



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA**

Luís Fernando Pereira Brizola

**Avaliação de Parâmetros Funcionais e Musculares em
Diferentes Níveis de Gravidade da DPOC**

Exame geral de qualificação apresentado à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Fisiopatologia em Clínica Médica.

Orientador: Prof. Dr. Robson A. Prudente
Coorientadora: Profa. Dra. Suzana Erico Tanni

**Botucatu
2025**

Luís Fernando Pereira Brizola

**Avaliação de Parâmetros Funcionais e Musculares em
Diferentes Níveis de Gravidade da DPOC**

Exame geral de qualificação apresentado à
Faculdade de Medicina, Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Fisiopatologia em Clínica Médica.

Orientador: Prof. Dr. Robson A. Prudente
Coorientadora: Profa. Dra. Suzana Erico Tanni

Botucatu
2025

B862a

Brizola, Luis Fernando Pereira

Avaliação de Parâmetros Funcionais e Musculares em Diferentes Níveis de Gravidade da DPOC / Luis Fernando Pereira Brizola. -- Botucatu, 2025
54 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina, Botucatu

Orientador: Robson Aparecido Prudente

Coorientadora: Suzana Erico Tanni

1. DPOC. 2. Fadiga Muscular. 3. Tolerância ao Exercício. 4. Ultrassonografia. 5. Pletismografia. I. Título.

Relevância Social e Científica da dissertação

A presente dissertação, intitulada “Avaliação de Parâmetros Funcionais e Musculares em Diferentes Níveis de Gravidade da DPOC”, apresenta contribuições significativas tanto para a comunidade científica quanto para a sociedade. A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) constitui um dos maiores desafios em saúde pública, marcada por limitações progressivas que comprometem a autonomia e a qualidade de vida de milhões de pessoas. Compreender os mecanismos que influenciam a função pulmonar, muscular e o desempenho físico desses indivíduos torna-se, portanto, essencial para orientar práticas assistenciais mais precisas e humanas.

Do ponto de vista científico, este trabalho aprofunda a avaliação de parâmetros fisiológicos e musculares ainda pouco explorados na rotina clínica, integrando medidas de ultrassonografia, testes funcionais e indicadores de gravidade. Ao oferecer uma visão mais abrangente e detalhada da DPOC, a pesquisa contribui para fortalecer protocolos de avaliação, enriquecer programas de reabilitação pulmonar e incentivar novas investigações que busquem intervenções cada vez mais eficazes e personalizadas.

No âmbito social, os resultados obtidos ampliam a compreensão sobre a trajetória funcional de indivíduos com DPOC e oferecem subsídios para intervenções mais precoces, capazes de reduzir exacerbações, hospitalizações e o impacto cotidiano da doença. Ao aprimorar o cuidado, também se fortalece o compromisso com uma saúde mais justa e acessível. Como reflexão de fundo deste trabalho, permanece a ideia de que “respirar com qualidade é essencial quando tudo o que somos depende disso”, e é exatamente essa realidade que motiva a busca contínua por evidências que transformem a vida das pessoas.

Assim, esta dissertação reafirma o papel da pesquisa acadêmica como instrumento de impacto social, ao produzir conhecimento aplicável, atual e sensível às necessidades reais de quem convive com doenças crônicas. Ao integrar rigor científico e propósito humano, este estudo contribui para avanços que dialogam tanto com a evolução da ciência quanto com o cuidado integral da população.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LUÍS FERNANDO PEREIRA BRIZÓLA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOPATOLOGIA EM CLÍNICA MÉDICA, DA FACULDADE DE MEDICINA - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 19 de dezembro de 2025, às 9h, no(a) Sala n4 de reuniões - FMB - 2 andar, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LUÍS FERNANDO PEREIRA BRIZÓLA, intitulada **Avaliação de Parâmetros Funcionais e Musculares em Diferentes Níveis de Gravidade da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. ROBSON APARECIDO PRUDENTE (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Clínica Médica / Faculdade de Medicina de Botucatu, Profa. Dra. VIVIANA RUGOLO OLIVEIRA E SILVA (Participação Presencial) do(a) Departamento de Clínica Médica / Faculdade de Medicina de Botucatu, Profa. Dra. MÔNICA SILVEIRA LAPA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Pneumologia / Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: aprovado _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Documento assinado digitalmente
 ROBSON APARECIDO PRUDENTE
Data: 04/01/2026 15:44:40-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. ROBSON APARECIDO PRUDENTE

Dedicatória

Dedico este trabalho a Maria de Lourdes Pereira Brizola e Aparecido Brizola, meus pais. Vocês me ensinaram o valor do trabalho árduo e da honestidade não com palavras, mas com o exemplo, me deram a coragem, a sensibilidade e as ferramentas para enfrentar o mundo. Renunciaram à própria jornada e juventude para construir o chão sólido onde hoje piso. Cada página deste trabalho carrega um pouco do sonho que vocês adiaram para que eu pudesse voar e sonhar com um mundo melhor.

Agradecimentos

A realização deste trabalho não foi um percurso solitário, e por isso meus agradecimentos se estendem a todos que, de diferentes formas, estiveram presentes ao longo desta caminhada.

Aos meus amigos, que compartilharam não apenas momentos de leveza, mas também souberam compreender as ausências, o cansaço e os silêncios impostos pela rotina acadêmica. Vocês foram abrigo nos dias difíceis, riso nos dias leves e lembrança constante de que a vida segue para além das páginas escritas.

Ao Laboratório de Função Pulmonar e à equipe de Pneumologia, meu sincero agradecimento pelo acolhimento, pela convivência diária e pelo aprendizado construído na prática. O ambiente de trabalho, marcado pelo comprometimento, pelo rigor técnico e pelo cuidado com cada paciente, foi fundamental para minha formação científica e humana, cada troca de conhecimento contribuíram diretamente para o amadurecimento desse estudo.

Aos meus orientadores, expresso minha profunda gratidão pela confiança, pela condução ética e pelo incentivo constante ao pensamento crítico e ao rigor científico. A orientação recebida ultrapassou os limites deste trabalho, refletindo-se na forma de compreender a pesquisa como instrumento de cuidado, responsabilidade e transformação. O exemplo profissional, a disponibilidade e o apoio de vocês foram decisivos para que este percurso se concretizasse.

Aos pacientes, deixo um agradecimento especial e profundamente respeitoso. Cada encontro, cada história compartilhada e cada limitação enfrentada com dignidade ensinaram-me mais do que qualquer livro poderia oferecer. Vocês foram a razão e o sentido deste trabalho, lembrando-me diariamente de que a ciência só tem valor quando se traduz em cuidado humano, escuta atenta e compromisso com a qualidade de vida.

À minha família, agradeço pelo amor incondicional, pelo apoio silencioso e pela presença constante, mesmo quando a rotina acadêmica exigiu distância. Vocês foram base, força e sentido em todos os momentos, sustentando cada passo desta trajetória com compreensão, paciência e afeto. Nada disso seria possível sem o suporte que sempre me ofereceram.

“E penso se na minha voz, aparentemente tão pouca coisa, não incarna a substância de milhares de vozes, a fome de milhares de vidas, a paciência de milhões de almas [...] Nestes momentos meu coração pulsa mais alto por minha consciência dele. Vivo mais porque vivo maior.”

Fernando Pessoa

RESUMO

Introdução: Caracterizada pela limitação progressiva não totalmente reversível do fluxo aéreo, a DPOC impacta de forma acentuada o sistema musculoesquelético, conferindo dispneia e intolerância ao exercício devido a remodelação das fibras musculares, a hiperinsuflação e baixa capacidade inspiratória. **Objetivo:** Avaliar parâmetros funcionais e musculares em diferentes níveis de gravidade da DPOC e investigar suas associações com sintomas e qualidade de vida. **Métodos:** Trata-se de estudo transversal com indivíduos com diagnóstico de DPOC. A altura, peso e IMC foram obtidos por meio de estadiômetro e balança elétrica, a força muscular periférica foi avaliada pela dinamometria e a força respiratória pelas pressões inspiratória e expiratória máximas. A avaliação muscular foi complementada pela ultrassonografia apendicular e diafragmática. A capacidade física foi avaliada pelo teste de caminhada de seis minutos e *4-metre gait speed* e, a função pulmonar, foi avaliada pela prova de função pulmonar completa. Para avaliação da dispneia e a qualidade de vida, questionários específicos foram aplicados (*Medical Research Council* modificado, Índice de Dispneia Basal, teste de avaliação de DPOC – CAT e *Saint George Respiratory Questionnaire* – SGRQ). **Resultados:** Foram avaliados 88 indivíduos, com idade de 67,0 (62,8–71,0) anos e IMC médio de 26,2±5,4kg/m². O valor médio de VEF₁ foi de 57,6±18,0 na amostra geral. Quando comparado o grupo GOLD E com o grupo GOLD A/B, o grupo GOLD E apresentou menor Pimax [57,5%(49,7–68,7); 79,4%(64,5–99,9) p<0,001] e Pemax [86,5%(67,8–95,8); 97,7 (84,4–132,1) p=0,028], menor TC6 [63,6%(19,5); 77,9%(15,4) p=0,006], menor velocidade no 4MGS [0,78m/s (0,70–0,91); 1,01m/s (0,74–1,14) p=0,024], redução de VEF₁ [46,5(18,3%); 60,4(16,9%) p=0,003], redução da DLCO [47,5%(17,4); 70,4%(18,2) p<0,001], menor VVM [42,9%(17,5); 59,8%(20,7) p=0,008] e redução da espessura diafragmática direita [0,20cm(0,18–0,23); 0,24 (0,21–0,28) p=0,019], respectivamente. Adicionalmente, identificamos correlação do VEF₁ com a musculatura periférica (r=0,23–0,30; p<0,05), percentual de Pimax (r=–0,671; p<0,001), Pemax (r=0,451;p<0,001) e desempenho funcional (TC6: r=0,441;p<0,001; 4MGS: r=0,37; p=0,001). A dispneia, impacto clínico e qualidade de vida correlacionaram-se com o percentual da VVM (r = 0,570; p < 0,001), com o percentual do TC6 (r = –0,462; p < 0,001), com a Pimáx (r = –0,352; p = 0,002) e Pemáx (r = 0,341; p = 0,003). Ainda, o SGRQ apresentou correlação com a espessura do diafragma direito (r = 0,309; p = 0,012), diafragma esquerdo (r = 0,274; p = 0,026), e SLOPE direito (r = 0,331; p = 0,008). A velocidade da marcha pelo 4MGS se correlacionou com a dispneia pelo BDI [r = 0,286; p = 0,018] e impacto clínico pelo CAT [r = –0,329; p = 0,004]. Notamos ainda que, o tabagismo se associou com a gravidade da DPOC (OR = 0,22; IC95%: 0,07 – 0,69; p = 0,009), enquanto a espessura do vasto intermédio se associou de forma independente à gravidade (OR = 0,13; IC95%: 0,02–0,96; p = 0,045). **Conclusão:** Indivíduos com DPOC mais grave apresentam maior comprometimento funcional, respiratório e muscular, refletido em pior desempenho físico e maior sintomatologia.

Palavras-chaves: DPOC. Fadiga Muscular. Tolerância ao Exercício. Ultrassonografia. Pletismografia.

ABSTRACT

Rationale: Characterized by progressive and non-fully reversible airflow limitation, COPD has a marked impact on the musculoskeletal system, conferring dyspnea and exercise intolerance due to muscle fiber remodeling, hyperinflation, and low inspiratory capacity. **Objective:** To evaluate functional and muscular parameters at different levels of COPD severity and to investigate their associations with symptoms and quality of life. **Methods:** This was a cross-sectional study involving individuals diagnosed with COPD. Height, weight, and BMI were obtained using a stadiometer and electric scale, peripheral muscle strength was assessed by dynamometry, and respiratory strength was assessed by maximal inspiratory and expiratory pressures. Muscle evaluation was complemented by appendicular and diaphragmatic ultrasonography. Physical capacity was assessed by the six-minute walk test and 4-metre gait speed, and pulmonary function was assessed by the complete pulmonary function test. To assess dyspnea and quality of life, specific questionnaires were applied (modified Medical Research Council, Baseline Dyspnea Index, COPD Assessment Test – CAT, and Saint George Respiratory Questionnaire – SGRQ). **Results:** A total of 88 individuals were evaluated, with a age of 67.0 (62.8–71.0) years and a mean BMI of 26.2±5.4kg/m². The mean FEV1 value was 57.6±18.0 in the overall sample. When comparing the GOLD E group with the GOLD A/B group, the GOLD E group had lower MIP [57.5% (49.7–68.7); 79.4% (64.5–99.9) p<0.001] and Pemax [86.5% (67.8–95.8); 97.7 (84.4–132.1) p=0.028], lower 6MWT [63.6% (19.5); 77.9% (15.4) p=0.006], lower velocity in 4MGS [0.78m/s (0.70–0.91); 1.01m/s (0.74–1.14) p=0.024], reduction in FEV1 [46.5 (18.3%); 60.4 (16.9%) p=0.003], reduction in DLCO [47.5% (17.4); 70.4% (18.2) p<0.001], lower MVV [42.9% (17.5); 59.8% (20.7) p=0.008], and reduction in right diaphragmatic thickness [0.20 cm (0.18–0.23); 0.24 (0.21–0.28) p=0.019], respectively. In addition, we identified a correlation between FEV1 and peripheral musculature (r=0.23–0.30; p<0.05), percentage of MIP (r=–0.671; p<0.001), Pemax (r=0.451; p<0.001) and functional performance (6MWT: r=0.441; p<0.001; 4MGS: r=0.37; p=0.001). Dyspnea, clinical impact, and quality of life were correlated with the percentage of MVV (r = 0.570; p < 0.001), the percentage of the 6MWT (r = –0.462; p < 0.001), MIP (r = –0.352; p = 0.002), and MEP (r = 0.341; p = 0.003). In addition, the SGRQ was correlated with the thickness of the right diaphragm (r = 0.309; p = 0.012), left diaphragm (r = 0.274; p = 0.026), and right SLOPE (r = 0.331; p = 0.008). Gait velocity by 4MGS correlated with dyspnea by BDI [r = 0.286; p = 0.018] and clinical impact by CAT [r = –0.329; p = 0.004]. We also observed that smoking was associated with COPD severity (OR = 0.22; 95% CI: 0.07 – 0.69; p = 0.009), whereas vastus intermedia thickness was independently associated with gravity (OR = 0.13; 95% CI: 0.02–0.96; p = 0.045). **Conclusion:** Individuals with more severe COPD have greater functional, respiratory, and muscular impairment, which is reflected in worse physical performance and greater symptoms.

Keywords: COPD. Muscle Fatigue. Exercise Tolerance. Ultrasonography. Plethysmography.

