

Artigo Original de Investigação

Precisão de duas pulseiras desportivas (*smartbands*) de diferente valor comercial na contagem de passos: um estudo exploratório

Accuracy of two smartbands of different commercial value in step counting: an exploratory study

Inês Silva¹, Pedro Machado¹, Sofia Flora¹, Joana Cruz¹

¹ Centro de Inovação em Tecnologias e Cuidados de Saúde (ciTechCare), Escola Superior de Saúde (ESSLei), Politécnico de Leiria

5170181@ipleiria.pt, pedro.machado@ipleiria.pt, sofia.flora@ipleiria.pt, joana.cruz@ipleiria.pt

Introdução: A crescente recomendação da prática de atividade física como fator modificável de promoção da saúde tem levado à necessidade de monitorização em contexto real. As pulseiras desportivas comerciais (*smartbands*) são uma possibilidade, uma vez que permitem obter o número de passos realizados e servir como ferramentas motivacionais. No entanto, a maioria destes dispositivos não está validada. Este estudo pretendeu explorar a precisão de duas *smartbands* de diferente valor comercial, no lado dominante e não-dominante, e comparar o seu desempenho.

Métodos: 11 indivíduos saudáveis (33,7±11,4 anos; destros) utilizaram quatro *smartbands* (duas Garmin Vivosmart 4, duas Xiaomi Mi Band 4) no punho esquerdo e direito, enquanto caminhavam durante 3 minutos a velocidade autodeterminada. O número de passos foi obtido através das *smartbands* e contagem manual (critério). O erro percentual absoluto médio (MAPE) e os limites do acordo (LA) foram utilizados para avaliar a precisão das *smartbands*. Os LA foram também utilizados para comparar resultados entre local (direito, esquerdo) e dispositivos.

Resultados: O MAPE das *smartbands* foi inferior a 10%, independentemente da marca e localização. No entanto, as *smartbands* Garmin apresentaram valores inferiores de MAPE (Esquerdo: 3,6±2,9%; Direito: 4,6±4,7%) e LA mais restritos (Esquerdo: -35,7/9,1; Direito: -45,7/50,6 passos). A diferença de resultados foi menor entre as *smartbands* Garmin (LA: -37,6/69,1 passos) e os dispositivos localizados no lado direito (LA: -72,2/96,3 passos).

Conclusões: As *smartbands* apresentam um erro aceitável para a monitorização de passos na população em geral,

embora a *smartband* Garmin apresente melhor desempenho. Estudos futuros são necessários para suportar estes resultados.

Introduction: The growing recommendation of regular physical activity as a modifiable health promotion factor has led to the need for activity monitoring in a real context. Commercial smartbands are a possibility, as they allow users to obtain the number of steps achieved on a specific moment and may serve as motivational tools. However, most of these devices are not validated. This study aimed to explore the accuracy of two smartbands of different commercial value, on the dominant and non-dominant side, and compare their performance.

Methods: 11 healthy subjects (33.7±11.4 years; right dominance n=11) wore four smartbands (two Garmin Vivosmart 4, two Xiaomi Mi Band 4) on the left and right wrists, while walking for 3 minutes at a self-determined pace. The number of steps was obtained through smartbands and manual counting (criterion measure). The mean absolute percentage error (MAPE) and the limits of agreement (LA) were used to assess the accuracy of the smartbands. LA were also used to compare results between location (right, left) and devices.

Results: The smartbands MAPE was below 10%, regardless of the brand and location. However, Garmin smartbands showed lower MAPE values (Left: 3.6±2.9%; Right: 4.6±4.7%) and more restricted LA (Left: -35.7/9.1; Right: -45.7/50.6 steps). The difference in results was smaller between Garmin smartbands (LA: -37.6/69.1 steps) and devices located on the right side (LA: -72.2/96.3 steps).

Conclusions: Smartbands present an acceptable error for monitoring steps in the general population, although the Garmin smartband shows better performance. Future studies are needed to support these results.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade física; precisão; pulseiras desportivas; monitorização.

KEY WORDS: Physical activity; accuracy; smartbands; monitoring.

Submetido em 20.04.2022; Aceite em 14.07.2022; Publicado em 29.07.2022.

