

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO EM FISIOTERAPIA

ASSOCIAÇÃO ENTRE POTÊNCIA MUSCULAR MENSURADAS EM DIFERENTES TESTES DE SENTAR E LEVANTAR E A VARIABILIDADE DO TORQUE EM INDIVÍDUOS IDOSOS: ESTUDO CORRELACIONAL

Trabalho submetido por

Ana Patrícia dos Santos Pinheiro Espadilha

Para obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia Neuro-
Musculoesquelética

Julho 2025

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO EM FISIOTERAPIA

ASSOCIAÇÃO ENTRE POTÊNCIA MUSCULAR MENSURADAS EM DIFERENTES TESTES DE SENTAR E LEVANTAR E A VARIABILIDADE DO TORQUE EM INDIVÍDUOS IDOSOS: ESTUDO CORRELACIONAL

Trabalho submetido por

Ana Patrícia dos Santos Pinheiro Espadilha

Para obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia Neuro-
Musculoesquelética

Trabalho orientado por

Professor Doutor Régis Radaelli

Julho 2025

"A persistência é o caminho do êxito."

— **Charles Chaplin**

Agradecimentos

Este trabalho resulta de um percurso que alia o rigor académico a uma experiência pessoal de superação e aprendizagem contínua. Ao meu orientador, **Professor Doutor Régis Radaelli**, expresso o meu profundo agradecimento pela dedicação, orientação sábia, pela entrega constante e pela disponibilidade para ensinar e encorajar durante todo este percurso académico. Aos **Mestres João Gomes e Phillip Bauer**, agradeço por todo o auxílio na recolha de dados, assim como pela preciosa partilha de conhecimento e envolvimento nas reflexões, que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

À **Escola Superior de Saúde Egas Moniz**, onde construí grande parte do meu percurso académico e profissional, manifesto a minha gratidão pelas múltiplas oportunidades e pelo apoio constante. Ao **Professor Doutor João Vaz**, em particular, expresso o meu sincero agradecimento pelo conhecimento transmitido e pelas palavras de incentivo.

À **Clínica Resposta Saúde** e à **fisioterapeuta Andreia Carrilho**, agradeço a orientação dedicada, a paciência e o apoio contínuo que foram essenciais para o crescimento profissional e clínico.

Ao meu namorado e companheiro de vida, **João Malaquias**, obrigada por estares sempre ao meu lado e por cuidares de mim com tanto amor e carinho.

Aos meus **pais, avós e tio**, pela força, confiança e apoio contínuo que me permitiram superar os desafios e alcançar este marco académico. À minha **irmã** que apesar de não falarmos frequentemente, eu sei que sempre torceu por mim e esteve disponível quando mais precisei.

À **Clínica Saúde Corp**, pelo apoio incondicional e pela flexibilidade que me permitiu conciliar as responsabilidades profissionais com o desenvolvimento deste mestrado.

A todos os **amigos** (com carinho ao **Diogo Madeira e João Fernandes**), **colegas de trabalho e colegas de mestrado (Ana, João, Luís, Nuno e Filipa)** que caminharam comigo durante esta etapa, pelo apoio, compreensão e incentivo constante ao longo deste percurso académico, que tornaram este desafio mais leve e motivador.

Por fim, mas não menos importante, deixo um agradecimento muito especial à minha melhor amiga, **Filipa Fortio**, pela amizade incondicional, pelo apoio constante e por se ter tornado tanto em tão pouco tempo.

Abstract

Introduction: Lower limb power, as measured by the sit-to-stand (STS) test, and torque variability have been identified as sensitive predictors of functionality in older adults. However, the relationship between these two factors in older adults remains to be fully elucidated. **Methods:** The main objective of this study was to examine the correlation between muscle power, as determined by various STS tests, and torque variability in older subjects. The study's participants comprised 38 healthy older adults. The maximum isometric contraction of the knee extensors was measured using an isokinetic dynamometer, followed by measurement of torque variability. The assessment of muscle power during the execution of the STS tests was conducted using three distinct methods: with an encoder, on a force platform, and by formula. Participants performed the STS tests on the force platform and with the encoder at slow and fast repetitions. For the calculation using the formula, they performed the highest possible number of sit-to-stand repetitions in 30 seconds. **Results:** A substantial positive correlation was identified between torque variability and both absolute and relative power measured with the encoder ($R^2 \approx 0.17\text{--}0.39$; $p < 0.001$), during the execution of the STS test at both slow and fast speeds. A significant correlation was also observed between torque variability and power assessed on the force platform at slow speed ($R^2 \approx 0.12$; $p < 0.001$). A significant correlation was identified between torque variability and power obtained using the formula ($R^2 \approx 0.39$; $p < 0.001$). **Conclusion:** The assessment of muscle power through various STS tests demonstrated a moderate and statistically significant correlation with torque variability. The findings also suggest a greater sensitivity of the relationship between torque variability and muscle power when STS is assessed by the encoder and by the formula.

Keywords: Older adults; Muscle power; Sit-to-stand test; Torque variability.

Resumo

Introdução: A potência dos membros inferiores, avaliada pelo teste de sentar e levantar (STS), e a variabilidade do torque são preditores sensíveis da funcionalidade em idosos. Porém, a relação entre eles em idosos é pouco conhecida. **Métodos:** Este estudo teve como objetivo analisar a relação entre a potência muscular, mensurada por diferentes testes de STS, e a variabilidade do torque em indivíduos idosos. Neste estudo participaram 38 homens e mulheres idosos saudáveis. Foram mensuradas a contração isométrica máxima dos extensores do joelho num dinamómetro isocínético, e posteriormente mensurada a variabilidade do torque. A potência muscular durante a execução dos testes de STS foi avaliada a partir de três diferentes métodos: com encoder, na plataforma de força e por fórmula. Os participantes realizaram os testes de STS na plataforma de força e com o encoder com repetições lentas e rápidas, enquanto para o cálculo a partir da fórmula os praticantes realizaram o maior número de repetições de sentar e levantar em 30 segundos. **Resultados:** Foram encontradas correlações significativas positivas entre a variabilidade do torque e a potência absoluta e relativa, medida pelo encoder ($R^2 \approx 0,17-0,39$; $p < 0,001$), quando o teste de STS foi executado de maneira lenta e rápida. Também, foi observada correlação significativa entre a variabilidade do torque e a potência avaliada na plataforma de força de forma lenta ($R^2 \approx 0,12$; $p < 0,001$). Por fim, também foi encontrado correlação significativa entre a variabilidade e a potência obtida pela fórmula ($R^2 \approx 0,39$; $p < 0,001$). **Conclusão:** A potência muscular avaliada por diferentes testes de STS, mostraram correlação moderadas e significativas com a variabilidade do torque. Também, sugerem uma maior sensibilidade da relação entre a variabilidade e a potência muscular nos STS avaliada pelo encoder e pela fórmula.