SUMÁRIO

1. Introdução	12
1.1. Fisiopatologia da DPOC.....	13
1.2. Diagnóstico, classificação da gravidade e exacerbações	14
1.3. Funcionalidade na DPOC	15
2. Objetivos.....	18
2.1. Primário.....	18
2.2. Secundário.....	18
3. Métodos	19
3.1 Tipo de estudo e participantes.....	19
3.2 Critérios de inclusão.....	19
3.3 Critérios de exclusão	19
3.4 Delineamento.....	19
3.5 Desfechos	20
3.5.1 Primários	20
3.5.2 Secundários	20
3.6 Procedimentos do estudo.....	20
3.6.2 Espirometria	20
3.6.3 Pletismografia	21
3.6.4 Ventilação voluntária máxima.....	21
3.6.5 Dinamometria	22
3.6.6 Força muscular ventilatória.....	22
3.6.7 Antropometria	23
3.6.8 Ultrassonografia	23
3.6.9 Avaliação da Capacidade Física	24
3.6.10 Qualidade de vida e sensação de dispneia	24
3.6.11 Análise estatística	26
4. Resultados	27
7. Discussão	34
8. Conclusão	41
9. Referências	42
APÊNDICES E ANEXOS:.....	48
Apêndice 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	48
.....	48
Anexo 1. Questionário do Hospital St. Georg para doenças respiratórias	48
Anexo 1: <i>The St. George's Respiratory Questionnaire – Paul Jones</i>	48
Anexo 2: <i>Medical Research Council</i> Modificado (mMRC)	53
Anexo 3. <i>Baseline Dyspnea Index (BDI)</i>	54
Anexo 4. Teste de Avaliação da DPOC (<i>COPD Assessment Tool (CAT)</i>).....	55

1. Introdução

Caracterizada como uma questão de saúde pública devido ao grande acometimento na população mundial, a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é definida como uma condição pulmonar heterogênea associada a sintomas crônicos como tosse, dispneia, excesso da produção de muco e exacerbações, que está intimamente relacionada à limitação crônica e persistente do fluxo aéreo, com condições de alteração estrutural do sistema respiratório, subdivididos em enfisema pulmonar e bronquite crônica, com progressão e deterioração da função pulmonar (GOLD, 2025).

A DPOC é geralmente desencadeada pelo tabagismo, embora a exposição aos poluentes atmosféricos também seja considerada fator de risco para a doença. A inalação de partículas nocivas, como fumaça de cigarro, expõe o sistema orgânico a resposta inflamatória crônica generalizada e acentuada nas vias aéreas e pulmões. Isso envolve a ativação de células de defesa do sistema imunológico, como neutrófilos e macrófagos, e a liberação de citocinas pró-inflamatórias, gerando uma cascata inflamatória cíclica e crônica, que progride com a deterioração dos sistemas (GOLD, 2025; GUO et al., 2022).

Dados epidemiológicos de 2017 apontam que 544,9 milhões de pessoas no mundo viviam com doenças crônicas respiratórias, sendo que destes, cerca de 55% dos casos eram atribuídos à DPOC (GOLD, 2022; RABAHI, 2013). O relatório da *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD) (2025) aponta ainda que a prevalência global de pessoas vivendo com DPOC é de 10.3%, representando cerca de 480 milhões de indivíduos sobrevivendo a DPOC. As projeções sobre a prevalência denotam um crescimento de 25% até o ano de 2050, totalizando cerca de 592 milhões de pessoas vivendo com DPOC, sendo uma parte como resposta ao envelhecimento populacional global. Dados de revisões sistemáticas e metanálises fornecem evidências de que a DPOC é prevalente em indivíduos que já estiveram expostos de maneira ativa ao tabaco, bem como aqueles que ainda persistem na exposição. Esses achados entregam informações epidemiológicas importantes de acometimento, sendo maior em indivíduos ≥ 40 anos em comparação aos < 40 , exponencialmente maior em homens em relação às mulheres (GOLD, 2025; WANG et al., 2020).

1.1. Fisiopatologia da DPOC

Sua fisiopatologia é caracterizada por inflamação sistêmica, aumento do número de células inflamatórias e seus marcadores, como os macrófagos, presentes nas vias aéreas periféricas, no parênquima pulmonar e trama circulatória, além do aumento de neutrófilos e linfócitos. Essa associação de células inflamatórias, em conjunto com células epiteliais e outras células de função de revestimento e estrutura, libera múltiplos mediadores inflamatórios que, por meio de fatores quimiotáticos, atraem células circulantes e, consequentemente, amplificam o processo inflamatório por meio de células pró-inflamatórias. Isso induz estímulo ao crescimento celular, sendo responsável pelas mudanças estruturais observadas na doença como remodelamento e estreitamento das vias aéreas e destruição das paredes alveolares (GOLD, 2025; SZE et al., 2015).

A confirmação da obstrução ao fluxo aéreo é realizada pela prova de função pulmonar, sendo a ferramenta de análise pulmonar mais amplamente disponível e reproduzível para detecção de afecções pulmonares. As alterações das pequenas vias aéreas, juntamente com a degradação do parênquima pulmonar (como no enfisema, que culmina na perda da propriedade elástica pulmonar), são achados capazes de reduzir o recolhimento elástico normal e aumentar a resistência das vias aéreas. Essas mudanças podem não estar associadas no mesmo perfil clínico e, podem ainda estreitar as vias aéreas, com mudanças estruturais variáveis, produzindo exsudatos na luz das pequenas vias aéreas, reduzindo sua área de condutância e levando à perda da fixação alveolar (BARNES, 2014; LEE et al., 2007; MCDONOUGH et al., 2011).

Nesse sentido, as mudanças estruturais limitam a capacidade das vias aéreas de se manterem abertas durante a expiração, contribuindo para a obstrução do fluxo aéreo e disfunção mucociliar (GOLD, 2025; MCDONOUGH et al., 2011). Indivíduos com DPOC podem ainda apresentar redução progressiva do número e do calibre das pequenas vias aéreas (< 2 mm de diâmetro) devido à obstrução crônica e à destruição das inserções alveolares que as mantém abertas. Assim, esse agrupamento de alterações e disfunções corroboram para a limitação do esvaziamento pulmonar, refletindo na redução do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) e na relação entre esse volume a capacidade vital forçada (VEF_1/CVF), característicos de aprisionamento aéreo e hiperinsuflação pulmonar (GOLD, 2025; GREGORIANO et al., 2018; LEE et al., 2007; SZE et al., 2015).

1.2. Diagnóstico, classificação da gravidade e exacerbações

A característica primária dos sintomas da DPOC é a dispneia crônica associada à tosse produtiva, estando presente em cerca de 30% dos casos, sendo esses sintomas o motivo da procura médica e início da investigação da doença. Esses sintomas podem variar quanto ao período do dia e intensidade, podendo ainda preceder por muitos anos o desenvolvimento de obstrução do fluxo aéreo (KESSLER et al., 2011; CUKIER et al., 2020). Além disso, o diagnóstico de obstrução pode estar correlacionado ou não com os sintomas, ou seja, o paciente pode estar assintomático e, ainda assim, apresentar limitação do fluxo aéreo no exame espirométrico (GOLD, 2025).

O critério diagnóstico de obstrução do fluxo aéreo pela espirometria se dá pela relação pós-broncodilatador de $VEF_1/CVF < 0,7$, sendo um critério simples e independente da referência utilizada, contudo, salienta-se que seu uso deve ser analisado dentro de contexto clínico específico, considerando os sintomas clássicos da doença como tosse, expectoração e dispneia, além dos fatores de risco envolvidos (GOLD, 2025).

Em relação à gravidade da doença, a classificação se baseia no valor pós-broncodilatador do VEF_1 (percentual de referência), sendo: a) GOLD 1: obstrução leve, com $VEF_1 \geq 80\%$ do predito; b) GOLD 2: obstrução moderada, com VEF_1 entre 50 e 80% do predito; c) GOLD 3: obstrução grave, com VEF_1 entre 30 e 50% do predito; e c) GOLD 4: obstrução muito grave, com $VEF_1 < 30\%$ do predito (GOLD, 2025). Em relação à avaliação sintomática é feita por meio do *Modified Medical Research Council* (mMRC) ou do *COPD Assessment Test* (CAT), enquanto o risco é definido pela frequência de exacerbações no último ano. Com base nesses parâmetros, os pacientes são distribuídos nos grupos A, B ou E, conforme a atualização de 2023, que descontinuou os antigos grupos C e D (GOLD, 2025).

Finalmente, a classificação proposta pela GOLD (2025), representada no modelo GOLD ABE Assessment Tool, integra o histórico de exacerbações e o nível de sintomas para estratificação dos indivíduos com DPOC. Os grupos A e B englobam pacientes com zero ou uma exacerbação anual, desde que não tenham necessitado hospitalização, enquanto o grupo E inclui aqueles com duas ou mais exacerbações moderadas por ano ou pelo menos uma exacerbação que tenha levado à hospitalização, configurando um fenótipo de maior risco clínico e pior prognóstico. Além das exacerbações, a classificação considera o grau de sintomas por meio dos escores mMRC e CAT, sendo que valores de mMRC ≥ 2 indicam

dispneia mais acentuada, e escores de CAT ≥ 10 refletem maior impacto da doença na qualidade de vida. Dessa forma, a distinção entre os grupos A e B baseia-se na intensidade dos sintomas, enquanto o grupo E é definido principalmente pelo histórico de exacerbações graves, permitindo uma avaliação mais abrangente da gravidade e do risco clínico na DPOC.

Assim, a combinação entre o grau de obstrução e o perfil clínico resulta em classificações como GOLD 1A, 2B ou 3E, permitindo caracterizar o fenótipo e orientar o tratamento conforme a gravidade e o impacto da doença. Essa abordagem fornece uma visão abrangente da DPOC e direciona decisões terapêuticas, como o uso de broncodilatadores simples ou duplos, corticosteroides inalatórios e monitoramento clínico mais intensivo em casos de maior risco (CELLI et al., 2022; GOLD, 2025).

Além disso, a DPOC apresenta episódios de exacerbação que ocorrem durante sua evolução e são associadas com maior mortalidade. Ela se caracteriza pelo rápido e sustentado agravamento dos sintomas, principalmente da dispneia com variações nos outros sintomas como febre, tosse produtiva e expectoração purulenta (CELLI et al, 2023; GOLD, 2025). Classificadas após a ocorrência do evento, as exacerbações podem ser: a) leve, tratada apenas com broncodilatadores de curta ação; b) moderado, tratada com broncodilatadores e corticosteroides orais e/ou antibióticos) e c) grave, quando o paciente requer hospitalização ou internação em sala de emergência devido ao seu alto risco de evolução para a Insuficiência Respiratória Aguda (IRpA). As abordagens farmacológicas usuais nas exacerbações da DPOC são broncodilatadores, corticosteróides e antibióticos. As exacerbações da DPOC são eventos importantes e requer manejo preciso, haja vista que impactam negativamente a saúde do indivíduo, com deterioração da sua função pulmonar e aumenta sua morbimortalidade, além de onerar custos dos sistemas de saúde (CALVERLEY et al, 2022; GOLD, 2024).

1.3. Funcionalidade na DPOC

As evidências apontam que a DPOC não acomete apenas os pulmões e a musculatura respiratória, mas que há também comprometimento sistêmico significativo como desnutrição proteico-energética, redução da força e resistência muscular periférica e diminuição da tolerância ao exercício, que também têm grande impacto na gravidade da doença e na qualidade de vida (DOURADO et al., 2006; FABBRI et al., 2007; DOÑA et al., 2023; GOLD,

2025).

Em termos gerais, a disfunção musculoesquelética é precedida pela inatividade física, um importante determinante da piora do status físico e declínio da qualidade de vida, de hospitalização e morbimortalidade (DOÑA et al., 2023; DONALDSON et al., 2012; SEEMUNGAL et al., 2000). Os achados mais recentes apontam que o descondicionamento físico e a perda do status funcional podem estar presentes em casos leves da DPOC, em conjunto com a maior sensação de dispneia e redução da força muscular, tanto quanto em obstruções leves, como em tabagistas sem obstrução e/ou com preservação da função pulmonar (DOÑA et al., 2023; TONGA; OLIVER, 2023).

O comprometimento da capacidade física é uma das principais limitações enfrentadas por pacientes com DPOC, impactando negativamente a qualidade de vida e a realização das atividades de vida diária (AVDs) (NEUNHÄUSERER et al., 2021). Nesse aspecto, o estudo da funcionalidade e/ou capacidade física deve ser considerada parte fundamental do cuidado desses indivíduos, pois permite identificar o nível de preservação da capacidade de exercício, sendo esse parâmetro de grande relevância clínica, pois evidencia o desempenho funcional no dia a dia e reflete diretamente na tolerância à dispneia durante diferentes níveis de esforço (NEUNHÄUSERER et al., 2021; OZSOY et al., 2019).

Em relação à disfunção muscular, Jolley et al (2015) e Man et al (2003) apontam que a fadiga de membros inferiores (MMII) de forma isolada supera a sensação de dispneia em 43% dos pacientes com DPOC durante o teste de exercício máximo. Esse achado pode ter relação com as alterações de composições de fibras musculares, haja vista que estudo de metanálise mostrou que os pacientes com DPOC grave ou muito grave apresentam maior redução de fibras musculares do tipo I, que são responsáveis pela contração lenta e resistência à fadiga do músculo vasto-lateral, evento que pode estar relacionado à baixa capacidade de exercício destes pacientes (GOSKER, 2007). Contudo, mesmo os MMII sendo os principais responsáveis pela limitação das AVDs, sabe-se que as atividades realizadas com os membros superiores (MMSS) também são pouco toleradas pelos indivíduos, em especial aquelas que envolvem a não sustentação dos membros acima da linha dos ombros (JOLLEY et al 2015; MIRANDA, MALAGUTI, CORSO, 2011).

Observa-se, portanto, que a DPOC não se caracteriza apenas pela limitação ventilatória, mas por um processo sistêmico progressivo que envolve perda funcional,

alterações musculares importantes e redução substancial da capacidade de exercício. Assim, compreender como esses diferentes domínios se inter-relacionam é essencial, sobretudo porque as manifestações musculoesqueléticas e funcionais podem surgir mesmo em estágios leves da doença ou em indivíduos com função pulmonar preservada. Essa perspectiva integrada reforça a necessidade de avaliações amplas que transcendam a análise isolada do comprometimento pulmonar, preparando o terreno para a hipótese e a justificativa do presente estudo.

Diante disso, a hipótese principal do presente estudo é que, quando analisados de forma integrada, os parâmetros funcionais, a força muscular respiratória e periférica, bem como a composição e a estrutura muscular, revelam um padrão sistêmico de deterioração mais sensível e representativo da progressão da DPOC do que a avaliação isolada de cada variável, evidenciando, inclusive, diferenças entre os distintos níveis de gravidade da doença.

Nesse sentido, o presente estudo se justifica pelo fato de que a DPOC promove disfunções funcionais e musculares que não se limitam ao pulmão, mas afetam de forma importante a capacidade física, a composição corporal e a qualidade de vida. Contudo, estudos que integrem avaliação funcional, força muscular respiratória e periférica, composição corporal e morfologia muscular por ultrassonografia em diferentes níveis de gravidade da doença ainda são escassos. Assim, além de preencher essa lacuna ao avaliar e correlacionar múltiplos domínios fisiológicos e clínicos, a análise conjunta desses parâmetros é capaz de fornecer uma visão mais completa das repercussões sistêmicas da DPOC e auxiliar na identificação de marcadores clínicos simples e relevantes para o acompanhamento desses pacientes.

2. Objetivos

2.1. Primário

Avaliar os parâmetros funcionais e musculares em diferentes níveis de gravidade da DPOC.

2.2. Secundário

Correlacionar os parâmetros funcionais e musculares com sintomas e qualidade de vida desses indivíduos.

3. Métodos

3.1 Tipo de estudo e participantes

Trata-se de um estudo transversal analítico em que foram convidados a participar os indivíduos em acompanhamento regular nos ambulatorios de pneumopatias do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu – HCFMB.

3.2 Critérios de inclusão

- Idade maior ou igual a 40 anos;
- Diagnóstico confirmado de DPOC (VEF1/CVF <0,7 após broncodilatação);
- Estabilidade clínica: ausência de exacerbação três meses antes das avaliações;
- Terapia medicamentosa otimizada e com adesão adequada;

3.3 Critérios de exclusão

- Pacientes com diagnóstico de outras doenças respiratórias;
- Limitação cognitiva e/ou incapacidade de compreensão dos objetivos e métodos do estudo;
- Dependentes funcionais, em uso de dispositivos auxiliares de deambulação como bengalas, muletas, andadores e cadeiras de rodas ou com diagnóstico de doenças que limitem e/ou impeçam a deambulação;
- Presença de prótese de membros inferiores e/ou submetidos a artroplastias totais de membros inferiores e superiores;
- Uso de marca-passo cardíaco, angina instável ou insuficiência cardíaca congestiva classe III ou IV.