* **Correspondência:** Joana Cruz

Email: joana.cruz@ipleiria.pt

INTRODUÇÃO

A prática regular de atividade física está associada a uma redução do risco de mortalidade por todas as causas e por doenças cardiovasculares, e da incidência de cancro, hipertensão e diabetes¹. A atividade física encontra-se também associada a menores níveis de mortalidade em sobreviventes de cancro da mama e cancro colorretal e à manutenção da capacidade funcional em idosos¹. Assim, a

evidência científica suporta a prática de atividade física como uma intervenção não-farmacológica para várias doenças crónicas².

Atividade física consiste em qualquer movimento realizado pelos músculos esqueléticos que resulta em dispêndio energético³. Esta compreende a prática de exercício físico, que corresponde a toda a prática consciente de atividade física, realizada com um objetivo específico e delineada no tempo, assim como atividades ocupacionais e de lazer, como caminhar, ir

às compras, jardinar, subir e descer escadas, entre outras³.

Apesar dos benefícios da prática de atividade física regular estarem bem estabelecidos¹, um em cada quatro (27%) adultos não cumpre as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS)⁴. O crescente uso de tecnologias adaptadas à saúde, mais conhecidas como saúde eletrónica (e-Health) e móvel (m-Health), tem sido uma estratégia utilizada para promover comportamentos saudáveis. Estas intervenções apresentam-se como promissoras uma vez que conseguem uma abordagem personalizada e interativa num grande grupo de pessoas a custos relativamente baixos⁵.

A utilização de dispositivos tecnológicos que podem ser utilizados para monitorizar continuamente as atividades de um indivíduo, sem interromper ou limitar os movimentos do utilizador, como pulseiras desportivas, relógios e outros acessórios, tem tido uma crescente procura, uma vez que permite ao utilizador monitorizar parâmetros de atividade física como o número de passos, distância percorrida e batimento cardíaco⁶. A contagem de passos tem a vantagem de ser facilmente compreendida pela população em geral e tem sido relacionada com importantes resultados em saúde, incluindo a mortalidade por todas as causas⁷, eventos cardiovasculares e risco de desenvolver diabetes tipo 2⁸. Além disso, estes dispositivos podem ajudar a motivar os utilizadores a manter um estilo de vida mais ativo, uma vez que a sua maioria fornece *feedback* sobre o desempenho do utilizador⁹. Estes dispositivos têm sido utilizados para melhorar os níveis de atividade física em pessoas com e sem patologia, com resultados promissores¹⁰. O número crescente de intervenções que utilizam este tipo de dispositivos como ferramenta de monitorização e motivação para a adesão à prática regular de atividade física em populações clínicas realça o potencial deste equipamento na prestação de cuidados personalizados (*personalised healthcare*)^{11, 12}, contribuindo para incorporar hábitos de vida saudáveis sustentados. Estes dispositivos podem também ser utilizados em estudos epidemiológicos

como ferramenta de avaliação dos níveis de atividade física por períodos prolongados¹³, como alternativa a equipamento mais dispendioso (e.g., acelerómetros).

Atualmente, existem no mercado várias marcas e modelos de dispositivos tecnológicos para monitorizar a atividade física. A oferta de novos modelos a preços acessíveis torna atrativa a aquisição de alguns destes produtos em detrimento de outros mais dispendiosos. No entanto, desconhece-se a precisão destes dispositivos, o que pode influenciar a adesão dos utilizadores à tecnologia e comprometer a prática de atividade física¹⁴. Esta questão é ainda mais importante em populações com patologia, que normalmente realizam um menor número de passos diário¹⁵. Além disso, desconhece-se se o local onde são utilizados os dispositivos (lado dominante vs. não-dominante) tem influência na precisão dos dados.

Neste sentido, este estudo exploratório teve como objetivo explorar a precisão das pulseiras desportivas (*smartbands*) GARMIN Vívomart 4 (preço ~ 100€) e da XIAOMI Mi Band 4 (preço ~ 25€) na contagem de passos, quando comparadas com a contagem manual. Pretendeu-se ainda avaliar se os resultados dependiam de: 1) local de utilização (membro superior dominante e não-dominante); 2) marca e modelo das pulseiras desportivas com valor de mercado diferente.

METODOLOGIA

Desenho do estudo

Este estudo exploratório foi realizado após aprovação ética da Unidade Investigação em Ciências da Saúde: Enfermagem (UICISA: E) da Escola Superior de Enfermagem de Coimbra (ESENfC; parecer nº P745/12-2020).

