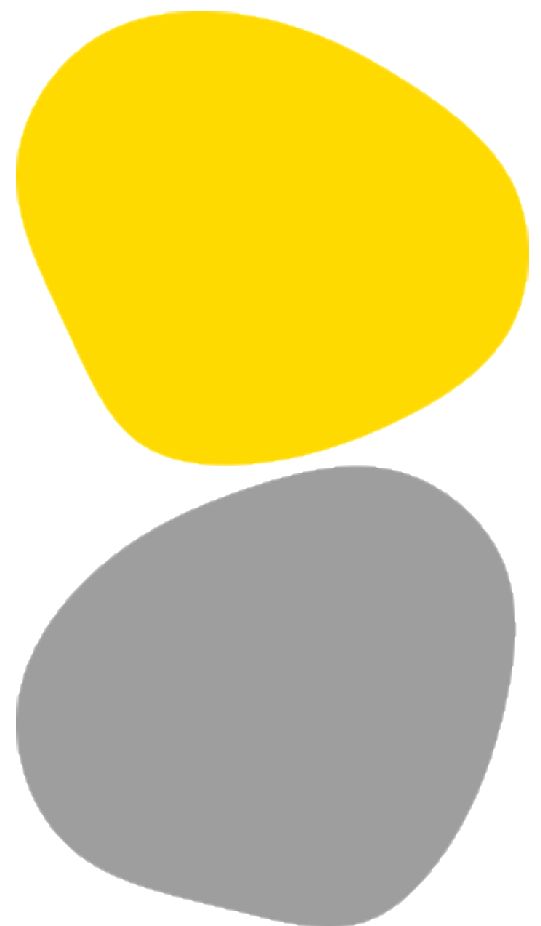




Força muscular respiratória e sua associação com a performance de testes funcionais dos membros inferiores em adultos saudáveis: Um estudo observacional analítico transversal

Francisco Borges





**Força muscular respiratória e a sua associação com a performance de testes funcionais
dos membros inferiores em adultos saudáveis: Um estudo observacional analítico
transversal**

Autor

Francisco Borges

Orientador(es)

MSc, PhD/António Mesquita Montes/ Professor Doutor Adjunto da ATC de Fisioterapia

MSc, PhD/Andreia Noites/ Professora Doutora Coordenadora da ATC de Fisioterapia

*Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Mestre em **Fisioterapia** –
Ramo/Área de Especialização em **Cardiorrespiratória** pela
Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.*



Agradecimentos

A realização desta tese não teria sido possível sem o apoio de todos aqueles que, de diferentes formas, me acompanharam neste caminho. Agradeço à minha família, pela paciência, compreensão e incentivo incondicional. Aos meus colegas e amigos pela motivação e pelas palavras de encorajamento nos momentos mais exigentes. Também, aos meus orientadores que ajudaram a dar forma à ideia inicial que eu tinha para esta dissertação e pelo seu apoio durante a construção deste trabalho final.



Resumo

Objetivo: Explorar associações entre a força muscular respiratória e indicadores da capacidade funcional

Metodologia: Foi realizado um estudo observacional analítico transversal realizado em adultos saudáveis entre os 18 e os 82 anos. Foram recolhidos dados sociodemográficos e antropométricos. Também, foi medida a pressão inspiratória máxima (PIM) e um teste de carga incremental (TCI), assim como o teste de levantar e sentar de 1 minuto (TLS1M) e o teste de *step* de 6 minutos (TS6M). A análise estatística explorou as associações entre estas variáveis através de coeficientes de Spearman e modelos de regressão linear, para um nível de significância de 0,05.

Resultados: Foram incluídos 82 indivíduos (65,9% do sexo feminino), com mediana de idades de 32,5 anos. Foram encontradas correlações significativas, positivas e moderadas, entre a PIM e ambos os testes funcionais (TLS1M: $\rho=0,386$, $p<0,001$; TS6M: $\rho=0,429$, $p<0,001$), assim como entre o TCI e o TLS1M (TCI (s): $\rho=0,363$, $p<0,001$; TCI (%PIM): $\rho=0,357$, $p<0,001$). Os modelos de regressão linear simples demonstraram R^2 s semelhantes entre a PIM ($R^2=15,1\%$) e o TCI (s) ($R^2=18,0\%$) no TLS1M e distintas no TS6M ($R^2=26,5\%$ e $R^2=10,9\%$, respetivamente).

Conclusão: Ambas as vertentes da força muscular respiratória influenciam significativamente a capacidade funcional avaliada através destes testes funcionais.

Palavras-chave: Músculos Respiratórios; Teste de exercício; Pressões Respiratórias Máximas



Abstract

Objective: To explore associations between respiratory muscle strength and indicators of functional capacity.

Methods: An analytical cross-sectional observational study was conducted in healthy adults aged between 18 and 82 years. Sociodemographic and anthropometric data were collected. Maximal inspiratory pressure (MIP) and an incremental threshold loading test (ITL) were performed, as well as the 1-minute sit-to-stand test (1MSTS) and the 6-minute step test (6MST). Statistical analysis explored the associations among these variables using Spearman's coefficients and linear regression models, with a significance level of 0,05.

Results: Eighty-two individuals (65.9% female) were included, with a median age of 32.5 years. Significant, positive, and moderate correlations were found between MIP and both functional tests (1MSTS: $\rho=0.386$, $p<0.001$; 6MST: $\rho=0.429$, $p<0.001$), as well as between ILT and the 1MSTS (ILT (s): $\rho=0.363$, $p<0.001$; ILT (%MIP): $\rho=0.357$, $p<0.001$). Simple linear regression models showed similar R^2 values between MIP ($R^2=15.1\%$) and ILT (s) ($R^2=18.0\%$) for the 1MSTS, and distinct values for the 6MST ($R^2=26.5\%$ and $R^2=10.9\%$, respectively).

Conclusion: Both dimensions of respiratory muscle strength significantly influence functional capacity as assessed by these functional tests.

Keywords: Respiratory Muscles; Exercise Test; Maximal Respiratory Pressures



Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Métodos.....	3
2.1.	Desenho de estudo e contexto.....	3
2.2.	Participantes.....	3
2.3.	Recolha de dados.....	4
2.3.1.	Questionário Inicial.....	4
2.3.2.	Avaliação presencial.....	4
2.3.3.	Dados antropométricos.....	5
2.3.4.	Força muscular máxima respiratória.....	5
2.3.5.	Força muscular de resistência respiratória.....	6
2.3.6.	Teste de Levantar e Sentar de 1 Minuto.....	6
2.3.7.	Teste de <i>Step</i> de 6 Minutos.....	7
2.4.	Viés.....	7
2.5.	Tamanho da amostra e variáveis quantitativas.....	8
2.6.	Análise estatística.....	8
3.	Resultados.....	9
3.1.	Participantes.....	9
3.2.	Caraterização da amostra.....	9
3.3.	Correlações.....	11
3.4.	Modelos de regressão linear.....	12
3.4.1.	TLS1M.....	12
3.4.2.	TS6M.....	14
4.	Discussão.....	16
5.	Conclusão.....	20
	Referências Bibliográficas.....	21



1. Introdução

A avaliação da mecânica, estrutura e função muscular respiratória é crucial não só em contextos clínicos, mas também em vários cenários de saúde e desempenho físico (Laveneziana et al., 2019). Essa importância torna-se ainda mais evidente quando consideramos certas populações. Em adultos mais velhos, o declínio da força muscular respiratória associado ao envelhecimento pode afetar negativamente a capacidade funcional (Watsford et al., 2007). Por outro lado, em atletas, o desempenho dos músculos respiratórios pode influenciar diretamente a performance desportiva. (Fernández-Lázaro et al., 2021; Karsten et al., 2018). Também em indivíduos com patologias respiratórias, como a DPOC, é importante esta avaliação, que pode ser indicativa do risco da exacerbação da doença. Assim, tem também um papel importante na formulação das estratégias de intervenção e na diminuição do risco de hospitalizações em populações com patologia respiratória (Furukawa et al., 2025; Orozco-Levi, 2003; Vilaró et al., 2010).