3.4 Delineamento

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu (CAAE: 77505623.3.0000.5411), os indivíduos em consulta de rotina foram convidados a

participar deste estudo. Aqueles que concordaram em participar e atenderem aos critérios de inclusão, foram convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, foram agendados para consulta que abrangeu avaliação da função pulmonar completa, composição de corpo, qualidade de vida, sensação de dispneia, ultrassonografia musculoesquelética e capacidade física.

3.5 Desfechos

3.5.1 Primários

Parâmetros funcionais (prova de função pulmonar, teste de caminhada de seis minutos e *4-metre gait speed*), força muscular respiratória (Pimax/Pemax), força muscular periférica (dinamometria) e morfologia muscular (Ultrassonografia muscular).

3.5.2 Secundários

Escore de dispneia (mMRC e BDI) e qualidade de vida (CAT e SGRQ).

3.6 Procedimentos do estudo

3.6.1. Classificação da gravidade

Para classificação da gravidade foi utilizado o modelo proposto pela GOLD (2025), com categorização dos participantes em dois grupos: a) GOLD A e B (leves) e GOLD E (graves).

3.6.2 Espirometria

A espirometria foi realizada em sistema portátil computadorizado de função pulmonar (Ferraris Koko, Louisville, CO, USA), de acordo com os critérios da *American Thoracic Society* (ATS 2005). Foram medidos a CVF em litros (L) e o VEF1 em litros (L), e calculada a razão entre as duas medidas (VEF1/CVF). As medidas foram obtidas antes e 20 minutos após o uso

de fenoterol 400mcg dosimetrado como medicação broncodilatadora. Os valores de CVF e VEF1 também serão expressos em porcentagem dos valores de referência (PEREIRA, 2002).

3.6.3 Pletismografia

Para análise da resistência de vias aéreas e da capacidade inspiratória foi utilizado como recurso a Pletismografia (CareFusion Germany 234 GMBH, Hochberg, 97204, Alemanha). O paciente foi orientado a adentrar a cabine de controle térmico e pressórico e, após o devido posicionamento no obturador e uso de clips nasal conforme recomendações técnicas da *American Thoracic Society* e *European Respiratory Society* (WANGER et al, 2005). Em seguida, foi orientado a relaxar e respirar normalmente entre as medidas. O padrão solicitado durante o obturador aberto será de arquejar com sustentação das mãos espalmadas na bochecha e com respirações que fossem curtas, rápidas e uniformes entre si. Os valores de normalidade para análise foram de $R_{va} = 0,5$ a $2,50 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$ enquanto $G_{va}/V_p = 0,12$ a $0,37 \text{ L/s/cmH}_2\text{O}$ (PEREIRA, 2002).

3.6.4 Ventilação voluntária máxima

A ventilação voluntária máxima (VVM) seguiu as recomendações de execução com base nas diretrizes da ATS/ERS (WANGER et al, 2005). A VVM compreende o maior volume de ar que o indivíduo pode mobilizar em um minuto com esforço voluntário máximo. O teste fornece uma avaliação geral da função ventilatória, representando o volume máximo de ar ventilado em um determinado período por repetidas manobras respiratórias forçadas. Com o indivíduo em sedestação e a peça bucal do aparelho de função pulmonar acoplado e vedado (Ferraris Koko, Louisville, CO, USA ou CareFusion Germany 234 GMBH, Hochberg, 97204, Alemanha), foi solicitado inspirações e expirações máximas repetidamente por 15 segundos. A cadência do exame foi estimulada pelo técnico como garantia da manobra reprodutível. Dos critérios de reprodutibilidade para aceite da curva e seus valores, cita-se: a) o primeiro e segundo maior volume devem oscilar menos que 10% do valor e b) o melhor teste será selecionado, devendo ser o de maior valor. Os valores de normalidade para as manobras de VVM foram obtidos por meio da aplicação da fórmula prevista por Pereira et al (2007): $VVM = 37.5 \times VEF1 + 15.8$ e limite inferior: $VVM \text{ Previsto} - 26$, para ambos os sexos e raça.

3.6.5 Dinamometria

A força muscular periférica (hand grip) foi avaliada no membro superior dominante, com um dinamômetro hidráulico manual (SH 5001, SAEHAN). Para a avaliação foram seguidas as recomendações de *American Society of Hand Therapists* (1992), com o indivíduo sentado em uma cadeira, com a mão não dominante apoiada sobre a coxa. Em relação ao membro avaliado, o participante foi instruído a manter o ombro em posição neutra, cotovelo em flexão de 90° e o antebraço em rotação neutra. Foram realizadas três medidas, sendo o maior valor considerado para análise. Durante as mensurações o avaliador emitiu um estímulo verbal padronizado e realizou um período de um minuto para descanso entre cada medida.

3.6.6 Força muscular ventilatória

A força inspiratória foi avaliada pela medida da Pressão Inspiratória Máxima (PiMax), que é o método mais usado para medir a força inspiratória. Baseia-se na medida da pressão nas vias aéreas superiores durante uma inspiração máxima (manobra de Mueller). Trata-se de uma medida simples, de baixo custo, rápida e não-invasiva, realizada por um manovacuômetro analógico com válvula unidirecional (Murenas – Juiz de Fora, MG, Brasil). Com os pacientes sentados e nariz ocluído por um clipe nasal, serão orientados a expirar até o volume residual e, a seguir, fazer uma inspiração máxima, mantendo-a por um a dois segundos. Já a força expiratória foi avaliada pela medida da Pressão Expiratória Máxima (PeMax). Os pacientes foram orientados a inspirar até a capacidade pulmonar total (CPT) e, depois, fazer uma expiração máxima (manobra de valsava), mantendo-a por um a dois segundos. Para a PiMax e PeMax, as manobras foram repetidas de três a cinco vezes e para análise foi considerado o maior valor obtido, desde que a última medida não seja superior à maior medida (incremento de 10%) (HOLCROFT et al; 2003). Os valores de referência foram baseados em dados obtidos em uma população brasileira e qualificados através da equação proposta por NEDER et al. (1999):

Pimáx	Pemáx
H: $-0,80 \times \text{idade} + 155,3$	H: $-0,81 \times \text{idade} + 165,3$
M: $-0,49 \times \text{idade} + 110,4$	M: $-0,61 \times \text{idade} + 115,6$

3.6.7 Antropometria

A avaliação antropométrica foi realizada por meio da mensuração da estatura e do peso corporal, que foram determinados por estadiômetro e balança eletrônica Filizola®, com os pacientes em posição ereta, sem calçados e utilizando roupas leves. O IMC foi calculado através da relação entre o peso em quilogramas (kg) e a estatura em metros quadrados (m²) ($\text{IMC} = \text{peso}/\text{estatura}^2$).

3.6.8 Ultrassonografia

Para avaliação da ultrassonografia da musculatura diafragmática e apendicular, foi utilizado o aparelho GE Healthcare modelo LOGIC. A avaliação da musculatura diafragmática, compreendendo a espessura e excursão diafragmática, foi utilizado transdutor linear de alta frequência (10-20MHz) e setorial de baixa frequência (1-5Mhz) respectivamente, entre a região de costelas na linha axilar lateral. O paciente esteve posicionado em decúbito dorsal com elevação de membros superiores e posicionamento na região occipital durante o exame. O probe mark do ultrassom foi posicionado no sentido craniocaudal e janelamento inicial em modo B e posterior modo M para avaliação da excursão diafragmática, prosseguida com freeze da imagem, com profundidade de 15cm, ganho de imagem em 60 e velocidade de varredura em 0. A tecla de medida slope foi ativada e posicionada no início da curva inspiratória e direcionada até sua inclinação inspiratória máxima. A quantificação da excursão e mobilidade diafragmática foi orientada pelos seguintes valores de referência para homens 1.8 ± 0.3 cm /s, e em mulheres os valores passam a ser 1.6 ± 0.3 cm /s. A importância da análise da excursão e mobilidade é a identificação do aumento ou normalização do trabalho respiratório, bem como a mensuração da mecânica diafragmática no compartimento torácico. A espessura diafragmática foi considerada como ponto de corte os valores de 0.48cm para mulheres e 0.55 cm para homens (CARDENAS et al, 2018).

A avaliação apendicular abrangeu os músculos peitorais maior e quadríceps femoral, utilizando transdutor de alta frequência (10-20MHz) em janelamento modo B para investigação da espessura muscular. Com o paciente em decúbito dorsal, transdutor posicionado em sentido craniocaudal no ponto de 75% da distância entre espinha íliaca anterossuperior e côndilo femoral. Os ajustes de imagem seguiram orientados com *preset* muscular, profundidade de 10cm e ganho de imagem em 40. Foi realizado duas medidas consecutivas das espessuras com dois avaliadores independentes, e realizado a média, sendo esse o valor médio da espessura. (ARTS et al, 2010; DE ANDRADE-JUNIOR et al, 2021).

3.6.9 Avaliação da Capacidade Física

Para análise do status funcional foi utilizado o teste de caminhada de seis minutos e aplicado de acordo com as Diretrizes da ATS (2002). Em um corredor com delimitação de 30 metros, os pacientes foram instruídos a caminhar a maior distância possível durante os seis minutos. No desenvolvimento do teste, foi utilizado estímulos verbais padronizado a cada minuto. A distância percorrida foi medida em metros e a SpO2 monitorada durante todo o teste. Os testes foram realizados sem suplementação de O2 com objetivo de quantificar a dessaturação no esforço, sendo que a SpO2 abaixo de 88% por mais de um minuto será considerada como dessaturação e, acima deste valor, sem dessaturação.

O segundo teste utilizado foi utilizado o Teste de Velocidade de 4 metros “*4-metre gait speed*”. Foi utilizado um espaço pequeno com 8 metros, sendo 2 metros para fase de aceleração, 4 metros para o período de análise da velocidade e 2 metros finais para fase de desaceleração. Foi orientado uso de roupas leves e confortáveis para facilitar o desempenho. O avaliador utilizou cones para demarcação do perímetro de teste e cronômetro para mensuração do tempo. O indivíduo foi orientado a reproduzir uma marcha usual e rotineira e só então, dentro do perímetro central de 4 metros, foi contabilizado o valor em segundos do desempenho do paciente. O resultado foi calculado pela fórmula $\frac{\text{distância (m)}}{\text{tempo (s)}}$. Foi realizado dois testes para fins de reprodutibilidade e fase de educação, e o menor valor em segundos será utilizado para análise do status funcional (KON et al., 2014; TINO et al., 2020).

3.6.10 Qualidade de vida e sensação de dispneia

Para verificar o estado de saúde foi utilizada a versão validada para a língua e cultura brasileira do Questionário do Hospital Saint George na Doença Respiratória (SGRQ) (Anexo 1). O SGRQ é composto de três domínios: sintomas, relativo ao desconforto causado por sintomas respiratórios; impacto, que verifica o impacto global nas atividades de vida e no bem-estar do paciente; atividades, que avalia as alterações da atividade física e o escore total correspondente à somatória dos três domínios. O escore de cada domínio e o escore total varia de 0 a 100 pontos, onde a pontuação zero corresponde à ausência de disfunção e a pontuação 100 corresponde a disfunção máxima. Os resultados são expressos em porcentagem, sendo que modificações acima de 4% mostram diferença clinicamente significativa para cada domínio (SOUSA; JARDIM; JONES, 2000)

A avaliação da dispneia foi realizada através da escala desenvolvido pela *Medical Research Council* Modificado (mMRC) (Anexo2) e validado para a língua portuguesa. Com escala de cinco pontos, este instrumento é baseado nas atividades que desencadeiam a dispneia e, quanto mais elevada a pontuação, maior a sensação de dispneia (KOVELIS et al., 2008)

A magnitude da dispneia foi avaliada pelo *Baseline Dyspnea Index* (BDI) versão traduzida para a língua e cultura brasileiras (Anexo 3). O BDI avalia três aspectos importantes: primeiro é avaliada a intensidade da tarefa responsável por desencadear a dispneia, no segundo a intensidade de esforço responsável por desencadear dispneia é avaliada e, no terceiro é estimada a incapacidade funcional que a dispneia causa ao paciente. Cada item varia de zero a quatro, sendo o escore total obtido pela soma dos três itens. Quanto menor a pontuação maior a intensidade de dispneia (MAHLER et al., 1984)

Para avaliação do impacto da DPOC na vida do paciente, bem como para medir a gravidade dos sintomas apresentados, foi utilizado o Teste de Avaliação da DPOC (*COPD Assessment Test – CAT*) (Anexo 4), sendo uma ferramenta subjetiva composta por oito itens que aborda sobre a presença de tosse, catarro, aperto no peito, falta de ar, limitações das atividades domiciliares, perda de confiança no ambiente domiciliar, sono e energia. Para cada variável analisada, o paciente pode escolher apenas uma das opções de resposta, que é pontuada de zero a cinco. Todos os pontos das variáveis analisadas foram somados demonstrando o impacto clínico da DPOC. Os resultados foram classificados de acordo com seu impacto clínico, sendo: leve (6-10 pontos); moderado (11-20 pontos); grave (21-30 pontos) e extremamente grave (31-40 pontos) (JONES et al., 2009).

3.6.11 Análise estatística

Para o cálculo do tamanho amostral, utilizou-se o software GPower 3.1, considerando valores de referência do limite inferior de normalidade da ultrassonografia diafragmática e sua variância entre homens e mulheres saudáveis, conforme descrito na literatura (CARDENAS et al., 2018). Estimou-se um tamanho de efeito de 0,6 para comparação entre grupos independentes, adotando poder estatístico de 80% e nível de significância de 5%. Com esses parâmetros, obteve-se um tamanho amostral estimado de 90 participantes com DPOC, ajustado por sexo e gravidade da doença.

A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar a amostra. As variáveis contínuas com distribuição normal foram apresentadas como média e desvio-padrão, enquanto aquelas com distribuição não normal foram descritas em mediana e intervalo interquartil (25–75%). A comparação entre dois grupos foi realizada por meio de testes paramétricos (teste t de Student) ou não paramétricos (Mann–Whitney), de acordo com a distribuição dos dados. Para análise de variáveis categóricas, empregaram-se os testes Qui-quadrado ou Exato de Fisher. As correlações foram avaliadas pelos coeficientes de Pearson ou Spearman, conforme a distribuição das amostras.