Palavras-chave: Idosos; Potência muscular; Teste de sentar e levantar; Variabilidade do torque.

Índice

Agradecimentos	1
Abstract	3
Resumo	4
Lista de figuras	6
Lista de tabelas	7
Lista de abreviaturas	8
Introdução	9
Métodos	11
<i>Critérios de Elegibilidade dos Participantes</i>	11
<i>Plano de Recrutamento</i>	11
<i>Cálculo do Tamanho da Amostra</i>	11
<i>Desenho de estudo</i>	12
<i>Exposição</i>	12
Recolha de dados, análise de dados e gestão	14
<i>Contração isométrica voluntária máxima e Variabilidade do torque</i>	14
<i>Teste de sentar e levantar na plataforma de força</i>	15
<i>Teste de sentar e levantar com encoder</i>	15
<i>Teste de sentar e levantar em 30 segundos</i>	16
Análise Estatística	16
Resultados	17
<i>Caraterização dos participantes</i>	17
<i>Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada pelo encoder</i>	19
<i>Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada na plataforma de força</i>	20
<i>Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada através da fórmula</i>	20
Discussão	21
Conclusão	23
Referências	24

Lista de figuras

Figura 1 – Fluxograma do Plano de Recrutamento.....	12
Figura 2 - Diagrama do Desenho de Estudo	13
Figura 3 - Diagrama do Desenho de Estudo	13
Figura 4 – Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular absoluta (A e B) e relativa (C e D) avaliadas no teste de sentar e levantar com a utilização do encoder	19
Figura 5 – Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular absoluta avaliada na plataforma de força de maneira lenta (A) e rápida (B).	20
Figura 6 – Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada através da fórmula	21

Lista de tabelas

Tabela 1 – Características físicas e valores da função muscular dos participantes (Média $\pm$ Desvio Padrão)	17
<i>Tabela 3 – Variabilidade do torque e potência muscular nos testes de sentar e levantar</i>	18

Lista de abreviaturas

IMC: Índice de Massa Corporal

MIVC: Contração isométrica voluntária máxima

SampEn: Sample Entropy

SMI: Índice de músculo esquelético das pernas

STS: Sit to stand

W: Potência média

Introdução

O número de pessoas com 65 anos ou mais em todo o mundo deverá duplicar até 2050, passando de 761 milhões em 2021 para 1,6 mil milhões. Da mesma forma, o número de pessoas com 80 anos ou mais está a crescer de forma exponencial (WHO,2015), o que torna imprescindível o desenvolvimento de políticas públicas direcionadas a este grupo. O envelhecimento está associado a diversas alterações negativas no sistema neuromuscular e na capacidade funcional (Suetta et al., 2019), entre as quais se destaca a diminuição da capacidade de produzir potência muscular nos membros inferiores (Reid et al., 2014).

A potência muscular resulta do produto entre a força muscular da contração e a velocidade do movimento do membro (Reid et al., 2014). Apesar de ainda pouco valorizada por muitos profissionais de saúde, a literatura científica demonstra que a potência muscular é um preditor mais forte do desempenho funcional em idosos do que a força muscular ou a quantidade de massa muscular esquelética (Lauretani et al., 2003; Reid et al., 2014). Este facto é particularmente preocupante, dado que a potência muscular tende a diminuir mais rapidamente e de forma mais precoce do que a massa muscular ou a força (Van Roie et al., 2018). Assim, métodos simples e fiáveis de avaliação da potência muscular em idosos, bem como a sua relação com variáveis associadas à capacidade funcional, são fundamentais para identificar o risco funcional associado ao envelhecimento.

A dinamometria isocinética ou saltos na plataforma de força são métodos eficazes e fiáveis para avaliar a potência muscular em idosos. No entanto, apresentam limitações, nomeadamente o custo elevado e a difícil aplicação na prática clínica (Baltasar-Fernandez, Alcazar, Losa-Reyna, et al., 2021). Como alternativa, tem-se destacado a avaliação da potência muscular dos membros inferiores através do teste de sentar e levantar da cadeira, que é uma tarefa funcional com forte associação à potência da extensão do joelho (Alcazar et al., 2020; Winger et al., 2021).

Atualmente, são utilizados dois métodos para avaliar a potência durante o teste de sentar e levantar. Alguns estudos utilizam a plataforma de força (Álvarez Barbosa et al., 2016; Chorin et al., 2016), outros, transdutores de posição linear (Álvarez Barbosa et al., 2016).

Mais recentemente, a estimativa da potência com base numa equação que utiliza características antropométricas e princípios biomecânicos tem vindo a ser amplamente

adotada em contextos clínicos. Esta equação estima a potência média concêntrica (fase ascendente da tarefa) com base no desempenho no teste tradicional (Alcazar et al., 2018).

Contudo, os valores de potência obtidos por diferentes métodos de teste foram pouco comparados entre si e na literatura. Desconhece-se se alguns desses métodos subestimam ou superestimam os valores reais da potência muscular, o que pode comprometer o diagnóstico de indivíduos em risco de declínio funcional. Além disso, a relação entre a potência muscular estimada nesses testes e outras variáveis neuromusculares associadas ao envelhecimento permanece pouco explorada. Uma dessas variáveis é a variabilidade do movimento, mais concretamente a variabilidade do torque, definida como a variação normal da produção de torque nas repetições de uma tarefa angular ao longo do tempo (Holsgaard Larsen et al., 2007a). Esta variabilidade permite ao sistema motor ajustar-se de forma flexível a diferentes tarefas, sendo essencial para o controlo e adaptação do movimento (Harbourne & Stergiou, 2009).