A força muscular máxima respiratória é definida pela capacidade do sistema muscular respiratório gerar um diferencial de pressão intrapleural máximo servindo como um indicador importante usado na avaliação da função dos músculos respiratórios (Shah et al., 2024; Tudorache et al., 2010). Estudos apontam correlações entre esta medida e variáveis fisiológicas relevantes, bem como com testes funcionais, como o teste de marcha de 6 minutos e o teste de levantar e sentar de 1 minuto (Formiga et al., 2023; Lista Paz et al., 2016; Pehlivan et al., 2024; Phillips et al., 2022; Santos et al., 2014; Shah et al., 2024; Tudorache et al., 2010; van der Esch et al., 2004). No entanto, existe alguma controvérsia nesta temática com alguns estudos a referirem que pressões máximas raramente são atingidas durante o nosso quotidiano, questionando a relevância clínica destas em detrimento de métricas associadas à força muscular de resistência respiratória (European Respiratory Society, 2005; Gokcen et al., 2021; Larribaut et al., 2020). Estas últimas, que podem ser estimadas pela capacidade de sustentar um nível de trabalho ventilatório incremental até à falha da tarefa, parecem ser mais relevantes no contexto das atividades funcionais ("ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing," 2002; Larribaut et al., 2020). Métodos como os testes de carga incremental têm mostrado aplicabilidade para avaliação da força muscular de resistência respiratória, permitindo uma análise do trabalho dos músculos respiratórios a um nível submáximo, semelhante ao exigido no quotidiano (Gokcen et al., 2021). Adicionalmente, diferentes protocolos são caracterizados com reprodutibilidade elevada e apropriados para medir a resistência muscular respiratória



(Areias et al., 2024; Johnson et al., 1997; Woszezenki et al., 2017). Esta prática é particularmente valiosa devido à sua independência de padrões respiratórios e pela reprodutibilidade mesmo em populações não familiarizadas com o teste (Johnson et al., 1997). Além disso, avanços tecnológicos em dispositivos portáteis e sistemas digitais têm ampliado a acessibilidade e a precisão das medições, favorecendo o seu uso em diversas populações e ambientes clínicos (Stavrou et al., 2021).

A relevância da força muscular respiratória nas atividades do quotidiano pode ter como mecanismo subjacente o metaborreflexo dos músculos respiratórios descrito em Dempsey et al. Este reflexo é caracterizado por um aumento da atividade simpática aquando da fadiga dos músculos respiratórios que, por sua vez, causa vasoconstrição na musculatura locomotora, redirecionando o fluxo sanguíneo para os músculos respiratórios. Embora este reflexo assegure a manutenção da função da musculatura respiratória, a diminuição da perfusão da musculatura periférica pode comprometer a capacidade funcional do indivíduo (André & Souza, 2020; McConnell & Lomax, 2006; Ribeiro et al., 2012; Romer et al., 2006). A capacidade funcional é o potencial máximo de uma pessoa para a realização de uma atividade funcional, num ambiente controlado e padronizado (como por exemplo, teste de marcha de 6 minutos e o teste de levantar e sentar de 1 minuto) diferindo-se conceptualmente da performance funcional e da capacidade de exercício (Bui et al., 2017). Para além das associações deste conceito com a força muscular máxima respiratória já mencionadas, estudos demonstram também que existem relações significativas entre o treino dos músculos inspiratórios e a capacidade funcional, sendo que protocolos de diferentes intensidades parecem melhorar a capacidade funcional e qualidade de vida de indivíduos com insuficiência cardíaca (Gomes Neto et al., 2018; Katayıfçı et al., 2022). Também, em indivíduos com doença renal crónica foram encontrados achados semelhantes (de Medeiros et al., 2017). Não obstante, a literatura relativa à avaliação da força muscular de resistência dos músculos respiratórios parece ainda ser algo limitada, mostrando a relevância de mais estudos neste sentido. Posto isto, o presente estudo tem como objetivo explorar as associações entre a força muscular de resistência respiratória e indicadores da capacidade funcional, contribuindo para o preenchimento desta lacuna na literatura e comparando estas associações com a força muscular máxima respiratória.



2. Métodos

2.1. Desenho de estudo e contexto

Este estudo é um estudo observacional analítico transversal tendo sido descrito pelas diretrizes da STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology (STROBE). A recolha de dados foi realizada maioritariamente em contexto comunitário, clínico e nas instalações da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto de maio a agosto de 2025.

2.2. Participantes

Para o presente estudo, todos os indivíduos considerados saudáveis, maiores de 18 anos e residentes na área metropolitana do Porto foram selecionados. Foram incluídos indivíduos que apresentem comorbilidades comuns associadas com a idade, como a diabetes, hipercolesterolemia e hipertensão arterial. Estes critérios estão alinhados com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde que definem “saúde” como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença” (Marques et al., 2020).

Foram excluídos todos aqueles que apresentassem doença respiratória aguda (<4 semanas) ou crónica; patologia cardíaca; sinais de afetação cognitiva e/ou neuromuscular; afetação musculoesquelética significativa que possa interferir com a realização dos testes. Indivíduos que usem auxiliares de marcha e que apresentem fatores de risco para patologia pulmonar (fumadores e profissões que estejam em contacto com fumos/gases) foram também excluídos.

A recolha foi realizada de modo não probabilístico por conveniência, tendo o estudo sido divulgado nas redes sociais “Instagram” e “Facebook” dos investigadores através dos “stories”. Havia também a possibilidade de partilha do conteúdo pelos seguidores destas mesmas redes sociais. Este primeiro contacto forneceu uma visão geral do projeto de investigação. Os indivíduos que aceitaram participar voluntariamente foram posteriormente contactados via mensagem pela equipa de investigação para agendar uma sessão de recolha de dados presencial.



2.3. Recolha de dados

A recolha de dados foi realizada num único momento de avaliação, dividido em duas fases. Na primeira fase, um questionário online no *Microsoft Forms* foi preenchido com a finalidade de aplicar os critérios de elegibilidade do estudo e recolher alguns dados para a caracterização da amostra. Numa segunda fase foi realizada uma avaliação presencial apenas com os participantes elegíveis.

2.3.1. Questionário Inicial

A primeira secção do questionário incluiu dados sociodemográficos (idade e sexo), antropométricos (massa corporal, altura e índice de massa corporal) e clínicos (comorbilidades e estado tabágico, ou seja, se o indivíduo é fumador atual, ex-fumador ou nunca fumou). A segunda secção avaliava os níveis de atividade física (AF), utilizando o instrumento de avaliação "Brief physical activity assessment tool". Este questionário consiste em duas perguntas que consideram a frequência e a duração da AF moderada e vigorosa durante uma semana normal. Cada pergunta é classificada numa escala de 0 a 4. A pontuação total varia de 0 a 8 e permite classificar o indivíduo como "insuficientemente ativo" (pontuação 0-3) ou "suficientemente ativo" (pontuação >4) (Vilarinho et al., 2025). A terceira secção avaliava a severidade das comorbilidades, utilizando o Charlson Comorbidity Index (CCI) e os indivíduos foram divididos em quatro grupos: score total CCI de 0, 1 a 2, 3 a 4 e ≥ 5 (Charlson et al., 1987).

2.3.2. Avaliação presencial

Num segundo momento de avaliação foi realizada uma avaliação presencial pelos investigadores, apenas com os participantes elegíveis para este estudo, após serem aplicados os critérios de inclusão e exclusão. Este momento serviu para avaliar os dados de composição corporal, assim como teste da pressão inspiratória máxima (PIM) e o teste de carga incremental (TCI). Além disto, foram também avaliados o teste de levantar e sentar de 1 minuto (TLS1M) e o teste de step de 6 minutos (TS6M). No início da avaliação presencial foi preenchido um consentimento informado pelos participantes que garantia que todos os participantes estavam cientes dos riscos da avaliação e que iriam ser tomadas medidas para a diminuição dos mesmos. Para isto, os sinais vitais dos participantes (saturação de oxigénio no sangue, frequência cardíaca e pressão arterial) eram avaliados antes, durante e



após os testes e foram definidos critérios de segurança e de paragem da testagem segundo a ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. O consentimento informado referia também a plausibilidade de recusa e abandono da recolha a qualquer altura, sem qualquer penalização para o participante.

2.3.3. Dados antropométricos

Para a medição da massa corporal e da altura foram usadas uma balança digital e uma fita métrica flexível de 150 centímetros, respetivamente.

Para medir a altura (cm) os participantes ficaram descalços, com os pés juntos e os calcanhares a tocar na parede, mantendo uma postura ereta, com a cabeça alinhada e a olhar em frente. Colocou-se um objeto reto, sobre a cabeça, garantindo que estivesse horizontal, e fez-se uma marca na parede no ponto de contato. Com uma fita métrica, mediu-se a distância entre o chão e a marca feita na parede, assegurando que a fita estivesse esticada corretamente. Para maior precisão, a medição foi repetida, garantindo que a pessoa estivesse na postura adequada.

Como o objetivo de medir a massa corporal (Kg) os participantes mantiveram-se descalços e subiram para a balança. O valor apresentado no ecrã da balança foi registado.

O IMC foi posteriormente calculado usando a fórmula $\frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Altura (m)}^2}$.

2.3.4 Força muscular máxima respiratória

A força muscular máxima respiratória foi avaliada usando o *POWERbreathe K5* (POWERbreathe International Ltd, Warwickshire, Inglaterra). A Pressão Inspiratória Máxima (PIM) foi usada para quantificar a força muscular máxima inspiratória.

A medição da PIM foi realizada com os participantes na posição de sentado, utilizando uma peça bucal firmemente mantida pelos lábios para evitar fugas, bem como um clipe nasal descartável para prevenir a respiração nasal. Para avaliar a PIM, foi realizada uma inspiração forçada e máxima (manobra de Muller) partindo do volume residual. Cada manobra foi incentivada verbalmente. Foram registadas três manobras reprodutíveis (+/- 15%) num máximo de 5 manobras, de acordo com os padrões da ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002. Destas, foi selecionado o valor máximo obtido sendo que uma maior pressão alcançada durante estas manobras significa uma melhor performance neste teste.