Participantes

Onze indivíduos saudáveis que frequentavam o Ginásio NFClube – Nutrição e Fitness (Porto de Mós) voluntariaram-se para participar no estudo, após autorização da Direção do ginásio. Foram incluídos indivíduos que: (1) tivessem idade igual ou superior a

18 anos; (2) não tivessem nenhuma condição de saúde que afetasse a capacidade de realizar marcha; (3) falassem e compreendessem português; compreendessem os objetivos do estudo e concordassem em participar. Os critérios de exclusão foram: (1) condição clínica que limitasse a atividade física (e.g., distúrbios neurológicos ou musculoesqueléticos significativos, risco de queda); (2) doença cardiovascular instável e/ou severa; (3) utilização de auxiliar de marcha; (4) sinais de comprometimento cognitivo ou outra condição que impedisse a compreensão e/ou cooperação no estudo.

A recolha de dados foi realizada no ginásio, de forma a não causar nenhum transtorno adicional ou deslocações extra dos participantes. Foi obtido o consentimento informado dos participantes, antes da recolha de dados.

Os participantes preencheram um breve questionário com informação sociodemográfica (i.e., idade, sexo e informação clínica, nomeadamente condição de saúde e medicação habitual, utilização de tecnologias de apoio no quotidiano), para caracterização da amostra e verificação do cumprimento dos critérios de elegibilidade. Foi realizada a medição da altura e massa corporal para posterior cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC), identificada a dominância do membro superior através do autorrelato, e realizado o Teste de Levantar e Ir (Timed Up and Go Test, TUG) a velocidade normal, de acordo com os procedimentos descritos por Kear e colegas¹⁶, para caracterização da mobilidade funcional e comparação com os valores de referência¹⁶. Um resultado igual ou superior a 10 segundos indica capacidade física¹⁶. De seguida, foram realizados os testes com as 4 *smartbands*, como descrito abaixo.

Instrumentos

Neste estudo piloto, foram utilizadas 2 *smartbands* GARMIN Vivosmart 4 (Garmin Ltd, Lenexa, Kansas, U.S.A.) e 2 *smartbands* da XIAOMI Mi Band 4 (Xiaomi, Beijing, China), estando ambas equipadas com acelerómetro triaxial. As *smartbands* foram selecionadas devido à diferença do valor de mercado,

a primeira com um valor próximo dos 100€ e a segunda com um valor próximo dos 25€. Estes equipamentos incluem um visor onde é apresentado, para além de outros parâmetros, a estimativa do número de passos em tempo real.

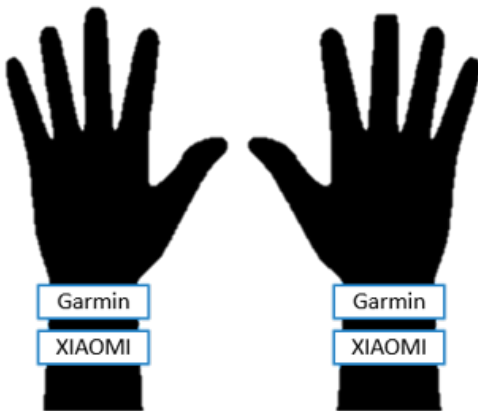
Procedimentos

Os participantes foram equipados com 4 *smartbands*, de uso simultâneo (Figura 1). De seguida, foi solicitado aos participantes que realizassem um Teste de Marcha de 3 Minutos (TM3M), de acordo com as recomendações internacionais mais recentes de validação de dispositivos tecnológicos na contagem de passos¹⁴. Estas recomendações aconselham que o TM3M seja realizado num corredor com 30 metros¹⁴; no entanto, devido à logística do local de recolha, as recolhas foram realizadas num corredor de 10 metros no exterior. Durante o teste, os participantes foram instruídos a caminhar ao ritmo normal, não sendo fornecida qualquer instrução durante o mesmo. Todos os participantes utilizaram sapatilhas durante a recolha de dados e esta foi realizada numa superfície plana e rígida, a uma temperatura de aproximadamente 17º centígrados.

Um investigador contabilizou o número de passos manualmente durante o teste e, no final do teste, registou os resultados obtidos em cada uma das *smartbands*, apresentados no visor dos dispositivos. O investigador estava localizado a meio do percurso dos 10 metros, de forma a garantir uma visualização mais precisa do número de passos realizados por cada participante. O investigador recebeu treino prévio de recolha de dados de forma a sistematizar o processo e, durante a recolha de dados, era dada a possibilidade de solicitar aos participantes que reiniciassem o teste caso o investigador detetasse alguma falha ou incerteza na contagem de passos.