Estudos mostram que indivíduos idosos apresentam menor complexidade nas flutuações de força em comparação com jovens adultos (Holsgaard Larsen et al., 2007b). No entanto, não se sabe se essas alterações afetam a produção muscular em tarefas funcionais, como o teste de sentar e levantar. Assim, compreender a relação entre a potência muscular avaliada por diferentes métodos e a variabilidade do torque pode contribuir para um melhor entendimento dos efeitos do envelhecimento no sistema neuromuscular e, consequentemente, apoiar estratégias para a promoção do envelhecimento saudável (Alcazar et al., 2018; Zijlstra et al., 2007).

A revisão de literatura mostra que são escassos os estudos que investigam a associação entre a potência muscular e a variabilidade do torque. Neste contexto, este estudo tem como objetivo analisar a relação entre a potência muscular, mensurada por diferentes testes de sentar e levantar, e a variabilidade do torque em indivíduos com idade igual ou superior a 65 anos. A hipótese é que os diferentes métodos de avaliação gerarão valores distintos de potência muscular, mas que todos apresentarão uma associação significativa com a variabilidade do torque de extensão de joelhos.

Métodos

Crítérios de Elegibilidade dos Participantes

Para este estudo, foram definidos critérios específicos de inclusão e exclusão para selecionar uma amostra adequada de participantes idosos. Foram incluídos no estudo indivíduos com idade igual ou superior a 65 anos, tanto do sexo masculino como feminino. Por outro lado, os participantes que não conseguiram andar independentemente por um período contínuo de dez minutos foram excluídos; essa capacidade foi avaliada inicialmente por meio de uma pergunta direta ao participante, e em casos de incerteza, o participante foi solicitado a andar em velocidade autodeterminada por dez minutos para confirmar a sua capacidade. Além disso, indivíduos diagnosticados com distúrbios neurológicos ou neuromusculares, lesões musculoesqueléticas que limitavam a execução das tarefas delineadas no protocolo, ou aqueles sob influência de medicamentos com efeitos colaterais conhecidos no sistema nervoso também foram excluídos.

Estes critérios de exclusão foram fundamentais para garantir a segurança dos participantes e a validade dos resultados, assegurando que os dados reunidos refletissem assim o impacto da intervenção numa população específica, sem serem influenciados por condições pré-existentes que pudessem afetar a capacidade de participação ou os resultados do estudo.

Plano de Recrutamento

Foi realizada uma divulgação através das redes sociais (Facebook, Instagram, LinkedIn) e contacto direto. Depois de contactados, aqueles indivíduos que demonstraram interesse em participar foram convidados a comparecer, pessoalmente, em dia e hora pré-definidos, a uma sessão de apresentação e esclarecimento de dúvidas sobre o estudo. Caso concordassem em participar, foi-lhes fornecido o consentimento informado para assinarem.

Cálculo do Tamanho da Amostra

O tamanho da amostra foi calculado utilizando o cálculo G*Power e com base em investigação prévia que avaliam a associação entre a potência muscular em testes de sentar e levantar e o desempenho físico em idosos (Baltasar-Fernandez et al. 2021). Neste

estudo, foi determinado um tamanho amostral de $n=38$ idosos, poder (probabilidade de erro tipo II de $1-\beta$) a um nível de significância α de 0,05 (unilateral).

Desenho de estudo

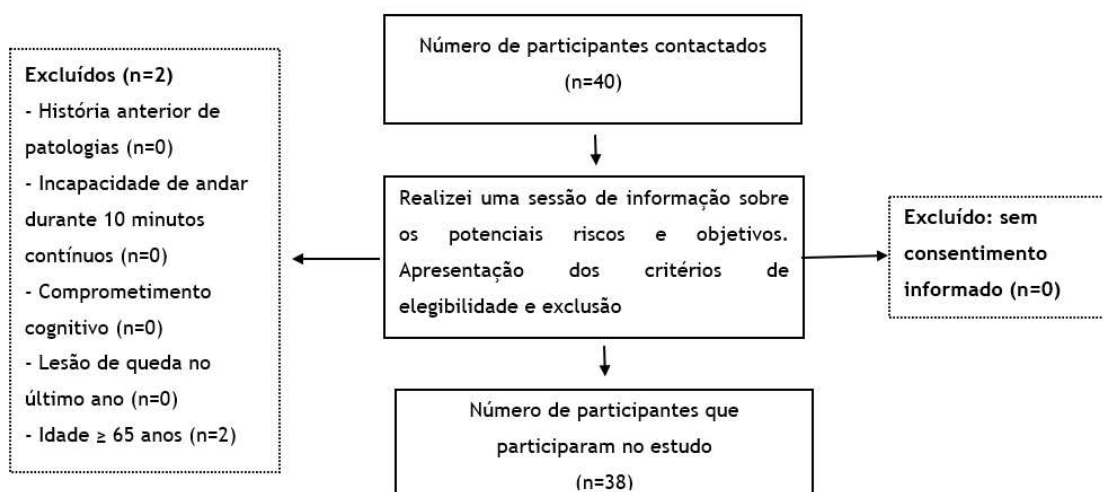


Figura 1 – Fluxograma do Plano de Recrutamento

O estudo observacional foi realizado no Integrative Movement in Networking systems Laboratory, localizado na Clínica de Fisioterapia da Escola Superior de Saúde Egas Moniz, Campus Universitário, Quinta da Granja, Monte da Caparica, 2829-511 Caparica, Portugal, por um fisioterapeuta formado em dinamometria isocinética, plataforma de força e encoder (com pelo menos 10 horas de experiência). Após a aprovação ética foi obtida os dados foram recolhidos entre setembro de 2024 e junho de 2025. Foram seguidas as diretrizes STROBE para estudos transversais.

Exposição

Com base na metodologia de (Alcazar et al., 2021) o protocolo do presente estudo foi adaptado para uma única visita ao laboratório. Cada visita teve, a duração aproximada de 60 minutos, realizada em hora fixa do dia durante, onde foram avaliados os testes de sentar e levantar de uma cadeira e a variabilidade do torque dos extensores do joelho num dinamômetro isocinético.