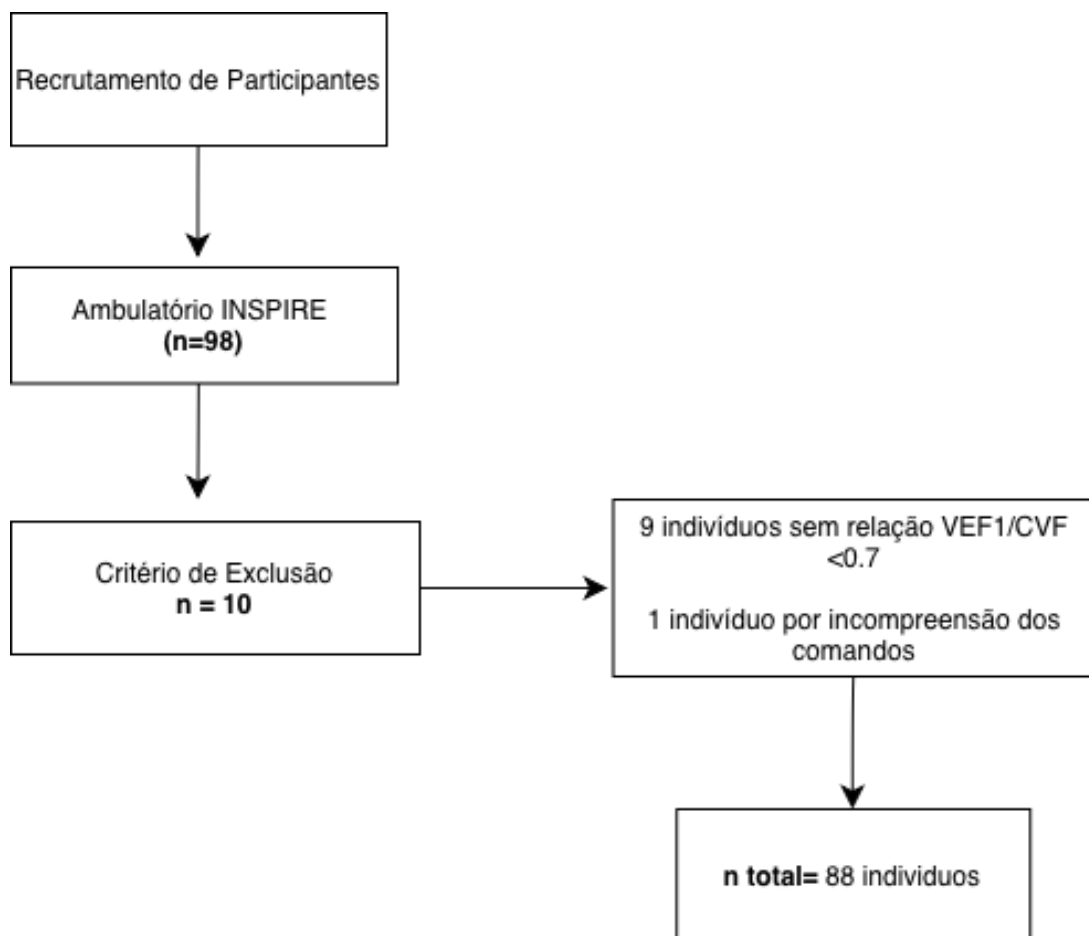
Inicialmente, foram conduzidas análises univariadas para identificar variáveis associadas à gravidade da obstrução. Em razão do número reduzido de eventos no grupo grave, o modelo multivariado incluiu apenas as variáveis com maior plausibilidade clínica e/ou significância estatística, seguindo a recomendação de pelo menos 10 eventos por variável. O tabagismo foi incluído como variável de ajuste no modelo final, tanto por apresentar associação significativa na análise univariada quanto por seu papel reconhecido na progressão e gravidade da DPOC.

O nível de significância foi de 5% para todos os testes e foi utilizado o seguinte pacote estatístico: Jamovi versão 2.7.12 (The Jamovi Project, Sydney, Austrália).

4. Resultados

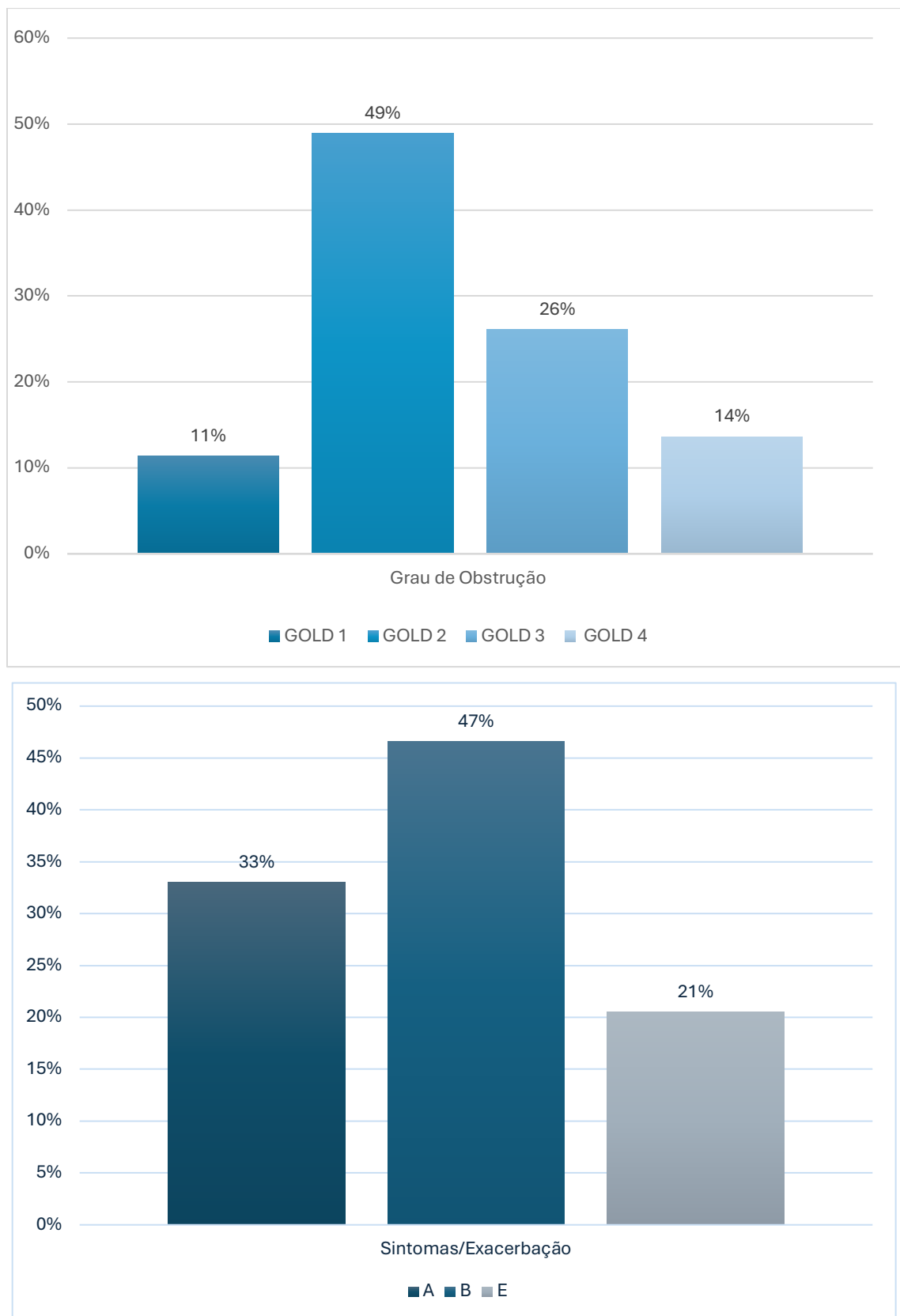
Entre o período de março de 2024 a maio de 2025, foram avaliados 98 participantes em acompanhamento regular nos ambulatórios de pneumopatias do HCFMB e, após aplicação dos critérios de exclusão, a amostra final foi constituída de 88 indivíduos, abordados no ambulatório de rastreio de doenças respiratórias denominado INSPIRE, conforme exposto na Figura 1:

Figura 1: Critério de Elegibilidade



Quanto à distribuição dos participantes segundo os critérios da GOLD (2025), observa-se predomínio do grupo com obstrução moderada (GOLD 2), com sintomas/ impactos de moderados à grave (GOLD B), conforme observado na Figura 2.

Figura 2: Classificação dos participantes de acordo com os critérios GOLD (2025)



Na caracterização da amostra, não foram observadas diferenças significativas quanto ao sexo, IMC e idade entre os diferentes grupos de gravidade. Além disso, verificou-se que os participantes classificados como GOLD E apresentaram menor desempenho no TC6 e 4MGS, maiores escores no mMRC e domínio “atividades” do SGRQ, bem como menor escore do BDI, dos valores de VEF₁ e DLCO e da espessura diafragmática direita, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização da amostra

CARACTERÍSTICAS	TOTAL (n = 88)	GOLD E (n = 18)	GOLD A e B (n = 70)	p
Sexo feminino, n (%)	44 (50)	6 (33,3%)	38 (54,3)	0,113
Idade, anos, mediana (IQT)	67,0 (62,8–71,0)	66,0 (63,3–70,0)	67,5 (62,3–71,0)	0,996
IMC, kg/m ² , média (DP)	26,2 (5,4)	25,9 (6,9)	26,2 (5,0)	0,832
Tabagismo atual, n (%)	54,0 (61,4)	6,0 (33,3)	48,0 (68,6)	0,006
Ex-tabagismo, n (%)	33,0 (37,5)	12,0 (66,7)	21,0 (30,0)	0,004
Carga tabágica, anos-maço, mediana (IQT)	48,0 (37,0–57,5)	50,0 (40,8–63,8)	47,0 (36,8–55,3)	0,577
SGRQ				
Sintomas, % predito, média (DP)	44,0 (22,5)	39,4 (23,9)	45,1 (22,2)	0,402
Atividades, % predito, média (DP)	48,9 (26,0)	61,3 (24,6)	45,7 (25,6)	0,044
Impacto, % predito, mediana (IQT)	23,4 (15,1–37,0)	25,3 (17,2–30,4)	23,3 (14,3–42,8)	0,858
Total, % predito, média (DP)	36,6 (24,8–47,0)	38,3 (16,2)	36,2 (17,9)	0,688
CAT , escore, mediana (IQT)	11,0 (6,0–17,3)	13,5 (8,7–19,7)	10,5 (5,2–16,0)	0,081
mMRC , escore, média (DP)	1,0 (1,0–2,0)	2,0 (1,0–2,0)	1,0 (1,0–2,0)	0,019
BDI , escore, mediana (IQT)	9,0 (6,0–9,0)	7,0 (6,0–9,0)	9,0 (7,0–10,0)	0,019
TC6				
Percurso, metros, média (DP)	398,0 (97,7)	340,0 (111,5)	414,9 (87,4)	0,010
% predito, média (DP)	74,7 (17,3)	63,6 (19,5)	77,9 (15,4)	0,006
4MGS , m/s, mediana (IQT)	0,91 (0,71–1,10)	0,78 (0,70–0,91)	1,01 (0,74–1,14)	0,024
Preensão Manual				
Kg/f, média (DP)	31,2 (9,2)	31,8 (12,4)	31,0 (8,4)	0,774
% predito, mediana (IQT)	93,1 (81,1–108,6)	87,7 (76,6–107,0)	95,1 (82,5–109,0)	0,486
Força Muscular Respiratória				
Pimax, cmH ₂ O, mediana (IQT)	-60,0 (-95,0 – -50,0)	-50,0 (-60,0 – -50,0)	-70 (-100,0 – -50,0)	0,003
Pimax, % predito, mediana (IQT)	72,3 (58,2 – 97,5)	57,5 (49,7–68,7)	79,4 (64,5–99,9)	< 0,001
Pemax, cmH ₂ O, mediana (IQT)	100,0 (70,0–120,0)	87,5 (66,3–100,0)	100,0 (70,0–120,0)	0,257
Pemax, % predito, mediana (IQT)	94,6 (79,2–127,1)	86,5 (67,8–95,8)	97,7 (84,4–132,1)	0,028
Função Pulmonar pós BD				
CVF, L, mediana (IQT)	2,62 (1,97–3,31)	2,26 (1,76–3,37)	2,66 (2,06–3,29)	0,423

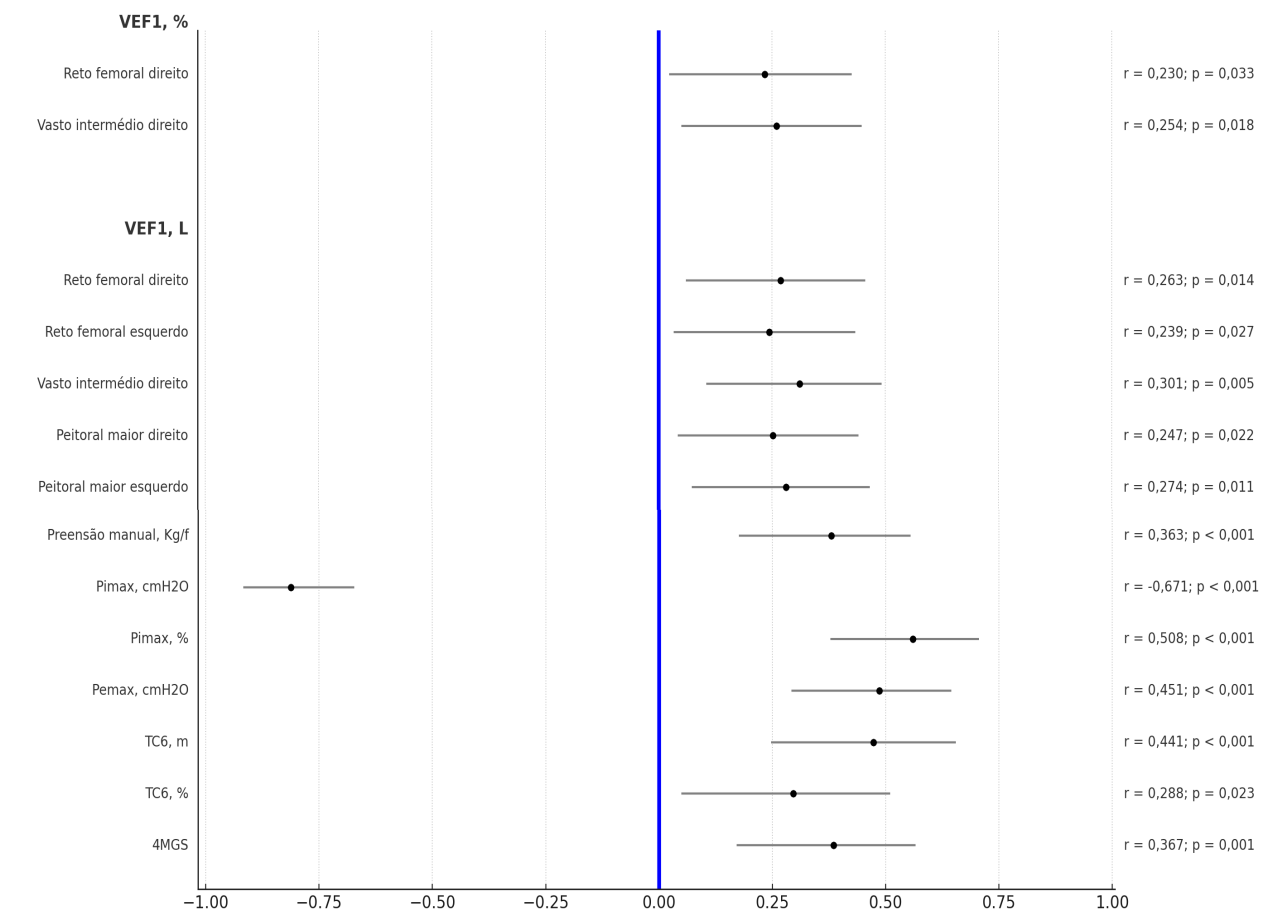
CVF, %, média (DP)	78,8 (16,9)	71,7 (20,9)	80,6 (15,4)	0,047
VEF ₁ , L, mediana (IQT)	1,40 (1,10–1,88)	1,06 (0,83–1,78)	1,44 (1,15–1,93)	0,033
VEF ₁ , %, média (DP)	57,6 (18,0)	46,5 (18,3)	60,4 (16,9)	0,003
VEF ₁ /CVF, mediana (IQT)	0,59 (0,50–0,66)	0,52 (0,41–0,60)	0,59 (0,52–0,66)	0,043
CI, litros, média (DP)	2,0 (0,8)	1,7 (0,7)	2,1 (0,8)	0,162
CI, %, mediana (IQT)	81,8 (27,6)	70,3 (30,8)	84,4 (26,4)	0,074
CPT, litros, média (DP)	6,5 (1,6)	6,8 (1,7)	6,5 (1,5)	0,548
CPT, %, média (DP)	119,3 (21,0)	116,2 (24,0)	120,0 (20,4)	0,526
CI/CPT, média (DP)	0,31 (0,10)	0,27 (0,10)	0,32 (0,10)	0,084
DLCO, mmol/min/kpa/l, mediana (IQT)	12,4 (10,0–16,6)	9,8 (8,1–11,2)	13,8 (11,3–16,9)	0,003
DLCO, %, média (DP)	65,2 (20,3)	47,5 (17,4)	70,4 (18,2)	< 0,001
KCO, mmol/min/kpa/l, média (DP)	2,9 (0,9)	2,3 (0,8)	3,0 (0,8)	0,012
VVM pré BD				
L/min, média (DP)	65,5 (28,0)	45,8 (17,5)	69,9 (28,1)	0,004
% predito, média (DP)	56,7 (21,1)	42,9 (17,5)	59,8 (20,7)	0,008
Ultrassonografia Apendicular				
Reto femoral d, cm, mediana (IQT)	1,12 (0,87–1,31)	1,06 (0,82–1,16)	1,15 (0,89–1,33)	0,168
Reto femoral e, cm, mediana (DP)	1,08 (0,85–1,29)	1,02 (0,81–1,14)	1,11 (0,89–1,31)	0,159
Vasto intermédio d, cm, mediana (IQT)	1,15 (0,99–1,37)	1,09 (0,78–1,32)	1,16 (1,01–1,39)	0,180
Vasto intermédio, e, cm, média (DP)	1,17 (0,31)	1,05 (0,37)	1,19 (0,29)	0,088
Peitoral d, cm, mediana (IQT)	0,86 (0,75–0,99)	0,81 (0,72–0,99)	0,87 (0,76–1,00)	0,474
Peitoral e, cm, média (DP)	0,83 (0,69–1,04)	0,83 (0,67–0,70)	0,84 (0,70–1,07)	0,298
Ultrassonografia Diafragmática				
Espessura d, cm, mediana (IQT)	0,23 (0,21–0,28)	0,20 (0,18–0,23)	0,24 (0,21–0,28)	0,019
Espessura e, cm, mediana (IQT)	0,23 (0,21–0,26)	0,22 (0,19–0,25)	0,23 (0,21–0,27)	0,223
VC d, cm/s, mediana (IQT)	1,24 (0,96–1,67)	1,08 (0,92–1,55)	1,27 (1,01–1,73)	0,304
VC e, cm/s, mediana (IQT)	1,50 (1,10–1,95)	1,44 (1,21–1,90)	1,51 (1,07–2,02)	0,815
Excursão d, cm, mediana (IQT)	2,25 (1,61–2,75)	2,29 (1,46–2,99)	2,22 (1,75–2,66)	0,625
Excursão e, cm, mediana (IQT)	2,32 (1,85–2,92)	2,53 (1,69–3,20)	2,32 (1,87–2,91)	0,812