2.3.5 Força muscular de resistência respiratória

O mesmo dispositivo foi usado para avaliar a força muscular de resistência respiratória. A medição da PIM foi usada para definir os patamares para a medição do Teste de Carga Incremental (TCI) que, por sua vez, foi usado para quantificar a força muscular de resistência respiratória.

O TCI foi realizado com os mesmos pressupostos (posição de sentado, peça bucal e clipe nasal) que a medição da PIM. Neste teste, os participantes foram instruídos a ventilar continuamente através de uma válvula com resistência inspiratória que, no patamar inicial, correspondia a 30% da PIM. A cada 2 minutos aumentou-se um patamar, correspondendo a um aumento de 10% da PIM. Os participantes foram encorajados a continuar cada vez que a resistência era aumentada ("Este patamar terminou, irei aumentar a resistência. Continue com o bom trabalho") ("ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing," 2002). O tempo atingido neste teste foi apresentado em segundos (TCI(s)) e o patamar como uma % da PIM (%PIM). Se houvesse uma alteração significativa do volume corrente, padrão e frequência respiratória o teste era parado pelo investigador. Ao contrário da medição da PIM, uma maior pressão alcançada não significa por si só uma melhor performance durante este teste. Um maior tempo de teste tolerado e patamar alcançado refletiram de melhor forma a performance do participante.

2.3.6 Teste de Levantar e Sentar de 1 Minuto

O teste de levantar e sentar de 1 minuto (TLS1M) teve como objetivo avaliar a capacidade funcional dos participantes através da performance dos membros inferiores. No fim do teste, o número de repetições realizadas foi registado, onde um maior número de repetições representou melhor performance. Este teste consistiu na execução do movimento de "Levantar" e "Sentar" o maior número de vezes possível durante 1 minuto, respeitando a tolerância de cada indivíduo. Os participantes iniciaram o TLS1M numa cadeira com uma altura padronizada de 45 cm, sem apoios de braço e com apoio posterior da cadeira. Iniciaram o teste com as costas encostadas ao apoio posterior da cadeira e foram instruídos a levantar e sentar na cadeira com os braços cruzados e apoiados nos ombros, o maior número de vezes possível durante um minuto. Apenas foi contada uma repetição se um levantamento completo fosse realizado (joelhos em extensão completa), a finalizar com o toque da região glútea na cadeira. Os participantes podiam descansar durante o teste, no



entanto o temporizador não era pausado durante esse tempo. Se aquando do término do temporizador o participante estivesse a meio de uma repetição, essa repetição era também contabilizada (Furlanetto et al., 2022; Keen et al., 2023). O início do teste foi sinalizado com “3, 2, 1, Vai” e, ao fim de 1 minuto, terminado com “Parou”.

2.3.7 Teste de Step de 6 Minutos

O teste de *step* de 6 minutos (TS6M) teve como objetivo avaliar a capacidade funcional dos participantes através da performance dos membros inferiores. Tal como no TLS1M, o número de repetições realizadas foi registado, onde um maior número de repetições representou melhor performance. Este teste consistiu na execução do movimento de “Subir” e “Descer” uma plataforma o maior número de vezes possível durante 6 minutos, respeitando a tolerância de cada indivíduo. Para a realização do TS6M foi usada uma plataforma de 20 cm de altura e os participantes foram instruídos, estando sempre orientados no mesmo sentido, a subir e descer o mesmo lado da plataforma o mais rápido possível durante 6 minutos. Também foram informados que tinham a liberdade para diminuir a velocidade ou mesmo parar para descansar. Como no 1MSTS, o início do teste foi sinalizado com “3, 2, 1, vai” e, no final dos 6 minutos, terminado com “Parou”. Encorajamento foi dado a cada minuto de acordo com as recomendações da ATS para o teste de marcha de 6 minutos (Crapo; Robert O. et al., 2002).

2.4 Viés

De forma a diminuir o risco de viés de mensuração (Botelho et al., 2010), foram usados os mesmos modelos de cadeira para a realização do 1MSTS e os mesmos modelos de *step* para o 6MSTS. Adicionalmente, os aparelhos usados para a medição do PIM e do TCI eram de igual modelo e operavam segundo a mesma versão de software. Por último, as fitas métricas usadas para a medição da altura eram do mesmo lote.

Para além disto, e de forma a diminuir o risco de viés de observador (Botelho et al., 2010), um protocolo “passo-a-passo” e vídeos da realização dos testes foram criados, uniformizando as recolhas, assim como a explicação dos testes aos participantes.

A sequência da recolha dos testes foi determinada por randomização através duma roleta aleatória com 3 parâmetros possíveis: TLS1M, 6MST e teste respiratório. Os testes funcionais não podiam ser realizados de forma consecutiva. Similarmente, os testes



respiratórios não podiam ser realizados de forma consecutiva, sendo que a realização do TCI tinha como pressuposto a medição prévia da PIM, necessária para a definição de patamares deste teste.

2.5 Tamanho da amostra e variáveis quantitativas

O tamanho da amostra para este estudo foi calculado através do software GPower. O tamanho da amostra foi calculado com base nos primeiros 30 participantes. Esta análise demonstrou que a correlação significativa mais baixa era de 0,389 que, para um nível de significância de $p < 0,050$ e um poder estatístico de 95%, exige um mínimo de 80 participantes para obter um poder estatístico robusto. Em termos da regressão linear múltipla o n amostral exigido pelo f^2 dos modelos criados era significativamente inferior ao das correlações.

As variáveis quantitativas que correspondiam à idade e performance durante os testes respiratórios e funcionais foram tratadas como tal. Para a análise estatística os níveis de atividade física relatados no *Brief physical activity assessment tool* foram transformados em variáveis binárias ("0" e "1" correspondendo a ser "Insuficientemente ativo" e "Suficientemente ativo", respetivamente).

2.6 Análise estatística

A análise estatística foi realizada usando o IBM SPSS Statistics 29.0.2.0 (IBM Corporation, Armonk, Nova Iorque, Estados Unidos da América). O nível de significância estatística usado foi de 0,050. A normalidade dos dados foi testada usando o teste Kolmogorov-Smirnov. A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar a amostra através das variáveis idade, sexo, dados antropométricos e níveis de atividade física dos participantes. Para isto, foram descritas as médias e respetivos desvios-padrão, assim como as medianas e os percentis de 25 e 75. O mesmo processo foi realizado para caracterizar a performance dos participantes nos testes funcionais e respiratórios.

Dado que a normalidade não se verificou na maioria das variáveis em estudo, o coeficiente de Spearman foi utilizado para analisar as correlações entre as variáveis dependentes (TLS1M e TS6M) e as variáveis independentes (PIM, TCI (s) e TCI (%PIM)). A força das



correlações foi considerada fraca ($0,10 < \rho < 0,29$), moderada ($0,30 < \rho < 0,49$) ou forte ($\rho > 0,50$) (Cohen, 1988).

Posteriormente, e de forma a estudar a causalidade entre as variáveis, foram criados modelos de regressão linear com as variáveis com maior valor de correlação de ambas as vertentes da força muscular respiratória. Para estudar a independência dos efeitos das variáveis independentes em estudo sobre a variável dependente, estes modelos foram posteriormente ajustados a variáveis de confundimento (idade e nível de atividade física). O R^2 foi analisado para perceber a capacidade explicativa do modelo e o tamanho efeito dos modelos foi considerado como fraco ($0,020 < R^2 < 0,129$), moderado ($0,130 < R^2 < 0,259$) ou forte ($R^2 > 0,260$) (Cohen, 1988).

3. Resultados

3.1 Participantes

No presente estudo, obtiveram-se 130 respostas ao questionário inicial, das quais 4 indivíduos não aceitaram participar no estudo. Vinte indivíduos foram excluídos por não cumprirem os critérios de elegibilidade previamente definidos. Assim, foram contactados 106 participantes, dos quais 82 completaram a avaliação presencial. Os 24 restantes não responderam às tentativas de contacto ou recusaram participar na avaliação presencial (figura 1).

3.2 Caracterização da amostra

As idades dos participantes ficaram restritas num intervalo dos 18 aos 82 anos e a amostra foi constituída por 54 (65,9%) participantes do sexo feminino. A percentagem de participantes suficientemente e insuficientemente ativos foi semelhante (cerca de 50%). A médias, medianas, n amostral e respetivas medidas de dispersão para estas variáveis, assim como para alguns dados antropométricos dos participantes podem ser analisadas na Tabela 1.