A Figura 2 apresenta a sequência dos procedimentos durante a visita ao laboratório. Inicialmente foi fornecida uma visão geral detalhada dos procedimentos e de seguida os participantes assinaram o consentimento informado. Na sequência os

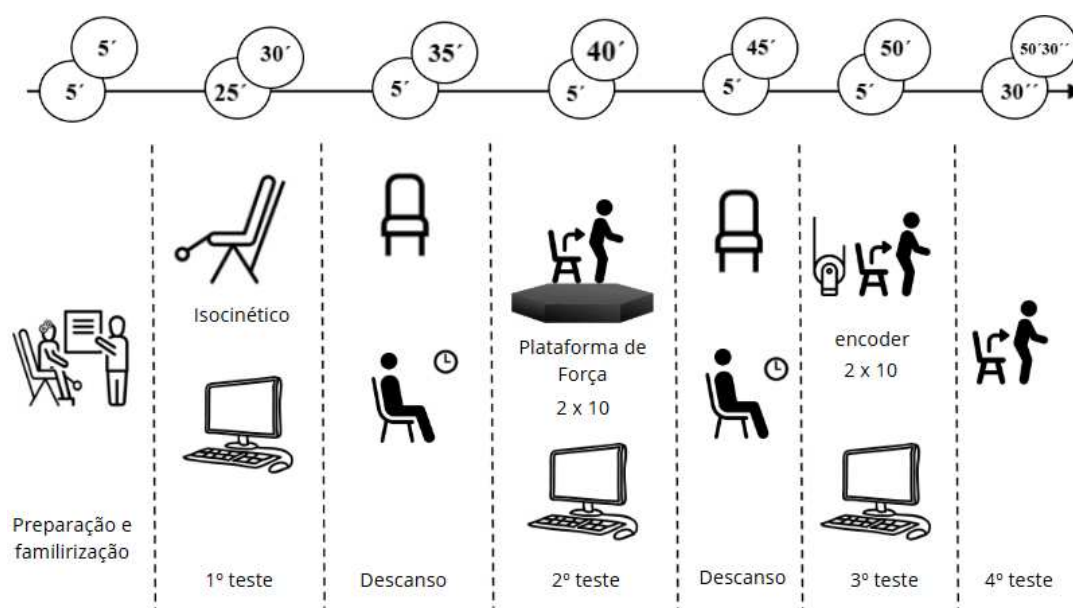


Figura 2 - Diagrama do Desenho de Estudo

participantes realizaram uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão do joelho em um dinamómetro isocinético. Os participantes foram posicionados sentados, mantendo a anca e o joelho a 90° de flexão. Estes foram orientados a produzir a maior força possível de extensão do joelho no ângulo de 70 graus, desde o repouso até ao máximo, no menor tempo possível, e depois para manter a contração máxima por cinco segundos. Foram realizados, pelo menos, duas tentativas de CIVM, com um intervalo mínimo de três minutos de repouso entre cada tentativa. O valor mais elevado de CIVM foi utilizado para as análises futuras. Após a CIVM, os participantes realizaram uma contração isométrica de extensão do joelho a 40% da CIVM, no ângulo de 70 graus, durante 60 segundos, para a avaliação da variabilidade do torque.

Após os participantes realizarem três testes diferentes de sentar e levantar de uma cadeira, de maneira randomizada, para a mensuração da potência muscular. Dois dos testes consistiram em realizar dez repetições de sentar e levantar, com execução lentas e rápidas. A potência muscular produzida nestes dois testes, foi mensurada por uma plataforma de força e por um encoder. Por fim, foi realizado o teste de sentar e levantar, para o cálculo da potência muscular a partir da utilização da fórmula. O teste consistiu em realizar o maior número possível de repetições de sentar e levantar em 30 segundos.

Entre cada teste, os participantes descansaram no mínimo três minutos, de forma a minimizar a fadiga. Em cada um dos testes foi obtido o valor de potência muscular absoluto e relativo a 85% da massa corporal total. De modo a garantir uma execução correta das tarefas, todos estes testes foram realizados com um encorajamento verbal e a supervisão por parte dos fisioterapeutas investigadores.

Recolha de dados, análise de dados e gestão

Contração isométrica voluntária máxima e Variabilidade do torque

A variabilidade do torque foi avaliada num dinamómetro isocinético (Biodex System 3 research, Shirley, NY, EUA). Durante o teste, os participantes sentaram-se e foram fixados na região superior do tronco para evitar movimentos que prejudicassem o alinhamento da articulação do joelho com o eixo de rotação do dinamómetro. Cada participante realizou três CIVM, com 5 segundos de duração, no ângulo de 70° de extensão do joelho (0° = joelho totalmente estendido). O maior valor d CIVM foi utilizado para análises futuras.

De seguida, os participantes realizaram a avaliação da variabilidade do torque. Para isso, os participantes realizaram uma contração isométrica a 40% do valor do CIVM, sustentada durante 60 segundos, também no ângulo de 70° de extensão do joelho (Oliveira et al., 2022; Stergiou, 2004). Os dados do torque foram recolhidos a 1 Hz (Biopac MP100, BIOPAC Systems, Califórnia, EUA) e processados com o software Matlab (The MathWorks Inc., Natick, MA, EUA).

Para medir a variabilidade da extensão do joelho, foi utilizado um código personalizado em MATLAB. Em seguida, estes sinais foram redimensionados para 50 Hz após a realização de uma análise espectral de potência, à qual revelou uma frequência máxima de 3,2 Hz entre todos os participantes. Assim, seguiu-se a recomendação de Stergiou, 2004) de utilizar uma frequência de amostragem cinco vezes superior à frequência mais elevada da série temporal em estudo. Esta análise foi realizada através da densidade espectral de potência. Posteriormente, utilizou-se a Entropia Amostral (*Sample Entropy* – SampEn) (Richman et al., 2000) para determinar a estrutura temporal dos sinais de torque. A SampEn determina a probabilidade de que sequências curtas de pontos de dados se repitam ao longo de uma sequência temporal. No presente estudo, foram seleccionados e aplicados os seguintes parâmetros para a determinação dos valores

de SampEn: comprimento do padrão (m) igual a 2, tolerância de erro (r) de 0,3 e comprimento de dados (N) de 1500 pontos (ou seja, $50 \text{ Hz} \times 30 \text{ segundos}$).