Nota: DP = desvio padrão; IQT = intervalo interquartil; IMC = índice de massa corporal; SGRQ = *St. George's Respiratory Questionnaire*; CAT = COPD Assessment Test; mMRC = *Modified Medical Research Council*; BDI = *Baseline Dyspnea Index*; TC6 = teste de caminhada de 6 minutos; 4MGS = *4-meter gait speed*; Pimax/Pemax = pressão inspiratória/expiratória máximas; VEF₁ = volume expiratório forçado no 1º segundo; CVF = capacidade vital forçada; CI = capacidade inspiratória; CPT = capacidade pulmonar total; DLCO = capacidade de difusão do monóxido de carbono; KCO = coeficiente de transferência do CO; VVM = ventilação voluntária máxima; BD = broncodilatador; VC = velocidade de contração.

A análise das correlações entre a gravidade da obstrução e os diferentes grupos musculares revelou associações positivas estatisticamente significativas entre o VEF₁ (%) e os músculos reto femoral direito e vasto intermédio direito. No que se refere ao VEF₁ (L), foram identificadas correlações significativas positivas com os músculos reto femoral direito, reto femoral esquerdo, vasto intermédio direito, vasto intermédio esquerdo, peitoral maior direito e

peitoral maior esquerdo. Adicionalmente, observaram-se correlações estatisticamente significativas entre Preensão manual, Pimax, Pemax, TC6 e 4MGS com o VEF1 (L) (Figura 2).

Figura 2. Correlações entre VEF1, grupos musculares e demais parâmetros de funcionalidade



Já as correlações entre os diferentes músculos avaliados, parâmetros funcionais, sintomas e qualidade de vida são apresentados na Tabela 2. Em termos gerais, foram identificadas correlações significativas entre variáveis respiratórias e funcionais com os escores dos instrumentos utilizados. A velocidade de contração diafragmática apresentou associações com BDI, mMRC e domínios do SGRQ. A VVM, em valores absolutos e percentuais, correlacionou-se com BDI, mMRC, CAT e SGRQ. O TC6 mostrou correlações com BDI, mMRC, CAT e domínios do SGRQ, enquanto Pimax, Pemax e 4MGS apresentaram correlações com um menor número de desfechos.

Tabela 2. Correlações entre grupos musculares, funcionalidade, sintomas e qualidade de vida

Variáveis	BDI, escore	mMRC, escore	CAT, escore	SGRQ, %			
				Sintomas	Atividades	Impacto	Total
Peitoral maior d, cm	—	—	$r = -0,236$ $p = 0,029$	—	—	—	—
Espessura diafragmática d, cm	—	—	—	$r = 0,279$ $p = 0,023$	—	$r = 0,258$ $p = 0,036$	$r = 0,309$ $p = 0,012$
Espessura diafragmática e, cm	—	—	—	$r = 0,254$ $p = 0,040$	—	—	$r = 0,274$ $p = 0,026$
Velocidade de contração d, cm/s	$r = -0,300$ $p = 0,009$	$r = 0,246$ $p = 0,025$	—	—	$r = 0,314$ $p = 0,011$	$r = 0,247$ $p = 0,049$	$r = 0,331$ $p = 0,008$
Velocidade de contração e, cm/s	—	$r = 0,250$ $p = 0,025$	—	—	—	—	—
VVM, L/min	$r = 0,600$ $p < 0,001$	$r = -0,447$ $p < 0,001$	$r = -0,276$ $p = 0,019$	—	$r = -0,458$ $p < 0,001$	$r = -0,277$ $p = 0,037$	$r = -0,315$ $p = 0,017$
VVM, %	$r = 0,570$ $p < 0,001$	$r = -0,459$ $p < 0,001$	$r = -0,312$ $p = 0,008$	—	$r = -0,362$ $p = 0,006$	—	—
Pimax, cmH ₂ O	$r = -0,352$ $p = 0,002$	$r = 0,337$ $p = 0,002$	—	—	—	—	—
Pimax, %	$r = 0,259$ $p = 0,025$	$r = -0,306$ $p = 0,005$	$r = -0,224$ $p = 0,004$	—	—	—	—
Pemax, cmH ₂ O	$r = 0,341$ $p = 0,003$	$r = -0,293$ $p = 0,008$	—	—	—	—	—
Pemax, %	—	$r = -0,260$ $p = 0,020$	—	—	—	—	—
TC6, m	$r = 0,518$ $p < 0,001$	$r = -0,340$ $p = 0,007$	$r = -0,465$ $p < 0,001$	—	$r = -0,347$ $p = 0,016$	$r = -0,342$ $p < 0,017$	$r = -0,312$ $p = 0,031$
TC6, %	$r = 0,507$ $p < 0,001$	$r = -0,333$ $p = 0,008$	$r = -0,462$ $p < 0,001$	—	$r = -0,321$ $p = 0,026$	$r = -0,344$ $p = 0,017$	$r = -0,298$ $p = 0,040$
4MGS, m/s	$r = 0,286$ $p < 0,018$	—	$r = -0,329$ $p = 0,004$	—	—	—	—

Variáveis apresentadas conforme suas unidades de medida e percentuais do valor predito.

Nas análises univariadas de regressão logística, não foram identificadas associações significativas entre os grupos musculares avaliados pela ultrassonografia. Em contraste, observou-se que reduções na VVM, na Pimax, no desempenho no TC6 e na velocidade de marcha no 4MGS estiveram relacionadas a maiores chances de classificação no grupo grave (Tabela 3).

Tabela 3. Associações entre parâmetros funcionais e gravidade da DPOC

Variável	p	OR	IC95%	
			Limite Inferior	Limite Superior
VVM, L/min	0.009	0.958	0.928	0.989
VVM, %	0.013	0.955	0.922	0.991
Pimax, cmH ₂ O	0.015	1.040	1.008	1.080
Pimax, % previsto	0.004	0.949	0.916	0.983
TC6, m	0.018	0.992	0.985	0.999
TC6, %	0.013	0.952	0.916	0.990
4MGS, m/s	0.021	0.037	0.002	0.602
Análises univariadas de regressão logística, considerando como categoria-alvo a gravidade (GOLD E) em comparação ao grupo leve (GOLD A e B)				

Finalmente, no modelo multivariado, o tabagismo foi incluído como variável de ajuste por apresentar associação significativa na análise univariada (OR = 0,22; IC95%: 0,07 – 0,69; $p = 0,009$) e por seu reconhecido papel clínico na gravidade da DPOC. Após esse ajuste, a espessura do músculo vasto intermédio esquerdo se associou de forma independente à gravidade, de modo que menores espessuras aumentaram em aproximadamente 7,7 vezes a chance de classificação no grupo grave (OR = 0,13; IC95%: 0,02–0,96; $p = 0,045$). O tabagismo ativo também permaneceu significativo, elevando em cerca de 6,3 vezes a probabilidade de classificação no grupo grave (OR = 0,16; IC95%: 0,05–0,54; $p = 0,003$).

7. Discussão

O objetivo do presente estudo foi avaliar os parâmetros funcionais e musculares em diferentes níveis de gravidade da DPOC, bem como correlacionar esses parâmetros com sintomas e qualidade de vida desses indivíduos. Embora nossa amostra tenha apresentado maior proporção de indivíduos com manifestações mais leves da doença, observamos que, além da maior sensação de dispneia, aqueles mais graves apresentavam pior funcionalidade, menor força muscular respiratória e maior impacto em suas atividades. Os resultados demonstraram que a gravidade da doença esteve associada a alterações significativas em múltiplos domínios fisiológicos, funcionais e clínicos, reforçando o caráter sistêmico da DPOC e a relevância de medidas que ultrapassem a avaliação espirométrica isolada.

Vimos que à medida que a obstrução e os sintomas aumentam, há declínio significativo da função física, da musculatura respiratória e da musculatura periférica, evidenciando a natureza sistêmica da DPOC (HE et al, 2025; CAVALCANTI et al, 2022; EISNER et al, 2008). Fatores como pior desempenho no TC6 e sua relação com pior prognóstico da doença são bem documentados, particularmente no que diz respeito à maior risco de exacerbações, hospitalizações e morte (HOLLAND et al., 2014; PLEGUEZUELOS et al., 2023). Em nossa amostra, observamos correlação inversamente proporcional entre os escores do CAT e SGRQ com a distância percorrida no TC6, evidenciando que aqueles que caminham menos, apresentam pior qualidade de vida e maior impacto da doença, corroborando com a literatura sobre a temática (DOURADO et al., 2025; CELLI et al., 2016). Além disso, observamos correlações significativas entre o TC6 e o BDI, mMRC e diferentes domínios do SGRQ, reforçando ainda mais sua sensibilidade. Vimos também que tanto a distância absoluta quanto o percentual do previsto apresentaram efeitos protetores significativos nesses indivíduos, haja vista que pequenos incrementos no desempenho do TC6 foram suficientes para reduzir a probabilidade de classificação no grupo GOLD E, evidenciando sua sensibilidade para captar limitações funcionais decorrentes de inatividade, dispneia e alterações sistêmicas associadas à condição (ALVAR et al, 2025).

Destaca-se, no entanto, que embora o TC6 seja um instrumento de fácil aplicabilidade, testes alternativos como o 4MGS, têm sido utilizados em pacientes de diversos perfis clínicos e expandido para pacientes com DPOC para avaliar a capacidade funcional por meio da velocidade da marcha (KON et al., 2013; TINO et al., 2020). Considerado como um teste simples, confiável, que exige um espaço pequeno, baixo custo para sua aplicação e que pode

fornecer informações importantes sobre a capacidade funcional (TINO et al., 2020), em nossa amostra observamos que o 4MGS foi significativamente menor nos indivíduos mais graves e que um pior desempenho apresentou correlação significativa com maior sensação de dispneia e maior impacto da DPOC quando avaliada pelo CAT, reforçando sua capacidade de captar tanto a percepção de sintomas quanto o impacto da doença. Observamos ainda que, de acordo com a escala original do modelo (por incremento de 1 m/s), a maior velocidade de marcha esteve associada a uma redução de aproximadamente 27 vezes nas chances de classificação no grupo GOLD E. Contudo, considerando que variações de 1 m/s não são clinicamente esperadas, ajustamos a interpretação para incrementos de 0,1 m/s aplicando a transformação exponencial própria da regressão logística. Com isso, observamos que cada aumento de 0,1 m/s reduziu em cerca de 28% as chances de pertencer ao grupo mais grave. A esse respeito, achados recentes têm demonstrado uma correlação consistente entre a velocidade da marcha e a capacidade de exercício em indivíduos com DPOC e, de forma complementar, o 4MGS consolidou-se como um teste simples e sensível para triagem de risco na doença (DE PEW et al., 2013; KON et al., 2014). Kon et al. (2014) mostraram que pacientes com velocidade de marcha $<0,8$ m/s apresentam maior limitação funcional, maior percepção de dispneia e pior qualidade de vida, independentemente da função pulmonar. De maneira semelhante, Walsh et al. (2021) demonstraram que, após uma exacerbação aguda, cada incremento de 0,1 m/s no 4MGS reduz o risco de readmissão hospitalar, reforçando que velocidades mais baixas no teste refletem maior gravidade e pior prognóstico na DPOC.

Sobre a força muscular, observamos que a preensão manual se relacionou mais com o grau de obstrução do que com os parâmetros de gravidade. No entanto, nossos resultados também mostraram correlação significativa entre a preensão manual (absoluta) e o CAT, bem como entre a preensão manual (% do previsto) e o domínio “Sintomas” do SGRQ, indicando que menor força de preensão se associa a maior impacto da DPOC e pior qualidade de vida do acometido. A esse respeito, nossos achados se alinham na compreensão de que a força de preensão reduzida está associada à maior impacto da DPOC e maior queixa sintomática, fatores que indicam maior limitação funcional e sintomatologia mais intensa, sendo um amplificador de gravidade e pior prognóstico da doença (HOLDEN et al, 2021; WU et al, 2019).