Relativamente às variáveis de interesse, o desempenho na realização do TLS1M situou-se entre as 13 e as 75 repetições, enquanto que no TS6M variou entre as 35 e as 336 repetições (1 participante atingiu a frequência cardíaca máxima aos 5 minutos e 51 segundos, tendo sido registadas 151 repetições). Já no que toca às variáveis respiratórias, o valor mínimo da PIM obtida foi de 35 e o máximo foi de 175 cmH₂O, enquanto que os intervalos do TCI (s) e do TCI (%PIM) se localizaram entre os 78 e os 860 segundos e entre



os 30 e os 100% da PIM, respetivamente. A estatística descritiva destas variáveis pode ser analisada na Tabela 2.

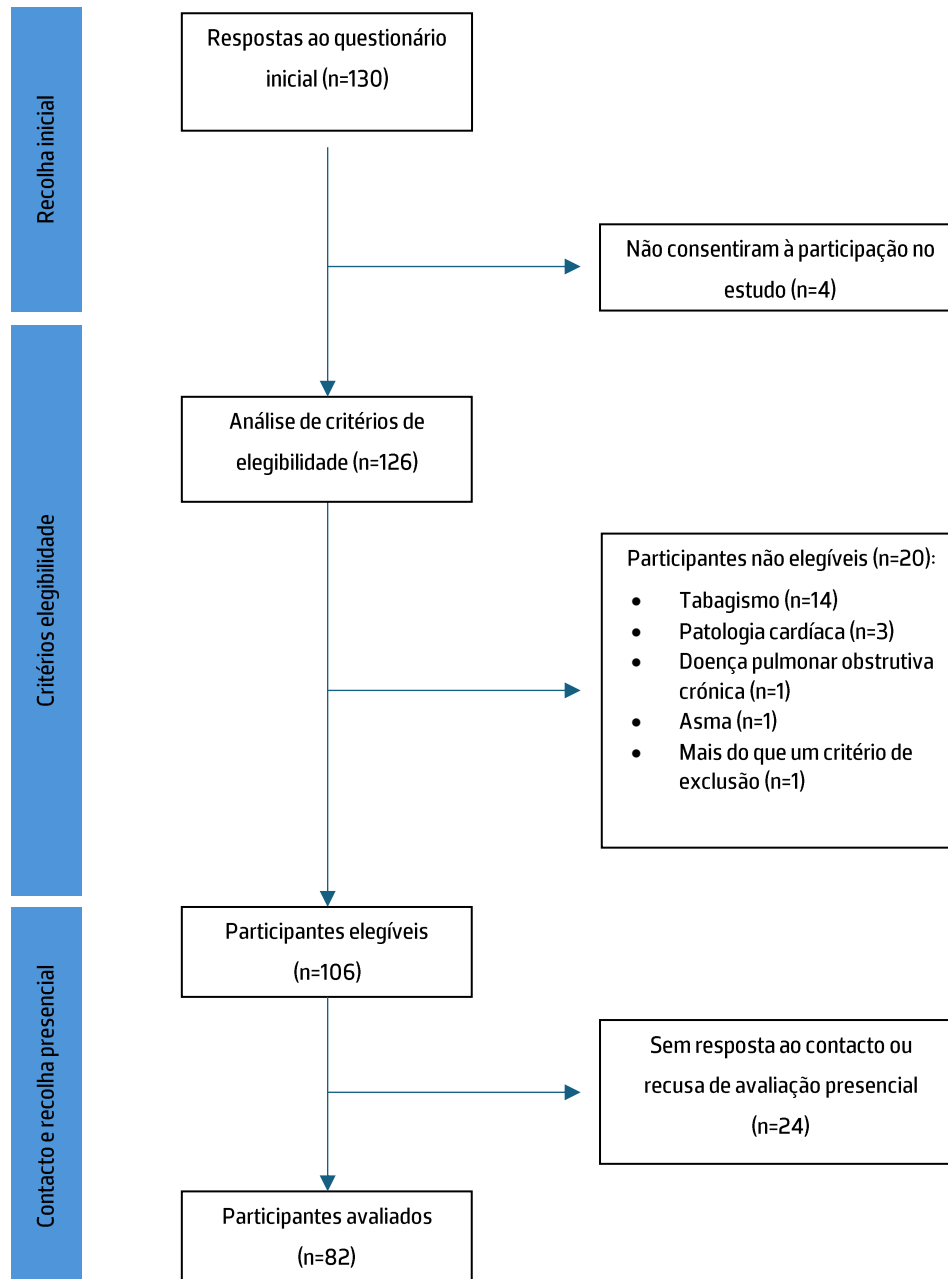


Figura 1 - Flowchart da amostra



Tabela 1 – Caracterização da amostra

Caraterísticas da amostra	Amostra total (n=82)
Idade (anos), mediana [P25-P75]	32,5 [24,00 – 53,50]
Sexo (feminino), n (%)	54 (65,90%)
Altura (cm), mediana [P25-P75]	166,75 [160,00 – 175,00]
Massa corporal (Kg), média (\pm desvio padrão)	72,45 (\pm 15,15)
IMC (Kg/m ²), média (\pm desvio padrão)	25,64 (\pm 4,06)
Nível de Atividade Física, n (%)	
Suficientemente ativo	40 (48,80%)
Insuficientemente ativo	42 (51,20%)

Tabela 2 – Resultados dos testes funcionais e respiratórios

Variável	Amostra total (n=82)
TLS1M (repetições), Mediana [P25-75]	32,00 [26,00 – 40,25]
TS6M (repetições), média (\pm desvio padrão)	171,88 (\pm 48,33)
PIM (cmH ₂ O), Mediana [P25-75]	86,17 [73,64 – 113,74]
TCl (s), Mediana [P25-75]	296,50 [190,00 – 399,25]
TCl (%PIM), mediana [P25-75]	50 [40,00-60,00]

3.3 Correlações

Verificaram-se correlações significativas, positivas e moderadas, entre a PIM e a performance em ambos os testes funcionais. As variáveis do TCl, representativas da força muscular de resistência respiratória, por sua vez, demonstraram correlacionar-se de forma significativa, positiva e moderada, apenas com o TLS1M. Já as correlações encontradas entre as variáveis do TCl com o TS6M foram consideradas significativas, positivas e fracas. Adicionalmente, verificou-se que as variáveis do TCl se correlacionavam de forma significativa, positiva e moderada com a PIM.

Os valores de correlação e respetivos níveis de significância estão descritos na tabela 3.



Tabela 3 – Correlações entre os testes funcionais e respiratórios

	TLS1M	TS6M
PIM	$\rho=0,386$ $p<0,001$	$\rho=0,429$ $p<0,001$
TCI (s)	$\rho=0,363$ $p<0,001$	$\rho=0,236$ $p=0,033$
TCI (%PIM)	$\rho=0,357$ $p<0,001$	$\rho=0,219$ $p=0,048$

3.4 Modelos de regressão linear

3.4.1 TLS1M

Para estudar a relevância da força muscular máxima e de resistência respiratórias na performance do TLS1M, foi realizada uma análise de regressão linear com a PIM e o TCI (s) como variáveis independentes. Posteriormente, estes modelos foram ajustados às variáveis da “Idade” e “Atividade Física” explorando de que forma a relevância das variáveis respiratórias era afetada.

Num primeiro modelo, que explorou de que forma a PIM afeta a performance do TLS1M, percebemos o mesmo explica em 15,1% a variância da performance neste teste funcional, demonstrando um tamanho efeito moderado.

Já quando este modelo foi ajustado, conseguiu explicar em 32,3% a variância da performance no TLS1M, representando um tamanho efeito grande. Quando analisado, o valor absoluto do coeficiente de beta padronizado da PIM era o mais baixo das variáveis independentes deste modelo. Isto sugere que, dentro das variáveis deste modelo, a força muscular máxima respiratória é a variável que menos capacidade teve para explicar a variância da performance do TLS1M. Estes modelos podem ser visualizados nas tabela 4 e 5.

Tabela 4 – Modelo não ajustado do TLS1M (Variável independente: Pressão Inspiratória Máxima)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TLS1M	0,151	-	-	-	-	-
Constante	-	20,023	3,707	-	[12,645-27,401]	<0,001
PIM	-	0,151	0,039	0,401	[0,075-0,228]	<0,001



Tabela 5 – Modelo ajustado do TLS1M (Variáveis independentes: Pressão Inspiratória Máxima; Idade; Atividade Física)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TLS1M	0,323	-	-	-	-	-
Constante	-	29,137	4,807	-	[19,566; 38,708]	<0,001
PIM	-	0,092	0,037	0,244	[0,018; 0,166]	0,015
Idade	-	-0,173	0,580	-0,292	[-0,288; 0,057]	0,004
Atividade Física	-	6,401	1,999	0,302	[2,421; 10,381]	0,002

O modelo da força muscular de resistência respiratória teve um poder explicativo de 18% que, quando ajustado às variáveis confundidoras, aumentou para 36,3%. Os tamanhos efeitos destes modelos foram considerados moderado e grande, respetivamente. Quando analisados os valores absolutos dos coeficientes de beta padronizados, verificou-se que, apesar de muito semelhantes, o TCI (s) era apenas inferior à idade, solidificando a sua relevância na performance do TLS1M. Estes modelos estão sumarizados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Modelo não ajustado do TLS1M (Variável independente: Tempo alcançado no TCI)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TLS1M	0,180	-	-	-	-	-
Constante	-	25,457	2,226	-	[21,028; 29,886]	<0,001
TCI (s)	-	0,026	0,006	0,436	[0,014; 0,037]	<0,001



Tabela 7 – Modelo ajustado do TLS1M (Variáveis independentes: Tempo alcançado no TCI; Idade; Atividade Física)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TLS1M	0,363	-	-	-	-	-
Constante	-	32,738	3,221	-	[26,325; 39,151]	<0,001
TCl (s)	-	0,018	0,005	0,314	[0,008; 0,029]	0,001
Idade	-	-0,194	0,054	-0,328	[-0,302; 0,087]	<0,001
Atividade Física	-	5,589	1,970	0,264	[1,667; 9,510]	0,006

3.4.2 TS6M

Um processo equivalente ao do TLS1M foi realizado para tentar perceber a relevância das forças musculares máxima e de resistência respiratórias na performance do TS6M.