Teste de sentar e levantar na plataforma de força

No teste de sentar e levantar executado sobre a plataforma de força, os participantes sentaram-se numa cadeira de altura padrão (0,47 cm) com os braços cruzados sobre o peito e realizaram 10 tentativas de levantar da cadeira, passando da posição sentada para uma posição ortostática, o mais rápido possível e com a velocidade usual, com 60 segundos de descanso entre tentativas. Uma plataforma de força (Bertec FP6040 Forceplate, EUA), posicionada sob os pés dos participantes durante a tarefa mensurou a força de reação vertical do solo (eixo z), exercida durante o movimento, foi registada com uma taxa de amostragem de 1500 Hz. Por fim, a proporção da massa corporal acelerada durante a fase concêntrica foi calculada como a razão entre a força média concêntrica do levantar da cadeira e a força exercida pelo sujeito em posição ortostática na plataforma (Baltasar-Fernandez, Alcazar, Rodriguez-Lopez, et al., 2021). A média das tentativas, rápido e lento, foram utilizadas para análises futuras.

Teste de sentar e levantar com encoder

Em outro teste, a potência muscular foi avaliada com a utilização de um encoder. Para este teste, os participantes sentaram-se também em uma cadeira de altura padrão (0,47 cm) com os braços cruzados sobre o peito e realizaram 10 tentativas de levantar da cadeira, passando da posição sentada para uma posição ortostática, o mais rápido possível e com a velocidade usual, com 60 segundos de descanso entre tentativas. O encoder foi posicionado no lado direito do participante, com a corda de Kevlar alinhada no plano sagital quando o sujeito estava de pé. O Tendo foi preso à cintura por um cinto. À medida que o sujeito se levantava, a corda do encoder era puxada, registando-se a potência média (W) de cada levantar. A potência foi calculada com base na velocidade vertical (m/s) e na massa deslocada (Kg). Para análise, foi considerada a média das tentativas executadas de maneira lenta e rápida (Gray & Paulson, 2014).

Teste de sentar e levantar em 30 segundos

Por fim, a potência no teste de sentar e levantar foi também calculada utilizando a fórmula proposta previamente (Alcazar et al., 2018). Os participantes realizaram o maior número possível de repetições de sentar e levantar em 30 segundos, numa cadeira padronizada sem braços (0,47 cm de altura), desde a posição de sentado até à posição ortostática, com os braços cruzados no peito. Antes do teste definitivo, os participantes realizaram uma a duas tentativas experimentais, com descanso de 30 a 60 segundos entre elas. A potência muscular do *Sit to Stand* (STS), correspondente ao impulso vertical do centro de massa verticalmente durante a fase concêntrica, isto é, para cima, foi avaliada por meio de uma equação previamente validada (Alcazar et al., 2018).

$$Potência\ STS = \frac{Massa\ corporal \times 0,9 \times g \times [Altura \times 0,5 - Altura\ da\ cadeira]}{[\frac{Tempo}{n^o\ repeti\c{c}o\es}] \times 0,5}$$

Na equação foram consideradas as seguintes variáveis: a massa corporal (Kg), a gravidade (9,81 m.s²), a altura do corpo, a altura da cadeira (m), o tempo (s), o número de repetições realizadas durante o STS e os coeficientes derivados da biomecânica, cujo valor pode variar entre 0,9 e 0,5.

Análise Estatística

Todos os dados foram resumidos com médias (ou medianas) e desvio padrão. Todos os dados foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Mauchly, respetivamente. A análise da correlação entre a potência muscular nos testes de sentar e levantar e a variabilidade do torque foi realizada através do teste coeficiente de correlação do momento do produto de Pearson, que foi utilizado para determinar correlações entre dados. As correlações foram consideradas fracas (coeficientes de correlação de 0,1 a 0,35 ou -0,1 a -0,35), moderadas (coeficientes de correlação de 0,36 a 0,67 ou -0,36 a -0,67) e fortes (coeficientes de correlação de 0,68 a 1 ou -0,68 a -1)(Taylor, 1990). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Jamovi (versão 2.6.26; The jamovi project,2023).

O nível de significância foi definido à priori como $\alpha \leq 0,05$.

Resultados

Caraterização dos participantes

Um total de 40 participantes foi recrutado para o presente estudo, sendo que dois foram excluídos por não preencherem os critérios de elegibilidade. Nenhum evento adverso ocorreu durante qualquer uma das avaliações realizadas neste estudo. Após as exclusões, foi analisado um total de 38 idosos saudáveis (19 mulheres e 19 homens), com uma idade média de 74 ± 5.96 anos, peso corporal de 72.15 ± 12.88 Kg, altura de 1.62 ± 0.1 cm e índice de massa corporal (IMC) de 27.33 ± 3.74 Kg/m².

A tabela 1 e 2 apresentam as características físicas e os valores da função muscular dos participantes do presente estudo.

Tabela 1 – Caraterísticas físicas e valores da função muscular dos participantes (Média $\pm$ Desvio Padrão)

	Idade (anos)	Massa corporal (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m²)
Média	$74 \pm 5,96$	$72.15 \pm 12,88$	162 ± 10	$27.33 \pm 3,74$
Mínimo	65	40	138	19.29
Máximo	85	100	184	34.35

Legenda 1 - IMC = Índice de Massa Corporal

Tabela 2 – Variabilidade do torque e potência muscular nos testes de sentar e levantar

	Variabilidade do torque (50 Hz)	Potência muscular avaliada com encoder (watts)				Potência muscular avaliada na plataforma de força (Newton/milissegundos)		Potência muscular avaliada pela fórmula
		Lento (w)	Rápida (w)	Lento (w/Kg)	Rápido (w/Kg)	Max lento	Max rápido	
Média	0,517±0,264	9882 ± 3355	14123 ± 6682	139 ± 39,4	203 ± 80,3	3269 ± 2288	7334 ± 5349	69,6 ± 25,1
Mínimo	0,130	4038	1186	68,8	88,9	850	1275	23,51
Máximo	1,21	18362	30356	219	446	11520	25997	126

Legenda 2 - w = watts; w/Kg = watts/massa corporal; MAX = Taxa de produção da força

Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada pelo encoder

Os dados da variabilidade do torque e da potência avaliada durante o teste de sentar e levantar avaliados pelo encoder demonstraram distribuição normal ($p > 0,05$). Com relação a potência absoluta avaliada durante o teste de sentar e levantar de maneira rápida e lenta, foi observado uma associação moderada positiva e significativa ($p < 0,001$) com os valores da variabilidade do torque ($R^2 = 0,37$ e $R^2 = 0,39$, respectivamente) (Figura 3A e 3B).