Já em relação à força muscular respiratória, observamos redução significativa naqueles mais graves, correlação inversa ao grau de obstrução e, particularmente em relação à musculatura inspiratória, fortemente associada à classificação de gravidade da DPOC, haja vista

que cada aumento de 1 cmH₂O na Pimax (ou seja, valores menos negativos, indicando menor força) elevou em cerca de 4% a chance de o indivíduo ser classificado como GOLD E, enquanto cada redução de 1% no valor previsto da Pimax aumentou em aproximadamente 5% essa probabilidade. Também identificamos correlações significativas entre força muscular respiratória e sintomas de dispneia e, no caso da força muscular inspiratória, correlação com CAT, reforçando que indivíduos com menor força inspiratória percebem mais limitação e sentem maior impacto da doença. Esses achados reforçam que a fraqueza muscular inspiratória é um marcador funcional importante e, em nossa amostra, coerente com o comprometimento diafragmático observado nos indivíduos mais graves (IWAKURA et al., 2021). Sabe-se que a redução da força muscular respiratória na DPOC decorre de mecanismos combinados envolvendo desuso muscular, hipoxemia, inflamação sistêmica e remodelamento muscular. O desuso leva à hipotrofia e perda de força, enquanto a hipoxemia crônica ou intermitente prejudica a função mitocondrial e acelera a degradação proteica (GEA et al, 2025; HENROT et al, 2023; TAIVASSALO, HEPPLER, 2022). Por outra vertente, a inflamação sistêmica intensifica o catabolismo muscular e o remodelamento, tanto no diafragma quanto na musculatura periférica, reduzindo a força máxima. A atuação sinérgica desses processos resulta em disfunção muscular respiratória e periférica, pior capacidade funcional, maior sintomatologia e pior prognóstico desses pacientes (JAITOVICH, BARREIRO, 2018).

Além do exposto, observamos que a VVM apresentou importante sensibilidade e consistência na diferenciação entre os níveis de gravidade da DPOC em nossa amostra. Nos indivíduos classificados como GOLD E, observou-se uma redução significativa tanto em valores absolutos quanto percentuais, refletindo diretamente o impacto sistêmico da doença sobre a função ventilatória global, envolvendo não apenas a mecânica pulmonar, mas também a integridade e coordenação da musculatura respiratória (ALVAR et al, 2025; PHILLIPS et al, 2022). A VVM também apresentou correlações significativas com sintomas de dispneia, escore do CAT e domínios do SGRQ, indicando que pacientes com menor capacidade ventilatória experimentam mais sintomas e maior limitação nas atividades diárias (ANDRELLO et al, 2022; MORISHITA-KATSU et al, 2016). Do ponto de vista funcional, a VVM apresentou correlações fortes e consistentes com desfechos clínicos centrais na DPOC, indicando que pacientes com menor capacidade ventilatória experimentam mais sintomas e maior limitação nas atividades diárias. A magnitude dessas correlações sugere que a VVM integra múltiplos componentes fisiológicos afetados pela DPOC (como força muscular, reserva ventilatória, tolerância ao esforço e eficiência ventilatória) tornando-a um indicador funcional multidimensional

(BERTON et al, 2023; ANDRELLO et al, 2021; O'DONNELL, 2001).

Esses achados também são reforçados pela análise de regressão, quando mostra que cada aumento de 1 L/min na VVM reduziu em cerca de 4,2% a chance de o indivíduo ser classificado como GOLD E, enquanto cada aumento de 1% do valor previsto diminuiu essa probabilidade em aproximadamente 4,5%. Esses efeitos, embora graduais, são clinicamente relevantes, uma vez que variações de 10–20% na VVM, comuns em programas de reabilitação pulmonar ou ao longo da progressão da DPOC, podem representar reduções substanciais no risco de gravidade. A consistência dos resultados tanto em valores absolutos quanto percentuais reforça a confiabilidade da VVM como marcador fisiológico (ANDRELLO et al, 2025; SILVA et al, 2016). Outro ponto importante é que a VVM teve desempenho semelhante ao do TC6 e superior a vários marcadores ultrassonográficos musculares em termos de associação com sintomas e impacto funcional (VONBANK et al, 2020, ANDRELLO et al, 2021). Isso sugere que, apesar de ser um teste simples e de rápida aplicação, a VVM captura de forma eficiente a interação entre limitação ventilatória, força muscular inspiratória e capacidade de sustentar esforços, características que se deterioram progressivamente na DPOC, particularmente naqueles mais graves.

Em relação à avaliação ultrassonográfica da musculatura periférica e respiratória, observamos contribuições importantes para a compreensão das repercussões sistêmicas da DPOC na amostra estudada. Apesar da aparente similaridade entre grupos, a musculatura periférica se mostrou funcionalmente relevante quando analisada de forma contínua, ou seja, o VEF1 apresentou correlações significativas e positivas com o reto femoral, vasto intermédio e peitoral maior, indicando que a função pulmonar mais preservada tende a coexistir com maior espessura muscular periférica, corroborando com o conceito de que perda de massa muscular e declínio da função pulmonar evoluem de forma paralela na DPOC (MAYNARD-PAQUETTE et al, 2020; WALLBRIDGE et al, 2018).

Na análise de regressão multivariada, após ajuste para tabagismo, a espessura do vasto intermédio esquerdo foi o único marcador muscular que se associou de forma independente à gravidade da DPOC, de modo que menores espessuras aumentaram em aproximadamente 7,7 vezes a chance de o indivíduo ser classificado como GOLD E. Esse achado reforça que, ainda que as diferenças absolutas entre grupos não tenham sido marcantes, a massa muscular periférica, particularmente do quadríceps, permanece um marcador sensível da gravidade sistêmica da doença (MARQUIS et al., 2002; ROZENBERG et al., 2017; DECKER et al., 2021).

O vasto intermédio, por ser um músculo de características predominantemente oxidativas e fortemente envolvido no desempenho funcional, tende a ser um dos primeiros a refletir o impacto da inflamação crônica, do descondicionamento e da inatividade física presentes na DPOC (MAYNARD-PAQUETTE et al, 2020). Além disso, o tabagismo ativo também permaneceu associado de forma independente à gravidade na análise multivariada, aumentando em aproximadamente 6 vezes a chance de classificação como GOLD E, o que reforça seu papel determinante na progressão sistêmica da doença (CELLI et al, 2025).

Em relação à musculatura respiratória avaliada pela ultrassonografia (espessura e velocidade de contração do diafragma), os achados também destacam alterações relevantes nos indivíduos mais graves. A espessura diafragmática direita foi significativamente menor no grupo GOLD E, reforçando o comprometimento do principal músculo respiratório nos quadros avançados da doença. Para Smargiassi et al (2014), essa variação unilateral pode ser explicada pela zona de hiperinsuflação, cursando com assimétrica funcional e encurtando o diafragma e sua zona de aposição. Também identificamos que a espessura diafragmática esquerda apresentou correlação significativa com o domínio Impacto do SGRQ e com o CAT, sugerindo que menor espessura do diafragma (mesmo sem diferença entre grupos) se relaciona à pior percepção da doença. Ademais, a velocidade de contração diafragmática mostrou correlações significativas com dispneia e domínios do SGRQ, enquanto a velocidade de contração esquerda se correlacionou com o mMRC, evidenciando que o desempenho contrátil do diafragma influencia de forma direta a experiência de esforço e limitação nas atividades diárias. Tais associações reforçam que a disfunção diafragmática não é apenas consequência da obstrução, mas também um componente ativo da incapacidade funcional na DPOC (BOUSSUGES et al., 2021).

Outrossim, é importante destacar que, embora a ultrassonografia muscular não tenha sido um preditor tão forte quanto testes funcionais como TC6, 4MGS e VVM, seus achados acrescentam valor ao entendimento da DPOC como condição sistêmica. A ultrassonografia permite detectar alterações estruturais e funcionais precoces que podem não se manifestar de forma evidente em medidas globais e, por isso, tem potencial relevante como ferramenta complementar na avaliação abrangente desses pacientes (ZHANG et al, 2025; SCHULZ et al, 2022).

Finalmente, destacamos que embora fosse esperado em decorrência da sua centralidade nos critérios diagnósticos e classificatórios da DPOC, os indivíduos classificados como GOLD

E apresentaram valores significativamente menores de VEF₁ tanto em litros quanto em percentual do previsto. Essa redução acompanha a piora da obstrução e reflete o comprometimento progressivo do fluxo aéreo expiratório, resultante de limitação ventilatória fixa, hiperinsuflação e aumento da carga mecânica sobre a musculatura respiratória. Além disso, o VEF₁ mostrou associações importantes com diversos parâmetros musculares e funcionais, reforçando sua relevância como marcador sistêmico e com o entendimento de que a DPOC provoca repercussões extrapulmonares significativas, incluindo inflamação sistêmica, perda muscular, descondicionamento e redução da oferta de oxigênio aos tecidos (GEA et al, 2025; BARREIRO et al, 2018).

Do ponto de vista funcional, o VEF₁ apresentou correlações significativas com testes essenciais de desempenho físico, como prensão manual, Pimax, Pemax, TC6 e 4MGS. Tais associações demonstram que níveis menores de VEF₁ estão relacionados à redução da força muscular respiratória e periférica, à menor tolerância ao exercício e à pior mobilidade funcional, reforçando que a mensuração do VEF₁, apesar de ser tradicionalmente interpretada como uma medida exclusivamente respiratória, captura indiretamente múltiplos desfechos sistêmicos relevantes na DPOC. Além disso, a forte associação do VEF₁ com sintomas e qualidade de vida também foi evidenciada, confirmando que a limitação ventilatória objetiva está diretamente alinhada à percepção de impacto funcional e incapacidade relatada pelos pacientes, integrando a dimensão fisiológica com a experiência subjetiva da doença. Ademais, identificamos diferenças significativas também em outros parâmetros funcionais como relação VEF₁/CVF, CVF%, DLCO (absoluta e percentual) e KCO, reforçando que a gravidade da doença afeta de forma ampla tanto os fluxos quanto a capacidade de difusão (BALASUBRAMANIAN et al, 2019).

O presente estudo possui limitações que devem ser reconhecidas para adequada interpretação dos achados. O número reduzido de participantes no grupo GOLD E, embora compatível com a prevalência esperada dessa categoria na prática clínica, restringe o poder estatístico para detectar diferenças mais sutis entre os níveis de gravidade. Ademais, o delineamento transversal impede estabelecer relações de causalidade entre os parâmetros funcionais e pulmonares com 4MGS, dificultando compreender se as alterações funcionais e musculares observadas representam consequências diretas da progressão da DPOC ou se coexistem como fenótipos associados. A ultrassonografia, apesar de amplamente utilizada e clinicamente acessível, apresenta variabilidade inerente ao examinador e à técnica, o que pode

influenciar a acurácia e reprodutibilidade das medidas musculares. Soma-se a isso a ausência de uma avaliação mais detalhada da composição corporal por métodos de maior sensibilidade, como bioimpedância elétrica ou absorciometria de dupla energia (DXA), que poderia aprimorar a compreensão sobre a magnitude e a distribuição da perda muscular. Esses aspectos, em conjunto, sugerem cautela na generalização dos resultados e ressaltam a necessidade de estudos longitudinais com amostras ampliadas e métodos complementares de avaliação estrutural.

Por fim, entendemos que a análise integrada dos parâmetros funcionais, musculares e estruturais se revela essencial porque permite compreender de forma abrangente as múltiplas repercussões sistêmicas da DPOC, que transcendem a limitação ventilatória isolada clássica. A avaliação simultânea da capacidade física, da força respiratória e periférica, da composição corporal e da arquitetura muscular fornece um panorama mais fiel da complexidade da doença, permitindo identificar padrões de comprometimento que não seriam evidenciados por medidas isoladas. Esse olhar multidimensional contribui para reconhecer marcadores clínicos simples e acessíveis que refletem a gravidade funcional real dos indivíduos, aprimorando o monitoramento, o prognóstico e o direcionamento de intervenções terapêuticas mais precisas, especialmente no âmbito da reabilitação pulmonar. Assim, nosso estudo reforça a importância de avaliar a DPOC como uma condição sistêmica e heterogênea, cuja compreensão plena depende da integração entre diferentes domínios fisiológicos e clínicos.

8. Conclusão

Ao avaliar os parâmetros funcionais e musculares em diferentes níveis de gravidade, observa-se que a DPOC se associa a pior função pulmonar, maior limitação funcional, pior qualidade de vida e alterações estruturais e funcionais da musculatura respiratória e periférica. Medidas funcionais associadas a métodos clássicos podem conferir maior sensibilidade para identificar gravidade e risco de exacerbações, enquanto marcadores musculares, especialmente espessura diafragmática e do vasto femoral, podem atuar como indicadores complementares relevantes. Esses achados podem adicionar maior robustez no rastreio de subgrupos e sintomas extrapulmonares, além de rastrear gravidade, aprimorando as intervenções clínicas e de reabilitação pulmonar, conferindo um direcionamento assertivo em uma condição heterogênea como a DPOC.

9. Referências

- ANDRELLO, A. C. et al. Maximum voluntary ventilation and its relationship with clinical outcomes in subjects with COPD. *Respiratory Care*, v. 66, n. 1, p. 79–86, 2021. DOI: 10.4187/respcare.07855.
- ANTHONISEN, N. R.; MANFREDA, J.; WARREN, C. P. et al. Antibiotic therapy in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Annals of Internal Medicine*, v. 106, n. 2, p. 196–204, 1987. DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-106-2-196>.
- ARTS, I.M. et al. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve*, v. 41, n. 1, p. 32–41, 2010.
- BALASUBRAMANIAN, A.; MACINTYRE, N. R.; HENDERSON, R. J. et al. Diffusing capacity of carbon monoxide in assessment of COPD. *Chest*, v. 156, n. 6, p. 1111–1119, 2019. DOI: 10.1016/j.chest.2019.06.035.
- BARNES, P. J. Inflammatory mechanisms in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, v. 138, n. 1, p. 16–27, 2016. DOI: 10.1016/j.jaci.2016.05.011.
- BARREIRO, E.; JAITOVICH, A. Muscle atrophy in chronic obstructive pulmonary disease: molecular basis and potential therapeutic targets. *Journal of Thoracic Disease*, v. 10, supl. 12, p. S1415–S1424, 2018. DOI: 10.21037/jtd.2018.04.168.
- BERTON, D. C.; PLACHI, F.; JAMES, M. D. et al. Dynamic ventilatory reserve during incremental exercise: reference values and clinical validation in chronic obstructive pulmonary disease. *Annals of the American Thoracic Society*, v. 20, n. 10, p. 1425–1434, 2023. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202304-303OC.
- BOUSSUGES, A. et al. Ultrasound assessment of diaphragm thickness and thickening: reference values and limits of normality when in a seated position. *Frontiers in Medicine*, v. 8, p. 742703, 2021. DOI: 10.3389/fmed.2021.742703.
- CALVERLEY, P. M. A.; MARTINEZ, F. J.; VESTBO, J. et al. International differences in the frequency of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations reported in three clinical trials. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 206, n. 1, p. 25–33, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.202111-2630OC>.
- CARDENAS, L.Z. et al. Diaphragmatic Ultrasound Correlates with Inspiratory Muscle Strength and Pulmonary Function in Healthy Subjects. *Ultrasound Med Biol*. v. 44, n. 4, p. 786–793, 2018.
- CAVALCANTI, J. D.; FREGONEZI, G. A. F.; SARMENTO, A. J. et al. Electrical activity and fatigue of respiratory and locomotor muscles in obstructive respiratory diseases during field walking test. *PloS One*, v. 17, n. 4, e0266365, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0266365.
- CAZZOLA, M. et al. Chronic treatment with indacaterol and airway response to salbutamol in stable COPD. *Respiratory Medicine*, v. 107, n. 6, p. 848–853, jun. 2013.
- CELLI, B. R. et al. Current smoker: a clinical COPD phenotype affecting disease

progression and response to therapy. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2025. DOI: 10.1164/rccm.202407-1379CI.

CELLI, B. R. et al. The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. *New England Journal of Medicine, Boston*, v. 350, n. 10, p. 1005–1012, 2004.

CUKIER, A.; GODOY, I.; COSTA, C. H.; RUBIN, A. S.; GREGORIO, M. G.; NETO, A. A. A. et al. Symptom variability over the course of the day in patients with stable COPD in Brazil: a real-world observational study. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 46, n. 3, e20190223, 2020.