O primeiro modelo não ajustado demonstrou que a PIM contribuía para um modelo que explicava em 26,5% a variância da performance do TS6M, revelando que a força muscular máxima respiratória, por si só, consegue criar um modelo com tamanho efeito grande. Quando ajustado, este modelo conseguia explicar a variância da performance do TS6M em 38%, mantendo o seu tamanho efeito. Mais importante do que o tamanho efeito deste modelo, foi o coeficiente de beta padronizado da PIM que se destacou ao apresentar o maior valor absoluto das variáveis independentes. Isto significa que, das variáveis introduzidas neste modelo, a PIM foi a que melhor consegue explicar a variância da performance deste teste funcional. Os modelos desta análise estão representados nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Modelo não ajustado do TS6M (Variável independente: Pressão Inspiratória Máxima)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TS6M	0,265	-	-	-	-	-
Constante	-	89,795	15,628	-	[58,694; 120,895]	<0,001
PIM	-	0,895	0,163	0,523	[0,571; 1,219]	<0,001



Tabela 9 – Modelo ajustado do TS6M (Variáveis independentes: Pressão Inspiratória Máxima, Idade, Atividade Física)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TS6M	0,380	-	-	-	-	-
Constante	-	132,862	20,849	-	[91,354; 174,370]	<0,001
PIM	-	0,661	0,160	0,387	[0,342; 0,980]	<0,001
Idade	-	-0,783	0,252	-0,292	[-1,284; -0,283]	0,003
Atividade Física	-	18,925	8,670	0,197	[1,664; 36,186]	0,032

O modelo criado para a força muscular de resistência respiratória explicou em 10,9% a variância da performance no TS6M, revelando um tamanho efeito moderado. Este modelo demonstrou que a força muscular de resistência respiratória não tem uma capacidade explicativa tão significativa como a PIM neste teste funcional. Isto refletiu-se também no modelo ajustado em que, apesar do mesmo explicar 29,6% da variância da performance deste teste funcional, o valor absoluto do coeficiente de beta padronizado do TCI (s), era inferior ao da idade. Isto significa que, apesar da força muscular de resistência respiratória conseguir ter alguma capacidade explicativa neste modelo, a idade consegue ser superior neste sentido. Estes dois últimos modelos estão representados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10 – Modelo não ajustado do TS6M (Variável independente: Tempo alcançado no TCI)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TS6M	0,109	-	-	-	-	-
Constante	-	141,394	10,509	-	[120,480; 162,307]	<0,001
TCI (s)	-	0,092	0,028	0,347	[0,037; 0,148]	0,001



Tabela 11 – Modelo ajustado do TS6M (Variáveis independentes: Tempo alcançado no TCI, Idade, Atividade Física)

	R ² ajustado	Coeficientes não-padronizados		Coeficientes padronizados	IC 95%	Valor de p
		B	Erro Padrão	B		
TS6M	0,296	-	-	-	-	-
Constante	-	182,604	15,344	-	[152,055; 213,152]	<0,001
TCl (s)	-	0,062	0,026	0,233	[0,010; 0,113]	0,019
Idade	-	-1,026	0,257	-0,383	[-1,537; -0,514]	<0,001
Atividade Física	-	18,873	9,384	0,196	[0,191; 37,554]	0,048

4 Discussão

A avaliação da força muscular respiratória assume uma particular relevância por refletir não só a integridade do sistema ventilatório, mas também pelo impacto que a força muscular respiratória tem na ventilação e trocas gasosas durante atividades físicas (Larribaut et al., 2020). Devido a isto, a correlação entre a força muscular máxima respiratória e a capacidade funcional tem sido bastante estudada demonstrando várias correlações positivas e significativas (Lista Paz et al., 2016; Pehlivan et al., 2024; Santos et al., 2014; Shah et al., 2024; Wijkstra et al., 1994). Apesar disto e da sua possível relevância, literatura que analisa associações entre a força muscular de resistência respiratória e a capacidade funcional parece ser bastante limitada. Adicionalmente, a literatura que estuda testes de carga incremental usa maioritariamente a pressão alcançada durante estes testes, o que não parece ser uma boa métrica para representar a força muscular de resistência respiratória. O tempo e o patamar alcançados neste tipo de testes, analisados no presente estudo, parecem ser métricas mais representativas desta vertente da força muscular de resistência respiratória. Com isto, acredito que este estudo seja uma boa adição à literatura atual nesta temática, introduzindo uma nova vertente na análise das associações entre a força muscular respiratória e a capacidade funcional.

Os resultados do presente estudo demonstraram que a PIM se correlaciona moderadamente com o TLS1M e o 6MST. As variáveis da força muscular de resistência respiratória, por sua vez, apresentam correlações moderadas com o TLS1M e fracas com o 6MST. Parece, portanto, haver aqui uma disparidade a nível da relevância da força muscular respiratória nestes testes funcionais. No que toca à correlação entre as variáveis



respiratórias e os testes funcionais realizados neste estudo, é do meu conhecimento a existência de um único artigo científico que analisou a relação entre a PIM e o TLS1M em indivíduos hospitalizados com COVID-19, numa unidade de cuidados intensivos (Formiga et al., 2023). Neste estudo foi reportada uma correlação forte entre estas variáveis, sendo que o valor encontrado no presente estudo ($\rho=0,386$) foi consideravelmente inferior. No entanto, as diferenças populacionais na composição da amostra poderão explicar esta discrepância, visto que em pessoas com patologia pulmonar aguda a força muscular respiratória poderá ser um fator mais limitante à capacidade funcional do que em indivíduos saudáveis.

No presente estudo foi também explorada a capacidade explicativa da força muscular respiratória na variância da performance dos testes funcionais através de modelos de regressão linear. Estes revelaram que a PIM e o TCI (s) apresentam uma capacidade explicativa da performance do TLS1M semelhante (15,1% e 18%, respetivamente) nos modelos não ajustados. Apesar disto e da sua relevância no modelo ajustado, a PIM pode não ter uma capacidade explicativa da performance do TLS1M tão interessante quanto as variáveis confundidoras. Contrariamente, o TCI (s) demonstrou ter uma capacidade explicativa bastante interessante no seu modelo ajustado. A análise destes modelos sugere que, durante o TLS1M, ambas as vertentes da força muscular respiratória poderão influenciar de forma positiva a performance neste teste. No entanto, como foi possível observar, parece existir uma ligeira superioridade da força muscular de resistência respiratória. Uma justificação plausível para este achado pode ser a natureza do TLS1M, caracterizado como um teste que causa uma fadiga precoce a nível do quadríceps mesmo em pessoas saudáveis, atingindo o máximo de consumo de oxigénio no final do minuto de teste e mesmo no tempo de recuperação em populações como DPOC e doença pulmonar intersticial (Gephine et al., 2020, 2022; Tremblay Labrecque et al., 2020). Devido a esta elevada necessidade metabólica, o aumento da ventilação minuto no TLS1M será impulsionado principalmente pelo aumento da frequência respiratória e não tanto pelo aumento do volume corrente, que exige a geração de pressões pulmonares mais negativas (Levitzky et al., 2007). A natureza deste teste, sugere a possibilidade de uma transição relativamente rápida do uso de fibras musculares respiratórias mais lentas para fibras musculares respiratórias mais rápidas, que por sua vez são mais fatigáveis. Tal transição permitiria aumentar a frequência respiratória durante e após o teste, em resposta à elevada necessidade metabólica. No entanto, a fadiga destas fibras musculares de contração mais



rápida poderá induzir precocemente o metaborreflexo dos músculos respiratórios e condicionar a performance no teste. Esta hipótese poderá explicar a homogeneidade de valores de correlação e da capacidade explicativa entre as forças musculares de resistência e máxima respiratórias no TLS1M.