Com relação a potência relativa avaliada durante o teste de sentar e levantar da maneira rápida e lenta, foi observado uma associação moderada positiva significativa ($p < 0,001$) com os valores da variabilidade do torque ($R^2 = 0,17$ e $R^2 = 0,22$, respectivamente) (Figura 3C e 3D).

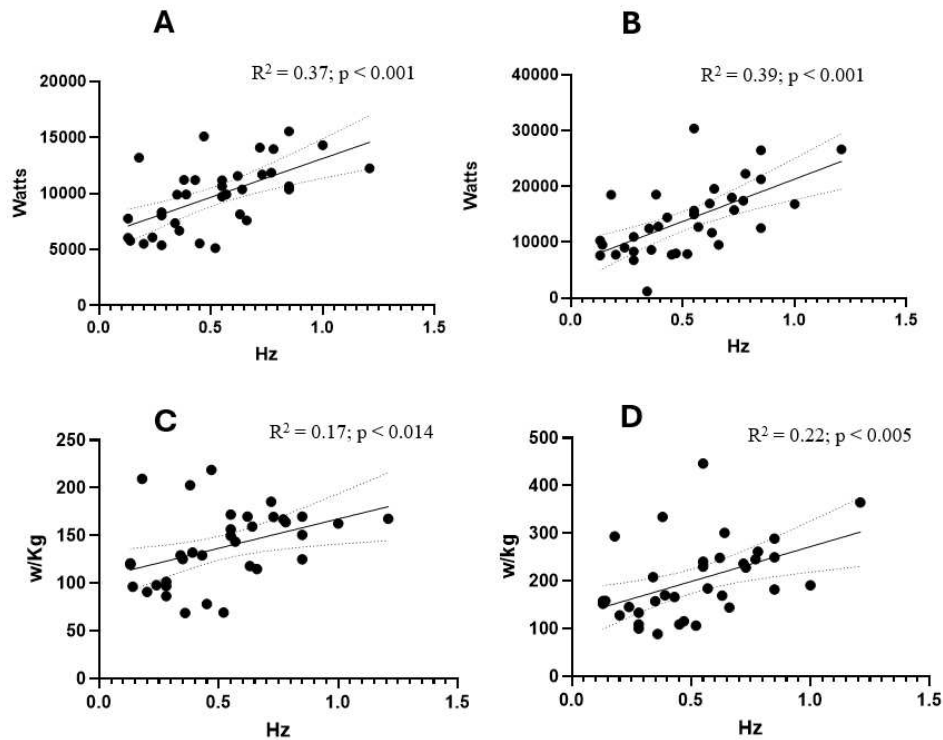


Figura 4 – Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular absoluta (A e B) e relativa (C e D) avaliadas no teste de sentar e levantar com a utilização do encoder

Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada na plataforma de força

Os valores da variabilidade do torque e da potência avaliada durante o teste de sentar e levantar avaliados na plataforma de força demonstraram distribuição normal ($p > 0,05$). Enquanto a potência durante o teste de sentar e levantar de maneira lenta não demonstrou associação significativa com a variabilidade do torque ($p > 0,05$) (Figura 5A), a mesma avaliada de maneira rápida demonstrou associação moderada positiva e significativa com a variabilidade do torque ($p > 0,001$) (Figura 5B).

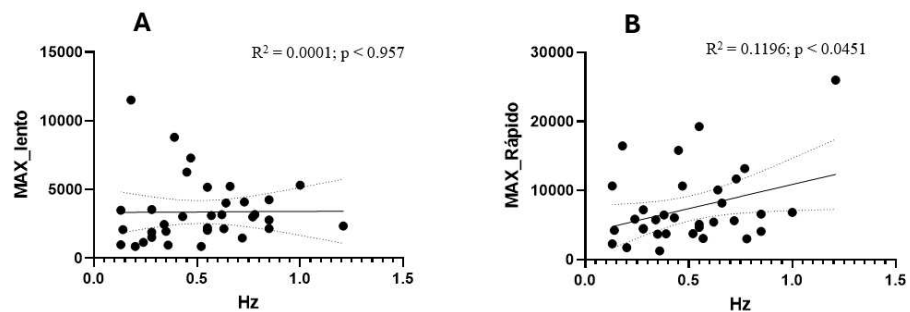


Figura 5 – Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular absoluta avaliada na plataforma de força de maneira lenta (A) e rápida (B).

Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada através da fórmula

Os dados da variabilidade do torque e da potência avaliada durante o teste de sentar e levantar com a utilização da fórmula demonstraram distribuição normal ($p > 0,05$). Com relação à associação da potência muscular avaliada através da utilização da fórmula, foi observado uma associação moderada positiva e significativa ($p < 0,001$) com os valores da variabilidade do torque ($R^2 = 0,39$) (Figura 6).

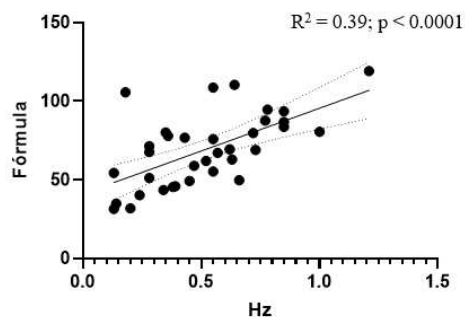


Figura 6 – Associação entre a variabilidade do torque e a potência muscular avaliada através da fórmula

Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar a relação entre a potência muscular, mensurada por diferentes testes de sentar e levantar, e a variabilidade do torque dos extensores do joelho em indivíduos idosos. Os principais resultados obtidos neste estudo mostraram que, embora sejam associações moderadas, as potências musculares mensuradas por diferentes testes de sentar e levantar demonstraram correlação significativa com a variabilidade do torque. Sugerindo que medidas simples de potência funcional podem refletir, ao menos em parte, a complexidade do controle neuromuscular envolvido na produção de força.