DE ANDRADE-JUNIOR, M.C. et al. Skeletal Muscle Wasting and Function Impairment in Intensive Care Patients with Severe COVID-19. *Front Physiol.* p.12., 2021.

DE PEW, Z. S. et al. Correlations Between Gait Speed, 6-Minute Walk Distance, Physical Activity, and Self-Efficacy in Patients With Severe Chronic Lung Disease. *Respiratory Care*, v. 58, n. 12, p. 2113, 1 dez. 2013.

DECKER, S. T. et al. Skeletal muscle mitochondrial adaptations induced by long-term cigarette smoke exposure. *American Journal of Physiology – Endocrinology and Metabolism*, v. 321, n. 1, p. E80–E89, 2021. DOI: 10.1152/ajpendo.00544.2020.

DOÑA, E. et al. Exploring Current Concepts and Challenges in the Identification and Management of Early-Stage COPD. *Journal of Clinical Medicine Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 1 ago. 2023.

DONALDSON, A. V. et al. Muscle function in COPD: a complex interplay. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 7, p. 523–535, 2012.

DOURADO, V. Z. et al. Manifestações sistêmicas na doença pulmonar obstrutiva crônica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 32, p. 161–171, 2006.

EISNER, M. D.; BLANC, P. D.; YELIN, E. H. et al. COPD as a systemic disease: impact on physical functional limitations. *The American Journal of Medicine*, v. 121, n. 9, p. 789–796, 2008. DOI: 10.1016/j.amjmed.2008.04.030.

FABBRI, L. M. et al. Update in chronic obstructive pulmonary disease 2006. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 175, p. 1222–1232, 2007.

FAZLEEN, A.; WILKINSON, T. Early COPD: current evidence for diagnosis and management. *Therapeutic Advances in Respiratory Disease SAGE Publications Ltd*, 2020.

FERTÉ, J. B.; BOYER, F. C.; TAIAR, R. et al. Impact of resistance training on the 6-minute walk test in individuals with chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 65, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101582>.

GEA, J. et al. Biological mechanisms involved in muscle dysfunction in COPD: an integrative damage-regeneration-remodeling framework. *Cells*, v. 14, n. 21, p. 1731, 2025.

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease: *Global Strategy for the Diagnosis,*

Management, and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2023 REPORT). 2022.

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease: ***Global Strategy for the Diagnosis, Management, and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*** (2025 REPORT). 2024.

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease: ***Global Strategy for the Diagnosis, Management, and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*** (2025 REPORT). 2025.

GOSKER, H. R. et al. Muscle fibre type shifting in the vastus lateralis of patients with COPD is associated with disease severity: a systematic review and meta-analysis. ***Thorax***, v. 62, p. 944–949, 2007.

GREGORIANO, C. et al. Use and inhalation technique of inhaled medication in patients with asthma and COPD: data from a randomized controlled trial. ***Respiratory Research***, v. 19, n. 1, 3 dez. 2018

GUO, P. et al. Pathological Mechanism and Targeted Drugs of COPD. ***International Journal of COPD. Dove Medical Press Ltd***, 2022.

HE, Z. et al. Skeletal muscle function in relation to COPD severity and its predictive significance for disease progression. ***International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease***, v. 20, p. 389–397, 2025. DOI: 10.2147/COPD.S510425.

HENROT, P. et al. Main pathogenic mechanisms and recent advances in COPD peripheral skeletal muscle wasting. ***International Journal of Molecular Sciences***, v. 24, n. 7, p. 6454, 2023. DOI: 10.3390/ijms24076454.

HOLDEN, M.; FYFE, M.; POULIN, C. et al. Handgrip strength in people with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. ***Physical Therapy***, v. 101, n. 6, p. pzab057, 2021. DOI: 10.1093/ptj/pzab057.

HOLDEN, M.; FYFE, M.; POULIN, C. et al. Handgrip strength in people with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. ***Physical Therapy***, v. 101, n. 6, p. pzab057, 2021. DOI: 10.1093/ptj/pzab057.

JAITOVICH, A.; BARREIRO, E. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: what we know and can do for our patients. ***American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine***, v. 198, n. 2, p. 175–186, 2018. DOI: 10.1164/rccm.201710-2140CI.

JIANG, H.; PAN, L.; YANG, Y.; HONG, Y. Path analysis of predictors of frailty in hospitalised patients with chronic obstructive pulmonary disease. ***Scientific Reports***, v. 15, p. 14830, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-99555-y.

JOLLEY, C. et al. Neural respiratory drive and symptoms that limit exercise in chronic obstructive pulmonary disease. ***The Lancet***, v. 385, suppl. 1, p. S51, 2015. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60366-X.

JONES, P. W. et al. Development and first validation of the COPD Assessment Test.

European Respiratory Journal, v. 34, n. 3, p. 648–654, set. 2009.

JONES, P. W. et al. Minimal clinically important differences in pharmacological trials. *Americ Journ of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 189, n. 3, p. 250–255, 2014.

KESSLER, R. et al. Symptom variability in patients with severe COPD: a pan-European cross- sectional study. *The European Respiratory Journal*, v. 37, n. 2, p. 264–272, 1 fev. 2011.

KON, S. S. C. et al. Reliability and validity of 4-metre gait speed in COPD. *The European Respiratory Journal*, v. 42, n. 2, p. 333–340, 1 ago. 2013.

KON, S. S. C. et al. The 4-metre gait speed in COPD: Responsiveness and minimal clinically important difference. *European Respiratory Journal*, v. 43, n. 5, p. 1298–1305, 1 maio 2014.

KON, S. S.; PATEL, M. S.; CANAVAN, J. L. et al. Reliability and validity of 4-metre gait speed in COPD. *European Respiratory Journal*, v. 42, n. 2, p. 333–340, 2013. DOI: 10.1183/09031936.00162712.

LEE, S. H. et al. Antiasthma autoimmunity in tobacco smoking-induced emphysema. *Nature Medicine*, v. 13, n. 5, p. 567–569, maio 2007.

MAHLER, D. A. et al. The measurement of dyspnea. Contents, interobserver agreement, and physiologic correlates of two new clinical indexes. *Chest*, v. 85, n. 6, p. 751–758, 1984.

MAN, W. D. et al. Symptoms and quadriceps fatigability after walking and cycling in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 168, n. 5, p. 562–567, 2003. DOI: 10.1164/rccm.200302-162OC.

MARQUIS, K. et al. Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 166, n. 6, p. 809–813, 2002. DOI: 10.1164/rccm.2107031.

MAYNARD-PAQUETTE, A. C. et al. Ultrasound evaluation of the quadriceps muscle contractile index in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease: relationships with clinical symptoms, disease severity and diaphragm contractility. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 15, p. 79–88, 2020. DOI: 10.2147/COPD.S222945.

MCDONOUGH, J. E. et al. Small-airway obstruction and emphysema in chronic obstructive pulmonary disease. *The New England Journal of Medicine*, v. 365, n. 17, p. 1567–1575, 27 out. 2011.

MORISHITA-KATSU, M.; NISHIMURA, K.; TANIGUCHI, H. et al. The COPD Assessment Test and St George's Respiratory Questionnaire: are they equivalent in subjects with COPD? *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 11, p. 1543–1551, 2016. DOI: 10.2147/COPD.S104947.

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.

- NEUNHÄUSERER, D. et al. Impact of exercise training and supplemental oxygen on submaximal exercise performance in patients with COPD. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 31, n. 3, p. 710–719, 1 mar. 2021.
- O'DONNELL, D. E.; REVILL, S. M.; WEBB, K. A. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 164, n. 5, p. 770–777, 1 set. 2001.
- OZSOY, I. et al. Factors Influencing Activities of Daily Living in Subjects With COPD. *Respir Care*; v. 64, n. 2, p. 189-195, 2019. doi:10.4187/respcare.05938
- PAULIN, E.; YAMAGUTI, W. P.; CHAMMAS, M. C.; SHIBAO, S.; STELMACH, R. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. *Respiratory Medicine*, v. 101, p. 2113, 2007.
- PEREZ, T. et al. Modified Medical Research Council Scale vs Baseline Dyspnea Index to evaluate dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 10, p. 1663–1672, 2015. DOI: 10.2147/COPD.S82408.
- PHILLIPS, D. B.; et al. Impaired ventilatory efficiency, dyspnea, and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease: results from the CanCOLD study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 205, n. 12, p. 1391-1402, 2022. DOI: 10.1164/rccm.202109-2171OC.
- RABAHI, M. F. Epidemiologia da DPOC: enfrentando desafios. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, Brasília, v. 45, n. 2, p. e20180393, 2019.
- ROZENBERG, D. et al. Utilization of non-invasive imaging tools for assessment of peripheral skeletal muscle size and composition in chronic lung disease: a systematic review. *Respiratory Medicine*, v. 131, p. 125–134, 2017. DOI: 10.1016/j.rmed.2017.08.007.
- SCHULZ, A.; ERBUTH, A.; BOYKO, M. et al. Comparison of ultrasound measurements for diaphragmatic mobility, diaphragmatic thickness, and diaphragm thickening fraction with each other and with lung function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 17, p. 2217–2227, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2147/COPD.S375956>.
- SEEMUNGAL, T. A. R. et al. Time course and recovery of exacerbations in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 161, n. 5, p. 1608–1613, 2000.
- SILVA, R. N. et al. Respiratory muscle strength can improve the prognostic assessment in COPD. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 12360, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-54264-w.
- SMARGIASSI, A. et al. Ultrasonographic assessment of the diaphragm in chronic obstructive pulmonary disease patients: relationships with pulmonary function and the influence of body composition – a pilot study. *Respiration*, v. 87, n. 5, p. 364–371, 2014. DOI: 10.1159/000358564.
- SOUSA, T. C. DE; JARDIM, J. R.; JONES, P. Validação do Questionário do Hospital Saint George na Doença Respiratória (SGRQ) em pacientes portadores de doença pulmonar

obstrutiva crônica no Brasil. *Jornal de Pneumologia*, v. 26, n. 3, p. 119–128, jun. 2000.

SZE, M. A. et al. Host Response to the Lung Microbiome in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 192, n. 4, p. 438–445, 15 ago. 2015.

TAIVASSALO, T.; HEPPLER, R. T. Integrating mechanisms of exacerbated atrophy and other adverse skeletal muscle impact in COPD. *Frontiers in Physiology*, v. 13, p. 861617, 2022. DOI: 10.3389/fphys.2022.861617.

TINO, V. Y. K. et al. Which is the best protocol and cut-off point in the 4-metre gait speed test to discriminate exercise capacity in COPD? *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 46, n. 6, p. 1–6, 2020.

TONGA, K. O.; OLIVER, B. G. Effectiveness of Pulmonary Rehabilitation for Chronic Obstructive Pulmonary Disease Therapy: Focusing on Traditional Medical Practices. *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, n. 14, 1 jul. 2023.

VONBANK, K.; MARZLUF, B.; KNÖTIG, M.; FUNK, G. C. Agreement between cardiopulmonary exercise test and modified 6-min walk test in determining oxygen uptake in COPD patients with different severity stages. *Respiration*, v. 99, n. 3, p. 225–230, 2020. DOI: 10.1159/000505856.

WALLBRIDGE, P.; PARRY, S. M.; DAS, S. et al. Parasternal intercostal muscle ultrasound in chronic obstructive pulmonary disease correlates with spirometric severity. *Scientific Reports*, v. 8, p. 15274, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-33666-7.

WALSH, J. A.; BARKER, R. E.; KON, S. S. C. et al. Gait speed and adverse outcomes following hospitalised exacerbation of COPD. *European Respiratory Journal*, v. 58, n. 5, p. 2004047, 2021. DOI: 10.1183/13993003.04047-2020.

WANG, M. et al. Mortality of Cardiovascular Events in Patients with COPD and Preceding Hospitalization for Acute Exacerbation. *Chest*, v. 158, n. 3, p. 973–985, 1 set. 2020.

WANGER, J. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *European Respiratory Journal*, v. 26, n. 3, p. 511–522, 2005.

WU, Z. Y.; HAN, Y. X.; NIU, M. E. et al. Handgrip strength is associated with dyspnoea and functional exercise capacity in male patients with stable COPD. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, v. 23, n. 4, p. 428–432, 2019. DOI: 10.5588/ijtld.18.0269.

ZHANG, T. et al. Diaphragm assessment by multimodal ultrasound imaging in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a prospective observational study. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 20, p. 2629–2638, 2025. DOI: 10.2147/COPD.S52

APÊNDICES E ANEXOS:

Apêndice 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Página 1 de 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) RESOLUÇÃO 466/2012

CONVIDO, o(a) Senhor (a), para participar do Projeto de Pesquisa intitulado “Análise da Arquitetura Muscular e Resistência à fadiga em Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica”.

Estou estudando a saúde pulmonar e funcional e os sintomas que as pessoas com DPOC podem apresentar, para que possa ter um resultado nesse momento, solicito seu consentimento para realizar avaliação clínica completa do seu sistema respiratório e questionar sobre o nível de sintomas, realizar exames respiratórios, como o exame de assoprar, bem como ultrassom dos seus músculos da perna e da respiração, além de coletar a distância que você consegue andar em um período curto, o(a) Senhor(a) poderá ser encaminhado para consulta médica também.

Seu benefício em participar da presente pesquisa será auxiliar na elaboração de estratégias para aprimorar a identificação de alterações na respiração e nos músculos de pessoas com DPOC, nos fazendo melhorar o acompanhamento e tratamento. Você se beneficiará também de atendimento multidisciplinar especializado. Quanto às desvantagens, o(a) Senhor(a) poderá sentir desconforto ao ser questionado sobre assuntos delicados sobre sua saúde respiratória que, bem como as sensações que a avaliação pode causar como cansaço nos exames de caminhada. Apesar da identidade ser mantida sob sigilo, os dados poderão ser divulgados para a comunidade científica sem que seu nome seja citado. Além disso, o processo poderá durar até 2 horas (tempo da entrevista e aplicação dos exames como a ultrassonografia do pulmão, exames de assoprar como a espirometria e pletismografia, testes de caminhadas). Não serão realizados coletas de sangue.

O seguimento será feito laboratório de Função Pulmonar do Hospital das Clínicas de Botucatu. Assim, poderá haver continuidade do cuidado mesmo após término desta pesquisa, caso seja detectado alguma alteração importante nos exames.

Fique ciente de que sua participação neste estudo é voluntária e totalmente gratuita, sem quaisquer custos adicionais para participar da pesquisa, e que, mesmo após ter dado seu consentimento para participar, você poderá retirá-lo a qualquer momento, sem qualquer prejuízo na continuidade do seu tratamento. Será garantido o direito à assistência integral e gratuita a você em caso de quaisquer danos decorrentes da participação nessa pesquisa e pelo tempo que for necessário. Você tem direito de buscar indenização diante de eventuais danos decorrentes desta pesquisa.