Em contraste, nos modelos não ajustados desenvolvidos para o TS6M, há uma clara diferença na capacidade explicativa das diferentes vertentes da força muscular. Nestes modelos, a PIM conseguiu explicar em 26,5% a variância da performance do TS6M, enquanto o TCI (s) apenas conseguiu explicar 10,9%. Estes valores refletiram-se também nos modelos ajustados em que a PIM se destacou com o coeficiente de beta padronizado mais alto das restantes variáveis, enquanto o TCI (s) se manteve bem inferior à idade. A análise destes modelos sugere que a força muscular máxima respiratória tem um peso elevado na performance do TS6M quando comparado à força muscular de resistência respiratória. Estudos que analisaram a ventilação minuto durante o TS6M em pessoas com doença pulmonar intersticial e DPOC verificaram que a mesma é reprodutível entre testes, atingindo um *steady state* entre o 2º e 4º minuto (Dal Corso et al., 2007; Munari et al., 2020). Neste teste, o aumento gradual da ventilação minuto até ao 2º minuto, assim como a sua manutenção, será de maior responsabilidade do volume corrente. Em indivíduos com DPOC, o aumento da frequência respiratória parece ser gradual até ao 5º minuto (Munari et al., 2020). Apesar disto, é de mencionar que o volume corrente poderá ser suficiente para manter a ventilação minuto em indivíduos saudáveis, reforçando a ideia que a capacidade de gerar pressões pulmonares mais negativas, sobrepondo-se a maiores cargas de retração elástica pulmonar, é de maior relevância neste teste. Embora a duração do TS6M seja bastante superior à do TLS1M, o metaborreflexo dos músculos respiratórios poderá ser estimulado numa forma de grandeza inferior à do TLS1M devido às diferenças ventilatórias nestes testes. Esta resposta ventilatória poderá explicar a disparidade de resultados obtidos nos valores de correlação e da capacidade explicativa entre ambas as vertentes da força muscular respiratória no TS6M.

Este estudo teve algumas limitações a ser consideradas. Primeiramente, não foi possível a realização de um estudo-piloto o que impediu a análise da fiabilidade inter-observador. Apesar disto, foram tomadas medidas para que as avaliações fossem padronizadas e que a variância da avaliação inter-observador fosse diminuída, nomeadamente a criação de um protocolo passo-a-passo para a avaliação e visualização de vídeos explicativos dos testes previamente à realização dos mesmos. Adicionalmente, e apesar do cálculo inicial do n



amostral, o tamanho da nossa amostra mostrou-se insuficiente para conferir um poder estatístico robusto a alguns dos valores de correlação, assim como alguns dos modelos não ajustados, que ficaram aquém dos valores previstos inicialmente. Isto pode ter afetado a significância de certas relações. Outro ponto a considerar, é o facto da amostra ter sido composta apenas por adultos saudáveis e relativamente jovens, o que poderá afetar a generalização destes resultados para populações clínicas e/ou mais envelhecidas.

Este estudo demonstrou a relevância de ambas as vertentes da força muscular respiratória na capacidade funcional, avaliada pelo TLS1M e pelo TS6M. No entanto, é de referir que a natureza destes testes pode influenciar a relevância destas associações. Posto isto, a avaliação de ambas as vertentes da força muscular respiratória é de especial importância, pois permite ter uma visão mais global da função respiratória do indivíduo saudável e, dependendo da exigência da tarefa, poderão ter mais ou menos relevância. Também será de extrema relevância estudar estas associações em populações clínicas, onde questões como a complacência e retração elástica pulmonar podem diferir do indivíduo saudável, levando a associações diferentes. Adicionalmente, será interessante a análise da resposta ventilatória durante os testes funcionais em investigações futuras, explorando de que forma estas associações variam consoante a mesma.



5 Conclusão

O presente estudo demonstrou que tanto a força muscular máxima respiratória como a força muscular de resistência respiratória apresentam associações significativas e positivas com a performance no TLS1M e no TS6M em adultos saudáveis. Conforme o objetivo deste estudo, a força muscular de resistência respiratória demonstrou ser uma variável relevante na capacidade funcional do indivíduo saudável. No entanto, é de referir que dependendo das necessidades metabólicas e ventilatórias de diferentes testes funcionais, estas associações podem se tornar mais ou menos relevantes. A análise da resposta ventilatória durante os testes funcionais será algo a explorar em investigações futuras, de forma a tentar perceber de que forma a mesma pode influenciar o metaborreflexo dos músculos respiratórios. Também, o estudo desta temática em populações clínicas poderá ser interessante.



Referências Bibliográficas

- ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 10th Edition. (2016).
- André, R., & Souza, D. E. (2020). *Efeito do treino muscular ventilatório no metaborreflexo respiratório e na performance de corredores do sexo masculino: Revisão bibliográfica.*
- Areias, G. de S., Fenley, A., Santiago, L. R., Arruda, A. C. de T., Jaenisch, R. B., Guizilini, S., & Reis, M. S. (2024). Incremental Ramp Load Protocol to Assess Inspiratory Muscle Endurance in Healthy Individuals: Comparison with Incremental Step Loading Protocol. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*, 39(2).
<https://doi.org/10.21470/1678-9741-2023-0231>
- ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. (2002). *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(4), 518–624.
<https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>
- Botelho, F., Silva, C., Cruz, F., & Viéses, J. (2010). *Artigos Revisão Epidemiologia explicada-Viéses.* www.apurologia.pt
- Bui, K. L., Nyberg, A., Maltais, F., & Saey, D. (2017). Functional tests in chronic obstructive pulmonary disease, Part 1: Clinical relevance and links to the international classification of functioning, disability, and health. *Annals of the American Thoracic Society*, 14(5), 778–784. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201609-733AS>
- Charlson, M., Pompei, P., Ales, K., & McKenzie, R. (1987). A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation. *J Chron Dis*, 40(5), 373–383.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences Second Edition.*
- Crapo, Robert O., Enright, Paul L., & Zeballos, R. Jorge. (2002). *American Thoracic Society ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test*
<https://doi.org/10.1164/rccm.166/1/111>
- Dal Corso, S., Duarte, S. R., Neder, J. A., Malaguti, C., de Fuccio, M. B., de Castro Pereira, C. A., & Nery, L. E. (2007). A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *European Respiratory Journal*, 29(2), 330–336.
<https://doi.org/10.1183/09031936.00094006>
- de Medeiros, A. I. C., Fuzari, H. K. B., Rattesa, C., Brandão, D. C., & de Melo Marinho, P. É. (2017). Inspiratory muscle training improves respiratory muscle strength, functional capacity and quality of life in patients with chronic kidney disease: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 63(2), 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2017.02.016>



- Dempsey, J. A., Romer, L., Rodman, J., Miller, J., & Smith, C. (2006). Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, *151*(2–3), 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2005.12.015>
- European Respiratory Society. (2005). *Lung Function Testing* (Gosselink; R. & Stam; H, Eds.; Vol. 10). European Respiratory Society. <https://doi.org/10.1183/1025448x.erm3105>
- Fernández-Lázaro, D., Gallego-Gallego, D., Corchete, L. A., Fernández Zoppino, D., González-Bernal, J. J., García Gómez, B., & Mielgo-Ayuso, J. (2021). Inspiratory muscle training program using the powerbreath®: Does it have ergogenic potential for respiratory and/or athletic performance? a systematic review with meta-analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 13). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136703>
- Formiga, M. F., Dosbaba, F., Hartman, M., Batalik, L., Senkyr, V., Radkovicova, I., Richter, S., Brat, K., & Cahalin, L. P. (2023). Role of the Inspiratory Muscles on Functional Performance From Critical Care to Hospital Discharge and Beyond in Patients With COVID-19. *Physical Therapy*, *103*(8). <https://doi.org/10.1093/ptj/pzad051>
- Furlanetto, K. C., Correia, N. S., Mesquita, R., Morita, A. A., do Amaral, D. P., Mont'Alverne, D. G. B., Pereira, D. M., Pitta, F., & Dal Corso, S. (2022). Reference Values for 7 Different Protocols of Simple Functional Tests: A Multicenter Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *103*(1), 20–28.e5. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.08.009>
- Furukawa, Y., Miyamoto, A., Asai, K., Tsutsumi, M., Hirai, K., Ueda, T., Toyokura, E., Nishimura, M., Sato, K., Yamada, K., Watanabe, T., & Kawaguchi, T. (2025). Respiratory Muscle Strength as a Predictor of Exacerbations in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Respirology*, *30*(5), 408–416. <https://doi.org/10.1111/resp.70003>
- Gephine, S., Bergeron, S., Tremblay Labrecque, P. F., Mucci, P., Saey, D., & Maltais, F. (2020). Cardiorespiratory Response during the 1-min Sit-to-Stand Test in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *52*(7), 1441–1448. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002276>
- Gephine, S., Mucci, P., Biemann, M., Martin, M., Bouyer, L., Saey, D., & Maltais, F. (2022). Quadriceps physiological response during the 1-min sit-to-stand test in people with severe COPD and healthy controls. *Scientific Reports*, *12*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-04820-z>