A potência muscular produzida no teste de sentar e levantar foi escolhida para este estudo, devido à sua correlação com a capacidade funcional em idosos uma vez que a potência muscular é um potente biomarcador da capacidade funcional de idosos (Bean et al., 2007). Neste sentido, estudos prévios observaram correlações significativas, fracas a moderadas, entre a potência muscular dos membros inferiores, quando avaliado durante uma extensão do joelho de forma unilateralmente ou bilateralmente, com a potência muscular obtida no teste de sentar e levantar (Bassey et al., 1992; Lindemann et al., 2003). Isto reforça a sugestão do teste de sentar e levantar como um biomarcador para efeitos do envelhecimento sobre a potência muscular. No presente estudo, grande parte da potência muscular avaliada pelos diferentes testes de sentar e levantar demonstram correlação,

significativa positiva com a variabilidade do torque. Há fortes evidências de que idosos apresentam maior magnitude de flutuações de força, mas menor variabilidade do torque (Oomen & van Dieën, 2017). Mudanças relacionadas com as propriedades das unidades motoras decorrentes do envelhecimento têm um efeito profundo tanto na capacidade de geração de força máxima quanto no controle da força e, consequentemente na variabilidade do torque na tarefa. Essas alterações, inclui perda de unidades motoras, remodelação de unidades motoras, e alterações nas taxas de descarga de potências de ação (Connelly et al., 1999; Piasecki et al., 2016). Alterações das quais também tem correlação com a perda da capacidade de produção de potência muscular decorrente do envelhecimento. O que pode ajudar a explicar a correlação significativa entre a potência muscular no teste de sentar e levantar com a variabilidade do torque encontrada no presente estudo. O facto de as associações terem sido fracas a moderadas podem estar relacionadas com as características dos testes. Variabilidade foi avaliada na posição de sentada, o que não considera possíveis limitações de equilíbrio ao levantar-se de uma cadeira, como défices de equilíbrio

No presente estudo a potência medida pelo encoder e pela fórmula apresentaram a correlação mais elevada com a variabilidade do torque ($R^2 \approx 0,37-0,39$; $p < 0,001$), comparada com a potência avaliada pela plataforma de força ($R^2 \approx 0,12$; $p < 0,001$). Esses resultados podem sugerir uma maior sensibilidade da potência muscular avaliada pelo encoder e pelo cálculo da fórmula com alterações promovidas pelo envelhecimento na variabilidade do torque. É improvável que mecanismos neurais ou morfológicos possam explicar essas diferenças entre a força das associações, visto que, os testes de sentar e levantar foram executados de maneira similar. Uma possível justificação para estas diferenças, poderá ser pelo facto do teste potência medida pelo encoder e pela fórmula levarem em consideração a força e a velocidade de execução para o cálculo da potência, e por sua vez o cálculo da potência na plataforma levou em consideração a taxa de elevação da força, a medida relacionada com a potência muscular (Tøien et al., 2022), mas, porém, não leva em consideração a velocidade de deslocamento do participante.

Este estudo apresenta algumas limitações, como a inclusão exclusiva de idosos saudáveis, níveis funcionais preservados. Além disso, não foram avaliados resultados funcionais, como quedas ou perda funcional ao longo do tempo, que poderiam reforçar a utilidade prática das variáveis em estudo. Por fim, a medição da variabilidade apenas em contração isométrica unilateral pode não refletir o controlo neuromuscular durante as tarefas dinâmicas.

Conclusão

Como conclusão, a potência muscular avaliada por diferentes testes de sentar e levantar, mostraram correlação moderadas e significativas com a variabilidade do torque. Também, sugerem uma maior sensibilidade para a potência avaliada pelo encoder e pela fórmula. Por fim, esses achados podem sugerir que as potências em tarefas funcionais têm correspondência com os efeitos do envelhecimento sobre a variabilidade do torque e controle motor de indivíduos idosos.

Referências

- Alcazar, J., Alegre, L. M., Van Roie, E., Magalhães, J. P., Nielsen, B. R., González-Gross, M., Jódice, P. B., Casajús, J. A., Delecluse, C., Sardinha, L. B., Suetta, C., & Ara, I. (2021). Relative sit-to-stand power: aging trajectories, functionally relevant cut-off points, and normative data in a large European cohort. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 12(4), 921–932. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12737>
- Alcazar, J., Kamper, R. S., Aagaard, P., Haddock, B., Prescott, E., Ara, I., & Suetta, C. (2020). Relation between leg extension power and 30-s sit-to-stand muscle power in older adults: validation and translation to functional performance. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73395-4>
- Alcazar, J., Losa-Reyna, J., Rodriguez-Lopez, C., Alfaro-Acha, A., Rodriguez-Mañas, L., Ara, I., García-García, F. J., & Alegre, L. M. (2018). The sit-to-stand muscle power test: An easy, inexpensive and portable procedure to assess muscle power in older people. *Experimental Gerontology*, 112, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.08.006>
- Baltasar-Fernandez, I., Alcazar, J., Losa-Reyna, J., Soto-Paniagua, H., Alegre, L. M., Takai, Y., Ruiz-Cárdenas, J. D., Signorile, J. F., Rodriguez-Mañas, L., García-García, F. J., & Ara, I. (2021). Comparison of available equations to estimate sit-to-stand muscle power and their association with gait speed and frailty in older people: Practical applications for the 5-rep sit-to-stand test. *Experimental Gerontology*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111619>
- Baltasar-Fernandez, I., Alcazar, J., Rodriguez-Lopez, C., Losa-Reyna, J., Alonso-Seco, M., Ara, I., & Alegre, L. M. (2021). Sit-to-stand muscle power test: Comparison between estimated and force plate-derived mechanical power and their association with physical function in older adults. *Experimental Gerontology*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111213>
- Bassey, E. J., Fiatarone, M. A., O'neill, E. F., Kelly, M., Evans, W. J., & Lipsitz, L. A. (1992). Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *In Clinical Science (Vol. 82)*.

