FORA – MG
 FONE: (32) 3236-5915 / 9106-1520
 E-MAIL: JOSE.MARQUES@UFJF.EDU.BR

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa "AVALIAÇÃO DA FORÇA E DA ATIVAÇÃO DA MUSCULATURA RESPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS ASMÁTICOS". Neste estudo pretendemos avaliar os impactos da asma brônquica sobre a musculatura respiratória. O motivo que nos leva a estudar refere-se à grande relevância clínica do tema em questão.

- Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos:
 - Características antropométricas - peso, altura e índice de massa corporal (IMC), através de balança antropométrica adulta;
 - Avaliação da frequência respiratória, contando-se o número de incursões respiratórias em um minuto;
 - Mobilidade torácica - medida de diâmetros torácicos, utilizando-se fita métrica, em situação de respiração tranqüila, inspiração e expiração máximas;
 - Espirometria: trata-se da medida dos volumes e capacidades pulmonares. Será medida com um aparelho denominado espirômetro. Uma destas medidas, denominada medida da capacidade residual funcional pela diluição do Hélio em circuito fechado com respirações múltiplas, envolverá a reinalação do gás Hélio, um gás não-tóxico e que não provoca irritação para o sistema respiratório;
 - Pressões inspiratória e expiratória máximas – medida dos esforços inspiratório e expiratório máximos. Serão utilizados dois aparelhos: um intitulado manovacuômetro aneróide e outro transdutor de pressão (manovacuômetro computadorizado);
 - Eletromiografia dos músculos respiratórios: serão avaliados os níveis de ativação de dois músculos, denominados esternocleidomastóideo e diafragma, enquanto o indivíduo inspira e expira através de um dispositivo esterilizado denominado Threshold IMT®. Para isso, serão colocados eletrodos descartáveis na região lateral do pescoço e lateral e anterior do tórax. Caso seja necessário, serão retirados os pêlos do local com lâmina de barbear descartável e estéril, que será desprezada logo após a utilização.

Este estudo apresenta risco mínimo para sua pessoa e não resultará em benefício financeiro e/ou pessoal de qualquer ordem.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a


 Prof. Dr. José Marques Novo Junior
 Comitê de Ética em Pesquisa
 HU/CAE/UFJF



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP HU/UFJF
JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O (A) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Laboratório de Avaliação Física do CAS-HU e a outra será fornecida a você.

Não haverá risco, se por ventura houver será ressarcido pelo pesquisador responsável.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos do estudo "AVALIAÇÃO DA FORÇA E DA ATIVAÇÃO DA MUSCULATURA RESPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS ASMÁTICOS", de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 20 _____.

Nome _____ Assinatura participante _____ Data _____

Nome _____ Assinatura pesquisador _____ Data _____

Nome _____ Assinatura testemunha _____ Data _____

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o
CEP HU - COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA HU/UFJF
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO UNIDADE SANTA CATARINA
PRÉDIO DA ADMINISTRAÇÃO SALA 27
CEP 36036-110
E-mail: cep.hu@ufjf.edu.br

Profa. Dra. Jéssica Maria Gualter
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
HU/UFJF