- Gokcen, S., Inal-Ince, D., Saglam, M., Vardar-Yagli, N., Calik-Kutukcu, E., Arikan, H., & Coplu, L. (2021). Sustainable inspiratory pressure and incremental threshold loading for respiratory muscle endurance in chronic obstructive pulmonary disease: A pilot study. *Clinical Respiratory Journal*, *15*(1), 19–25. <https://doi.org/10.1111/crj.13264>
- Gomes Neto, M., Ferrari, F., Helal, L., Lopes, A. A., Carvalho, V. O., & Stein, R. (2018). The impact of high-intensity inspiratory muscle training on exercise capacity and inspiratory muscle strength in heart failure with reduced ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, *32*(11), 1482–1492. <https://doi.org/10.1177/0269215518784345>
- Johnson, P. H., Cowley, A. J., & Kinnear, W. J. M. (1997). Incremental threshold loading: A standard protocol and establishment of a reference range in naive normal subjects. *European Respiratory Journal*, *10*(12), 2868–2871. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10122868>
- Karsten, M., Ribeiro, G. S., Esquivel, M. S., & Matte, D. L. (2018). The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. In *Physical Therapy in Sport* (Vol. 34, pp. 92–104). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.09.004>
- Katayıfçı, N., Boşnak Güçlü, M., & Şen, F. (2022). A comparison of the effects of inspiratory muscle strength and endurance training on exercise capacity, respiratory muscle strength and endurance, and quality of life in pacemaker patients with heart failure: A randomized study. *Heart and Lung*, *55*, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2022.04.006>
- Keen, C., Smith, I., Hashmi-Greenwood, M., Sage, K., & Kiely, D. G. (2023). Pulmonary Hypertension and Measurement of Exercise Capacity Remotely: Evaluation of the 1-min Sit-to-Stand Test (PERSPIRE) – a cohort study. *ERJ Open Research*, *9*(1). <https://doi.org/10.1183/23120541.00295-2022>
- Larribaut, J., Gruet, M., McNarry, M. A., Mackintosh, K. A., & Verges, S. (2020). Methodology and reliability of respiratory muscle assessment. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, *273*. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.103321>
- Laveneziana, P., Albuquerque, A., Aliverti, A., Babb, T., Barreiro, E., Dres, M., Dubé, B.-P., Fauroux, B., Gea, J., Guenette, J. A., Hudson, A. L., Kabitz, H.-J., Laghi, F., Langer, D., Luo, Y.-M., Neder, J. A., O'donnell, D., Polkey, M. I., Rabinovich, R. A., ... Spengler, C. M. (2019).



- ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise.*
<https://doi.org/10.1183/13993003.01214>
- Levitzky, M. G., York, N., San, C., Lisbon, F., Madrid, L., City, M., New, M., San, D., Singapore, J. S., & Toronto, S. (2007). *Pulmonary Physiology Seventh Edition.*
<https://doi.org/10.1036/0071437754>
- Lista Paz, A., González Doniz, L., Ortigueira García, S., Luis, J., Canosa, S., & Couto, C. M. (2016). Respiratory muscle strength in chronic stroke survivors and its relation with the 6-minute walk test. In *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (Vol. 97, Issue 2).
- Marques, A., Rebelo, P., Paixão, C., Almeida, S., Jácome, C., Cruz, J., & Oliveira, A. (2020). Enhancing the assessment of cardiorespiratory fitness using field tests. *Physiotherapy (United Kingdom)*, 109, 54–64.
<https://doi.org/10.1016/j.physio.2019.06.003>
- Mcconnell, A. K., & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *Journal of Physiology*, 577(1), 445–457. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.117614>
- Munari, A. B., Venâncio, R. S., Klein, S. R., Gulart, A. A., Silva, I. J. C. S., Souza, A., Dal Lago, P., & Mayer, A. F. (2020). Physiological Responses to the 6-min Step Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 40(1), 55–61. <https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000469>
- Orozco-Levi, M. (2003). Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: Impairment or adaptation? In *European Respiratory Journal, Supplement* (Vol. 22, Issue 46). <https://doi.org/10.1183/09031936.03.00004607>
- Pehlivan, E., Zeren, M., Niksarlıoğlu, E. Y., Karaahmetoğlu, F. S., Özcan, Z. B., Balcı, A., Demirkol, B., & Çetinkaya, E. (2024). INVESTIGATION OF RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH AND ITS INFLUENCE ON EXERCISE CAPACITY AND QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH IDIOPATHIC PULMONARY FIBROSIS. *Sarcoidosis Vasculitis and Diffuse Lung Diseases*, 41(2). <https://doi.org/10.36141/svld.v41i2.14884>
- Phillips, D. B., James, M. D., O'Donnell, C. D., Vincent, S. G., Webb, K. A., de-Torres, J. P., Neder, J. A., & O'Donnell, D. E. (2022). Physiological predictors of morbidity and mortality in COPD: the relative importance of reduced inspiratory capacity and inspiratory muscle strength. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 133(3), 679–688.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00352.2022>



- Ribeiro, J. P., Chiappa, G. R., & Callegaro, C. C. (2012). Contribuição da musculatura inspiratória na limitação ao exercício na insuficiência cardíaca: mecanismos fisiopatológico. *Rev Bras Fisioter*, *16*(4), 261–268.
- Romer, L. M., Lovering, A. T., Haverkamp, H. C., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2006). Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *Journal of Physiology*, *571*(2), 425–439. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.099697>
- Santos, D. C., Limongi, V., Da Silva, A. M. O., Ataíde, E. C., Mei, M. F. T., Udo, E. Y., Boin, I. F. S. F., & Stucchi, R. S. B. (2014). Correlation between functional capacity and respiratory assessment of end-stage liver disease patients waiting for transplant. *Transplantation Proceedings*, *46*(9), 3043–3046. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2014.07.014>
- Shah, R. V., Cahalin, L. P., Haus, J. M., Allsup, K., Delligatti, A., Wolf, C., Checko, E. R., Aragam, J. R., Gottlieb, D. J., Byard, T. D., & Forman, D. E. (2024). The role of maximal inspiratory pressure on functional performance in adults with heart failure. *ESC Heart Failure*. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14984>
- Stavrou, V. T., Tournakopoulos, K. N., Daniil, Z., & Gourgoulisanis, K. I. (2021). Respiratory Muscle Strength: New Technology for Easy Assessment. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.14803>
- Tremblay Labrecque, P. F., Harvey, J., Nadreau, É., Maltais, F., Dion, G., & Saey, D. (2020). Validation and Cardiorespiratory Response of the 1-Min Sit-to-Stand Test in Interstitial Lung Disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *52*(12), 2508–2514. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002423>
- Tudorache, V., Oancea, C., & Fira Mlădinescu, O. (2010). Clinical relevance of maximal inspiratory pressure: determination in COPD exacerbation. In *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. www.dovepress.com
- van der Esch, M., van't Hul, A. J., Heijmans, M., & Dekker, J. (2004). Respiratory muscle performance as a possible determinant of exercise capacity in patients with ankylosing spondylitis. *Australian Journal of Physiotherapy*, *50*(1), 41–45. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60247-6](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60247-6)
- Vilarinho, R., Amorim, L., Gomes, D., Teixeira, P., da Silva, A. A., Santos, J., Bernardo, F., de Sousa, J. C., Fonseca, J. A., & Jácome, C. (2025). Validation of the brief physical activity



- assessment tool: Comparison of telephone and in-person administration. *PLoS ONE*, *20*(1 January). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317614>
- Vilaró, J., Ramirez-Sarmiento, A., Martínez-Llorens, J. M., Mendoza, T., Alvarez, M., Sánchez-Cayado, N., Vega, Á., Gimeno, E., Coronell, C., Gea, J., Roca, J., & Orozco-Levi, M. (2010). Global muscle dysfunction as a risk factor of readmission to hospital due to COPD exacerbations. *Respiratory Medicine*, *104*(12), 1896–1902. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2010.05.001>
- Watsford, M. L., Murphy, A. J., & Pine, M. J. (2007). The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *10*(1), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.002>
- Wijkstra, P. J., Tenvergert, E. M., Van Der Mark, T. W., Postma, D. S., Van Altna, R., Kraan, J., & Koeter, G. H. (1994). Relation of lung function, maximal inspiratory pressure, dyspnoea, and quality of life with exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. In *Thorax* (Vol. 49).
- Woszezenki, C. T., Heinzmann-Filho, J. P., Vendrusculo, F. M., Piva, T. C., Levices, I., & Donadio, M. V. F. (2017). Reference values for inspiratory muscle endurance in healthy children and adolescents. *PLoS ONE*, *12*(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170696>



Anexos

Anexo 1 – Questionário do Microsoft Forms

Avaliação da endurance dos músculos respiratórios

Este questionário integra um projeto de investigação no âmbito do Mestrado em Fisioterapia, com especialização em Fisioterapia Cardiorrespiratória, da Escola Superior de Saúde do Porto. O objetivo é avaliar a endurance dos músculos respiratórios em indivíduos saudáveis, definindo valores normativos e equações de referência, assim como a sua possível relação com alguns testes funcionais.

Para participar, é necessário ter idade igual ou superior a 18 anos.