- Bean, J. F., Kiely, D. K., LaRose, S., Alian, J., & Frontera, W. R. (2007). Is Stair Climb Power a Clinically Relevant Measure of Leg Power Impairments in At-Risk Older Adults? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(5), 604–609. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.02.004>
- Connelly, D. M., Rice, C. L., Roos, M. R., & Vandervoort, A. A. (1999). Motor unit firing rates and contractile properties in tibialis anterior of young and old men. <http://www.jap.org>
- Gray, M., & Paulson, S. (2014). Developing a measure of muscular power during a functional task for older adults. *BMC Geriatrics*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-145>
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice. In *Physical Therapy* (Vol. 89, Issue 3). www.ptjournal.org
- Holsgaard Larsen, A., Caserotti, P., Puggaard, L., & Aagaard, P. (2007a). Reproducibility and relationship of single-joint strength vs multi-joint strength and power in aging individuals. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17(1), 43–53. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00560.x>
- Holsgaard Larsen, A., Caserotti, P., Puggaard, L., & Aagaard, P. (2007b). Reproducibility and relationship of single-joint strength vs multi-joint strength and power in aging individuals. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17(1), 43–53. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00560.x>
- Lindemann, U., Claus, H., Stuber, M., Augat, P., Mucbe, R., Nikolaus, T., & Becker, C. (2003). Measuring power during the sit-to-stand transfer. *European Journal of Applied Physiology*, 89(5), 466–470. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0837-z>
- Oomen, N. M. C. W., & van Dieën, J. H. (2017). Effects of age on force steadiness: A literature review and meta-analysis. In *Ageing Research Reviews* (Vol. 35, pp. 312–321). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.11.004>

- Oliveira, J., Casanova, N., Gomes, J. S., Pezarat-Correia, P., Freitas, S., & Vaz, J. R. (2022). Changes in torque complexity and maximal torque after a fatiguing exercise protocol. *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2067588>
- Piasecki, M., Ireland, A., Jones, D. A., & McPhee, J. S. (2016). Age-dependent motor unit remodelling in human limb muscles. In *Biogerontology* (Vol. 17, Issue 3, pp. 485–496). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10522-015-9627-3>
- Reid, K. F., Pasha, E., Doros, G., Clark, D. J., Patten, C., Phillips, E. M., Frontera, W. R., & Fielding, R. A. (2014). Longitudinal decline of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: Influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber contractile properties. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 29–39. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2728-2>
- Richman, J. S., Randall Moorman, J., Randall, J., & Physi, M. (2000). Downloaded from www.physiology.org/journal/ajpheart by \${individualUser}. In *Am J Physiol Heart Circ Physiol* (Vol. 278). www.physiology.org/journal/ajpheart
- Stergiou, Nicholas. (2004). *Innovative analyses of human movement*. Human Kinetics.
- Taylor, R. (1990). Interpretation of the correlation coefficient: A basic review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 6(1), 35–39.
- Tøien, T., Malmo, T., Espedal, L., & Wang, E. (2022). Maximal intended velocity enhances strength training-induced neuromuscular stimulation in older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 122(12), 2627–2636. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05045-8>
- Van Roie, E., Van Driessche, S., Inglis, A. J., Thomis, M., & Delecluse, C. (2018). Rate of power development of the knee extensors across the adult life span: A cross-sectional study in 1387 Flemish Caucasians. *Experimental Gerontology*, 110, 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.06.021>

- Winger, M. E., Caserotti, P., Ward, R. E., Boudreau, R. M., Hvid, L. G., Cauley, J. A., Piva, S. R., Harris, T. B., Glynn, N. W., & Strotmeyer, E. S. (2021). Jump power, leg press power, leg strength and grip strength differentially associated with physical performance: The Developmental Epidemiologic Cohort Study (DECOS). *Experimental Gerontology*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111172>
- Zijlstra, G. A. R., van Haastregt, J. C. M., van Eijk, J. T. M., van Rossum, E., Stalenhoef, P. A., & Kempen, G. I. J. M. (2007). Prevalence and correlates of fear of falling, and associated avoidance of activity in the general population of community-living older people. *Age and Ageing*, 36(3), 304–309. <https://doi.org/10.1093/ageing/afm021>

Anexo I

Monte de Caparica, ____ de ____ de ____

Exmo.(a) Sr.(a),

No âmbito do Mestrado em Fisioterapia na Unidade Curricular de Metodologia da Investigação, eu, Ana Espadilha, sob a supervisão do professor Dr. Régis ~~Radaelli~~, solicito a sua autorização para a participação no estudo "Associação entre a potência muscular mensurada em diferentes testes de sentar e levantar e a variabilidade do torque em indivíduos idosos: estudo ~~correlacional~~". A sua participação no presente estudo consiste em:

- Avaliação da potência muscular em três diferentes testes de sentar e levantar de uma cadeira. A duração estimada para participação nesta tarefa é de 30 minutos;
- Avaliação da força da perna. A duração estimada para participação nesta tarefa é de 30 minutos;

A participação neste estudo é voluntária. A sua não participação não lhe trará qualquer prejuízo.

Este estudo pode trazer benefícios tais como: poderá ter acesso a informação sobre a sua condição física, risco de quedas e capacidade funcional. Os riscos da sua participação, são os riscos inerentes à realização de exercícios de força. A sessão será toda supervisionada e todos os procedimentos de segurança serão adotados.

A informação recolhida destina-se unicamente a tratamento estatístico e/ou publicação e será tratada pelo orientador e pelos seus mandatados. A sua recolha é confidencial e os seus dados serão codificados de forma a anonimizar a sua identidade.

(Riscar o que não interessa)

ACEITO/NÃO ACEITO participar neste estudo, confirmando que fui esclarecido sobre as condições do mesmo e que não tenho dúvidas.

(Assinatura do participante)

Egas Moniz - Cooperativa de Ensino Superior, CRL
Campus Universitário - Quinta da Granja
2250-511 Monte da Caparica, Portugal
NIF 504 218 617