Se você precisar de mais informações a respeito dos seus direitos como um participante do estudo e se tiver qualquer pergunta relacionada à ética no estudo, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética (CEP) da instituição: Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu. Chácara Butgnolli s/n - Rubião Junior - Botucatu/SP, CEP: 18618-970. Telefone: (14) 3880-1609. email: cep@fmb.unesp.br. Horário de funcionamento: segunda à Sexta-feira das 08h00 às 12h00 e das 13h30 às 17h00. O CEP é um comitê formado por membros médicos/ científico e não científico, cuja responsabilidade é garantir a proteção dos direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes envolvidos em estudos clínicos. O CEP aprova o estudo e controla a sua condução. Mas ainda se precisar, estaremos disponíveis para esclarecer demais dúvidas que surgirem, nos contatos dos principais pesquisadores que encontram-se abaixo:

Dra Suzana Tanni	Suzana E Tanni, MD, PhD Faculdade de Medicina de Botucatu Departamento de Clínica Médica, Disciplina de Pneumologia Av. Professor Emérito Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/n - Distrito de Rubião Júnior - Unesp, Campus de Botucatu - Botucatu, SP. CEP: 18.618-687 Telefone: (14)3811-6033
Luis Fernando Pereira Brizola	Faculdade de Medicina de Botucatu Depto de Clínica Médica Av. Professor Emérito Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/n - Distrito de Rubião Júnior - Unesp, Campus de Botucatu - Botucatu, SP. CEP: 18.618-687. e-mail: fernando.brizola@unesp.br Telefone: (14)3811-6033 - Laboratório de Função Pulmonar

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será elaborado em 2 vias de igual teor, o qual 01 via será entregue ao Senhor (a) devidamente rubricada, e a outra via será arquivada e mantida pelos pesquisadores por um período de 5 anos após o término da pesquisa. Após terem sido sanadas todas minhas dúvidas a respeito deste estudo, CONCORDO em participar de forma voluntária, estando ciente que todos os meus dados estarão resguardados através do sigilo que os pesquisadores se comprometeram. Estou ciente que os resultados desse estudo poderão ser publicados em revistas científico

Pesquisador Responsável

Participante

Botucatu, _____ de _____ 20____.

Nas questões abaixo assinale aquela que melhor identifica seus problemas respiratórios no último ano.

Obs.: Assinale um só quadrado para as questões de 1 a 8.

	Maioria dos dias da semana (5-7 dias)	Vários dias da semana (2-4 dias)	Alguns dias no mês	Só com infecções respiratórias	Nunca
1. Durante o último ano Tossi	() 80,6	() 63,2	() 29,3	() 28,1	() 0
2. Durante o último ano tive catarro	() 76,8	() 60,0	() 34,0	() 30,2	() 0
3. Durante o último ano tive falta de ar	() 87,2	() 71,4	() 43,7	() 35,7	() 0
4. Durante o último ano tive “chiado no peito”	() 86,2	() 71,0	() 45,6	() 36,4	() 0

5. Durante o último ano, quantas crises graves de problemas respiratórios você teve:

Mais de 3	3	2	1	Nenhuma
() 86,7	() 73,5	() 60,3	() 44,2	() 0

**6. Quanto tempo durou a pior dessas crises?
(passe para pergunta 7 se não teve crises graves)**

1 semana ou mais	3 ou mais dias	1 ou 2 dias	Menos de 1 dia
() 89,7	() 73,5	() 58,8	() 41,9

7. Durante o último ano, em uma semana considerada como habitual, quantos dias bons (com poucos problemas respiratórios) você teve:

Nenhum dia	1 ou 2 dias	3 ou 4 dias	Quase todos os dias	Todos os dias
() 93,3	() 76,6	() 61,5	() 15,4	() 0

8. No caso de ter tido “chiado no peito”, ela é pior de manhã?

Não	Sim
() 0	() 62,0

PARTE 2

Seção 1**A) Assinale um só quadrado para descrever sua doença respiratória:**

É o meu maior problema	Causa-me muitos problemas	Causa-me alguns problemas	Não me causa nenhum problema
☐ 83,2	☐ 82,5	☐ 34,6	☐ 0

B) Em relação ao seu trabalho, assinale um dos quadrados:

(passe para a Seção 2, se você não trabalha)

Minha doença respiratória obrigou-me a parar de trabalhar	☐ 88,9
Minha doença respiratória interfere com o meu trabalho normal ou já me obrigou a mudar de trabalho	☐ 77,6
Minha doença respiratória não afeta meu trabalho	☐ 0

Seção 2**As respostas abaixo se referem às atividades que podem provocar falta de ar.**

A) Assinale com um “x” no quadrado de cada questão abaixo, indicando a resposta *Sim* ou *Não*, de acordo com o seu caso atualmente:

	Sim	Não
Sentado ou deitado	☐ 90,6	☐ 0
Tomando banho ou vestindo-se	☐ 82,8	☐ 0
Caminhando dentro de casa	☐ 80,2	☐ 0
Caminhando em terreno plano	☐ 81,4	☐ 0
Subindo um lance de escada	☐ 76,1	☐ 0
Subindo ladeiras	☐ 75,1	☐ 0
Praticando esportes ou jogos que impliquem esforço físico	☐ 72,1	☐ 0

Seção 3

A) Assinale com um “x” no quadrado de cada questão abaixo, indicando a resposta *Sim* ou *Não*, para definir o estado de sua tosse e falta de ar atualmente:

	Sim	Não
Minha tosse causa-me dor	☐ 81,1	☐ 0
Minha tosse deixa-me cansado	☐ 79,1	☐ 0

Falta-me o ar quando falo	☐ 84,5	☐ 0
Falta-me o ar quando dobro o corpo para frente	☐ 76,8	☐ 0
Minha tosse ou falta de ar perturba o meu sono	☐ 87,9	☐ 0
Fico exausto com facilidade	☐ 84,0	☐ 0

Seção 4

A) Assinale com um “x” no quadrado de cada questão abaixo, indicando a resposta *Sim* ou *Não*, para definir o efeito que a doença respiratória tem sobre você:

	Sim	Não
Minha tosse ou falta de ar deixam-me envergonhado em público	☐ 74,1	☐ 0
Minha doença respiratória é inconveniente para minha família, amigos ou vizinhos	☐ 79,1	☐ 0
Tenho medo ou mesmo pânico quando não consigo respirar	☐ 87,7	☐ 0
Sinto que minha doença respiratória escapa ao meu controle	☐ 90,1	☐ 0
Eu não espero nenhuma melhora da minha doença respiratória	☐ 82,3	☐ 0
Minha doença debilitou-me física e mentalmente, o que faz com que eu precise de ajuda de alguém	☐ 89,9	☐ 0
Parece-me perigoso fazer exercício	☐ 75,7	☐ 0
Tudo o que faço parece ser demais para minha capacidade	☐ 84,5	☐ 0

Seção 5

A) Assinale com um “x” no quadrado de cada questão abaixo, indicando a resposta *Sim* ou *Não*, para definir os efeitos da medicação na sua doença respiratória: (passe para a Seção 6 se não toma medicamentos)

	Sim	Não
Minha medicação não está me ajudando muito	☐ 88,2	☐ 0
Fico envergonhado ao tomar medicamentos em público	☐ 53,9	☐ 0
Minha medicação provoca-me efeitos colaterais desagradáveis	☐ 81,1	☐ 0
Minha medicação interfere muito com o meu dia a dia	☐ 70,3	☐ 0

Seção 6

A) Assinale com um “x” no quadrado de cada questão abaixo, indicando a resposta *Sim* ou *Não* para indicar as atividades que podem ser afetadas pela sua respiração:

	Sim	Não
Levo muito tempo para lavar-me ou vestir-me	☐ 74,2	☐ 0
Demoro muito tempo ou não consigo tomar banho de chuveiro ou na Banheira	☐ 81,0	☐ 0
Ando mais devagar que as outras pessoas, ou tenho que parar descansar	☐ 71,7	☐ 0

Demoro muito tempo para realizar as tarefas como o trabalho de casa, ou tenho que parar para descansar	() 70,6	() 0
Quando subo um lance de escada, vou muito devagar, ou tenho que parar para descansar	() 71,6	() 0
Se estou apressado ou caminho mais depressa, tenho que parar descansar ou ir mais devagar	() 72,3	() 0
Por causa da minha respiração, tenho dificuldade para desenvolver atividades como: subir ladeiras, carregar objetos subindo escadas, dançar, praticar esporte leve	() 74,5	() 0
Por causa da minha respiração, tenho dificuldades para desenvolver atividades como: carregar grandes pesos, fazer “cooper” ou nadar	() 71,4	() 0
Por causa da minha respiração, tenho dificuldade para desenvolver atividades como: trabalho manual pesado, correr, andar de bicicleta, nadar rápido ou praticar esportes de competição	() 63,5	() 0

Seção 7

A) Assinale com um “x” no quadrado de cada questão abaixo, indicando a resposta *Sim* ou *Não*, para indicar outras atividades que geralmente podem ser afetadas pela sua doença respiratória:

	Sim	Não
Praticar esportes ou jogos que impliquem esforço físico	() 64,8	() 0
Sair de casa para me divertir	() 79,8	() 0
Sair de casa para fazer compras	() 81,0	() 0
Fazer o trabalho da casa	() 79,1	() 0
Sair da cama ou da cadeira	() 94,0	() 0

Das questões abaixo relacionadas, assinale somente aquela que melhor define a forma como você é afetado pela sua doença respiratória:

Não me impede de fazer nenhuma das coisas que eu gostaria de fazer	() 0
Impede-me de fazer uma ou duas coisas que eu gostaria de fazer	() 42,0
Impede-me de fazer a maioria das coisas que eu gostaria de fazer	() 84,2
Impede-me de fazer tudo o que eu gostaria de fazer	() 96,7

Anexo 2: Medical Research Council Modificado (mMRC)

Grau	Característica
1	Tenho falta de ar ao realizar exercício físico intenso.
2	Tenho falta de ar quando apresso passo, ou subo escadas ou ladeiras.
3	Preciso parar algumas vezes quando apresso o passo, ou ando mais devagar que outras pessoas da minha idade.
4	Preciso parar muitas vezes devido à falta de ar quando ando perto de 100 metros, ou poucos minutos de caminhada no plano.
5	Sinto tanta falta de ar que não saio de casa, ou preciso de ajuda para me vestir ou tomar banho sozinho.

Anexo 3. *Baseline Dyspnea Index* (BDI)

1. INCAPACIDADE FUNCIONAL

Grau 4. Nenhuma incapacidade: Capaz de realizar atividades (do cotidiano) e ocupação sem falta de ar

Grau 3. Incapacidade discreta: Prejuízo em, pelo menos, uma atividade, mas nenhuma atividade abandonada. Redução das atividades no trabalho ou nas atividades usuais do cotidiano que parece leve ou não claramente causada pela falta de ar.

Grau 2. Incapacidade moderada: O paciente trocou atividades do trabalho e/ou abandonou a maioria ou todas as atividades do cotidiano pela falta de ar.

Grau 1. Incapacidade acentuada: Paciente incapaz de trabalhar e/ou abandonou a maioria ou todas as atividades costumeiras pela falta de ar.

Grau 0. Incapacidade muito acentuada: Incapaz de trabalhar e abandonou a maioria ou todas as atividades habituais pela falta de ar.

W. Quantidade incerta: O paciente tem incapacidade devido à dispneia, mas a intensidade não pode ser especificada, os detalhes disponíveis não são suficientes para que a incapacidade seja categorizada.

X. Desconhecida: Informação não disponível sobre dispneia e incapacidade

Y. Incapacidade por outras razões: por exemplo, problemas neuromusculares ou dor torácica.

2. MAGNITUDE DA TAREFA

Grau 4. Extraordinária: Tem falta de ar apenas com atividades extraordinárias, tais como carregar cargas muito pesadas no plano, cargas mais leves ao subir ladeiras, escadas ou correndo. Nenhuma falta de ar com tarefas ordinárias.

Grau 3. Maior: Tem falta de ar com atividades tais como subindo ladeira forte, mais de 3 lances de escadas, ou carregando carga no plano.

Grau 2. Moderada: Tem falta de ar com atividades moderadas tais como subir uma ladeira suave, menos de três lances de escadas ou carregando uma carga leve no plano.

Grau 1. Leve: tem falta de ar com atividades leves tais como andando no plano, tomando banho, permanecendo em pé ou fazendo compra.

Grau 0. Nenhuma tarefa: Falta de ar em repouso, enquanto sentado ou deitado.

W. Quantidade incerta: a capacidade de o paciente realizar tarefa esta prejudicada devido à dispneia, mas a intensidade não pode ser especificada. Os detalhes não são suficientes para a incapacidade ser categorizada.

X. Desconhecida: ausência da informação disponível relacionada à intensidade da tarefa.

Y. Incapacidade por outras razões: por exemplo, problemas neuromusculares ou dor torácica.

3. MAGNITUDE DO ESFORÇO

Grau 4. Extraordinário: Tem falta de ar com o maior esforço imaginável. Sem falta de ar com esforços ordinários.

Grau 3. Maior: Tem falta de ar com esforço distintamente submáximo, mais de proporção maior. Tarefas realizadas sem pausa a menos que requeiram esforço extraordinários

Grau 2. Moderado: tem falta de ar com esforço moderado. Tarefas realizadas com pausa ocasionais e precisando de mais tempo do que as pessoas normais.

Grau 1. Leve: Tem falta de ar com pouco esforço. Tarefas realizadas com muito esforço ou tarefas mais difíceis realizadas com pausa frequentes, requerendo um tempo de 50 a 100% maior que uma pessoa média.

Grau 0. Nenhum esforço: Falta de ar em repouso, enquanto sentado ou deitado.

W. Quantidade incerta: A capacidade de se exercitar do paciente está prejudicada devido à dispneia, mas a intensidade de esforço não pode ser especificada.

X. Desconhecida: Ausência de informação disponível relacionada à intensidade do esforço.

Y. Incapacidade por outras razões: por exemplo, problemas neuromusculares ou dor torácica.

Anexo 4. Teste de Avaliação da DPOC (COPD Assessment Tool (CAT))



O seu nome : _____

Data de hoje : _____

Como está a sua DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica)? Faça o Teste de Avaliação da DPOC (COPD Assessment Test™ – CAT)

Este questionário irá ajudá-lo e ao seu profissional de saúde a medir o impacto que a DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica) causa no seu bem estar e no seu dia a dia. As suas respostas e a pontuação do teste podem ser utilizadas por você e pelo seu profissional de saúde para ajudar a melhorar o controle da sua DPOC e a obter o máximo benefício do tratamento.

Para cada um dos itens a seguir, assinale com um (X) o quadrado que melhor o descreve presentemente. Certifique-se de seleccionar apenas uma resposta para cada pergunta.

Por exemplo: Estou muito feliz

0	1	2	3	4	5
	X				

 Estou muito triste

		PONTUAÇÃO													
Nunca tenho tosse	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							Tenho tosse o tempo todo	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
Não tenho nenhum catarro (secreção) no peito	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							O meu peito está cheio de catarro (secreção)	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
Não sinto nenhuma pressão no peito	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							Sinto uma grande pressão no peito	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
Não sinto falta de ar quando subo uma ladeira ou um andar de escada	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							Sinto bastante falta de ar quando subo uma ladeira ou um andar de escada	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
Não sinto nenhuma limitação nas minhas atividades em casa	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							Sinto-me muito limitado nas minhas atividades em casa	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
Sinto-me confiante para sair de casa, apesar da minha doença pulmonar	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							Não me sinto nada confiante para sair de casa, por causa da minha doença pulmonar	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
Durmo profundamente	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							Não durmo profundamente devido à minha doença pulmonar	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
Tenho muita energia (disposição)	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	0	1	2	3	4	5							Não tenho nenhuma energia (disposição)	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="checkbox"/>
0	1	2	3	4	5										
PONTUAÇÃO TOTAL		<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td style="width: 30px; height: 20px;"></td><td style="width: 30px; height: 20px;"></td></tr></table>													

Um grupo multidisciplinar de especialistas internacionais em COPD apoiados pela GSK desenvolveu o Teste de Avaliação da COPD. Um conselho de governança que inclui especialistas externos independentes, um dos quais preside o conselho, supervisiona as atividades da GSK referentes ao Teste de Avaliação da COPD. CAT, Teste de Avaliação da COPD e o logotipo do CAT são marcas registradas do grupo de empresas da GSK. ©2009 GSK. Todos os direitos reservados.