No decorrer do preenchimento do questionário poderá sentir dificuldades em algumas questões, no entanto, para a validade do estudo, seria fundamental que respondesse a todas as questões dando sempre a resposta que lhe pareça mais apropriada. É importante que tente responder a todas as questões, certificando-se que não deixa nenhuma questão em branco.

Os participantes poderão ser contactados posteriormente para realizar uma avaliação adicional, em local e data a combinar.

A participação é voluntária e os participantes podem desistir a qualquer momento, sem necessidade de justificar a decisão e sem qualquer custo ou penalização.

Este questionário é anónimo e confidencial, não sendo coletadas informações que permitam identificar os participantes.

O questionário é dividido em 3 partes: questionário sociodemográfico, questionário "Brief physical activity assessment tool" e "Charlson Comorbidity Index (CCI)"

O tempo estimado para preenchimento é de aproximadamente 5 minutos.

Para esclarecimentos, entre em contato pelo e-mail: investigacao.respiratoria.e2s@gmail.com

Obrigada pela sua colaboração.



Consentimento informado

1. Estou informado de que o estudo acima mencionado de destina à avaliação da endurance dos músculos respiratórios em indivíduos saudáveis, definindo valores normativos e equações de referência, assim como a sua possível relação com alguns testes funcionais. É-me garantido que todos os dados relativos à minha identificação neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato. Sei que posso interromper a qualquer momento a minha participação, sem nenhum tipo de penalização por este facto. Compreendi a informação que me foi dada. Caso seja aceite como voluntário, aceito participar de livre vontade neste estudo, e ser contactado telefonicamente para a realização da avaliação presencial. Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato. *

- Aceito
- Não aceito

2. Número de telemóvel *

Caso cumpra os critérios de participação deste estudo, necessitamos de o contactar para proceder a uma avaliação presencial. Deste modo, agradecemos que nos ceda o seu contacto telefónico.

Questionário Sociodemográfico

3. Idade *

- 18-29
- 30-39
- 40-49
- 50-59
- 60-69
- 70-79
- ≥ 80

4. Profissão *



5. Género *

- Feminino
- Masculino
- Prefiro não dizer

6. Altura (ex: 170 cm) *

7. Peso (ex: 70kg) *

8. Hábitos tabágicos *

- Ex-fumador
- Fumador
- Nunca fumei



9. Tem algum problema de saúde? *

Se respondeu "Não", avance para a pergunta 11.

- Sim
- Não

10. Se sim, qual/quais?

*

Nesta pergunta, pode responder mais que uma opção.

- Hipertensão Arterial
- Hipercolesterolemia (colesterol elevado)
- Respiratórios (DPOC, Asma, Bronquite, etc.)
- Metabólicos (Diabetes, Obesidade, etc.)
- Reumáticos (Artrite Reumatóide, Fibromialgia, Espondilite Anquilosante, etc.)
- Músculo-esqueléticos (Lombalgia, artrose ombro, etc.)
- Neurológicos (Parkinson, Alzheimer, outras demências, etc.)
- Problemas visuais
- Problemas auditivos
- Outra

11. Utiliza algum auxiliar de marcha?

- Sim
- Não



Brief physical activity assessment tool

Este questionário avalia os seus níveis de atividade física.

12. Quantas vezes por semana costuma realizar 20 minutos de atividade física intensa que o faz suar ou ficar ofegante? (por exemplo, jogging, levantamento de pesos, cavar, aeróbica, ou andar de bicicleta a um ritmo rápido)
- 3 vezes/semana
 - 1 ou 2 vezes/semana
 - Nenhuma
13. Quantas vezes por semana costuma realizar 30 minutos de atividade física moderada ou caminhada que o faz aumentar a sua frequência cardíaca ou o faz respirar com mais dificuldade que o normal? (por exemplo, cortar a relva, transportar cargas leves, andar de bicicleta a um ritmo regular, ou jogar ténis em duplas)
- > 5 vezes/ semana
 - 3 a 4 vezes/ semana
 - 1 a 2 vezes/ semana
 - Nenhuma



Charlson Comorbidity Index (CCI)

Usado para estimar o risco de mortalidade ou complicações em pacientes com múltiplas comorbidades (doenças coexistentes).

14. Tem/já teve alguma destas patologias?

Pode assinalar mais que uma opção.

- Coronariopatia isquémica
- Insuficiência cardíaca congestiva
- Doença vascular periférica
- Doença cerebrovascular
- Demência
- Doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC)
- Conectivite ou doença do conjuntivo
- Úlcera péptica
- Insuficiência hepática ligeira
- Diabetes sem complicações
- Diabetes com complicações
- Hemiplegia ou Paraplegia



Anexo 2 – Consentimento informado da avaliação presencial

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

P.PORTO

ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE

Compete ao Investigador Principal, prestar aos Participantes do estudo as informações necessárias ao consentimento livre e esclarecido.

O termo de consentimento informado deve ser específico do Estudo de Investigação (o modelo deve ser adaptado ao estudo em causa, acrescentando outros dados considerados pertinentes ou eliminando partes não aplicáveis).

DESIGNAÇÃO DO ESTUDO: Avaliação da endurance dos músculos respiratórios: valores normativos e equação de referência/correlação com testes funcionais

Declaração de Consentimento Informado

Conforme o RGPQ a Lei n.º 61/96 de 26 de Outubro e a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964, Tóquio 1975, Veneza 1983, Hong Kong 1989, Somerset West 1996, Edimburgo 2000, Washington 2002, Tóquio 2004, Seul 2008, Fortaleza 2013, Helsínquia 2024 – quando se aplicar

Eu, abaixo-assinado _____:

Fui informado(a) de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a definir valores normativos e equação de referência para o teste de carga incremental assim como analisar a possível relação com alguns testes funcionais.

Fui informado(a) que nesta avaliação presencial vou ser submetido(a) à avaliação de dados antropométricos e de composição corpora| avaliação da força muscular respiratória e de testes funcionais, nomeadamente o teste de sentar-levantar de 1 minuto, *Unsupported Upper Limb Exercise* e o teste de *step* de 6 minutos, tendo-me sido explicado o que são e em que consistem.

Mais declaro que fui informado(a) que, embora seja raro, há a possibilidade de reações adversas durante a testagem e que serão tomadas medidas de forma a garantir a minha segurança.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Concordo que sejam efetuados todas as avaliações e testes que fazem parte deste estudo.

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Nome do Investigador e Contactos: Beatriz da Silva Tavares, 10190590@ess.ipp.pt, Francisco Tiago da Costa Borges, 10190315@ess.ipp.pt



Anexo 3 – Critérios de segurança definidos para a testagem respiratória e funcional

Parâmetro	Contraindicação para iniciar o teste	Paragem durante o teste	Indicação de meios de segurança após a paragem e tempo de repouso	Critério de Recuperação para Próximo Teste
PA Sistólica (mmHg)	≥ 180 mmHg	N/A	> 250 mmHg	Basal ± 10-15 mmHg
PA Diastólica (mmHg)	≥ 110 mmHg	N/A	> 115 mmHg	Basal ± 5-10 mmHg
Frequência Cardíaca (bpm)	> 120 bpm	FC ≥ 85%FCMáxima	FC ≥ 85%FCMáxima	Basal ± 15 bpm
SpO ₂ (%)	< 88%	< 85%	< 88%	Basal (>88%)



Anexo 4 – Parecer da Comissão de Ética

P.PORTO

ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE
POLITÉCNICO
DO PORTO

PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA

Número de Registo da Comissão de Ética: CE0037F Data receção do Documento: 03/04/2025 Existência de entradas anteriores: Sim

TÍTULO DO TRABALHO: Avaliação da endurance dos músculos respiratórios: valores normativos e equação de referência/ relação com testes funcionais.

INVESTIGADOR RESPONSÁVEL: Beatriz da Silva Tavares e Francisco Tiago da Costa Borges

DATA PREVISTA PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO: 30/09/2024 a 30/09/2025

RESUMO DO ESTUDO

OBJETIVOS:

Nada a referir.

AMOSTRA:

Nada a referir.

FORMULÁRIO DE DADOS A RECOLHER:

Nada a referir.

MATERIAL:

Nada a referir.

MÉTODOS:

Nada a referir.

RISCOS:

Nada a referir.

CONSENTIMENTO INFORMADO:

Nada a referir.

AUTORIZAÇÃO PELOS RESPONSÁVEIS LOCAIS:

Nada a referir.

APRECIÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA:

Após análise detalhada do processo, conclui-se que este se encontra devidamente instruído.

PARECER FINAL DA COMISSÃO DE ÉTICA

De acordo com os dados analisados, o parecer é favorável desde que cumpridas todas as diretrizes submetidas a esta Comissão, recomendando-se que a decisão seja suspensa caso haja algum incumprimento grave.

26/04/2025

Assinado por: Pedro Manuel Ribeiro da Rocha
Monteiro
Num. de identificação: 09132856
Data: 2025.04.30 17:29:25 +0100

P. PORTO

ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE



M MESTRADO
FISIOTERAPIA