Os dispositivos utilizados durante o teste no membro superior esquerdo encontram-se ao longo do estudo denominados como “Garmin Esquerda” e “Xiaomi Esquerda”, assim como os que foram utilizados no membro superior direito estão referidos como “Garmin Direita” e “Xiaomi Direita”.

Figura 1 - Posição de cada uma das *smartbands* nos punhos esquerdo e direito.



Análise estatística

Foi utilizada estatística descritiva (média, desvio-padrão, frequências, máximo-mínimo) para caracterizar a amostra e os valores obtidos a partir de cada método de contagem de passos.

A precisão foi avaliada através da comparação dos valores obtidos nas *smartbands* com os valores de critério (i.e., contagem manual do número de passos realizados), utilizando o cálculo da percentagem de erro absoluto médio (*mean absolute percentage error*, MAPE) e os gráficos dos limites do acordo de Bland and Altman, de acordo com as recomendações internacionais¹⁴.

Para o cálculo do MAPE, foi necessário calcular a percentagem de erro absoluto (*absolute percent error*, APE) para cada dispositivo e cada indivíduo, através da seguinte equação:

$$APE = (|\text{passos do dispositivo} - \text{contagem manual}|) / (\text{contagem manual}) \times 100.$$

Foi utilizado o valor absoluto da subtração para evitar valores negativos. Os valores mais próximos de 0 indicam resultados mais precisos. O MAPE corresponde à média dos valores obtidos na amostra, e foi também calculado o desvio padrão. As recomendações internacionais referem que, se o dispositivo está a ser validado para um ensaio clínico

ou como *gold standard* alternativo para a contagem de passos, deve demonstrar um nível extremamente baixo de erro de medição ($MAPE \leq 5\%$)¹⁴. No que diz respeito à validação destes dispositivos para utilização na população em geral, é aceitável um erro de medição maior ($MAPE \leq 10\% - 15\%$)¹⁴.

O método de Bland e Altman permite observar, de forma gráfica, o acordo entre dois métodos de medição, através das diferenças (viés) entre os resultados obtidos nos mesmos¹⁷. Dois métodos que estão desenhados para medir o mesmo parâmetro devem apresentar boa concordância entre si¹⁷. Assim, quanto mais próximo de zero for a média das diferenças entre os dispositivos e a contagem manual, bem como os limites do acordo, maior é a concordância das medições. Este método foi utilizado para avaliar a concordância entre o número de passos obtidos em cada uma das *smartbands* e a contagem manual, assim como para avaliar a concordância entre o número de passos obtidos no lado dominante e não-dominante nas *smartbands* da mesma marca, e das *smartbands* de marca diferente localizadas no mesmo membro (dominante e não-dominante).

RESULTADOS

Participantes

A amostra em estudo (n=11) apresentou uma média (\pm desvio-padrão) de idades de $33,3 \pm 11,4$ anos (22—56 anos) e IMC de $23,7 \pm 1,2$ kg/m², sendo constituída maioritariamente por mulheres (n=6, 54,5%). Todos os participantes apresentaram como lado dominante o lado direito (n=11). Um participante reportou utilizar tecnologia de apoio no seu quotidiano, especificamente óculos (n=1; 9,1%), e 2 participantes reportaram a utilização regular de medicação (para controlar os níveis de colesterol ou e o funcionamento da tiroide, não especificado; n=2, 18%). Nenhum dos participantes reportou condições de saúde que limitassem a prática de atividade física. Todos os participantes realizaram o TUG em menos de 10 segundos, indicando boa capacidade física¹⁶ ($5,4 \pm 0,5$ segundos).

Média da Percentagem de Erro Absoluto (MAPE) e método Bland and Altman

A Tabela 1 apresenta o número de passos recolhidos no TM3M através dos diferentes métodos, o MAPE e os resultados obtidos através do método de Bland and Altman, tendo como referência a contagem manual.

Todos os dispositivos apresentaram um valor de MAPE inferior a 10%, com as *smartbands* Garmin a registar valores de erro menores (MAPE $3,6 \pm 2,9\%$ no lado esquerdo, $4,6 \pm 4,7\%$ no lado direito), do que as da Xiaomi, quando comparados com a medida de critério (contagem de passos). Quando considerados os resultados de cada participante de forma individual, em 72,7% dos casos o erro das *smartbands* Garmin foi menor do que 5%, independentemente da localização (i.e., lados esquerdo e direito). Nas *smartbands* Xiaomi, os resultados foram inferiores (45,5% no lado esquerdo, 63,6% no lado direito). Quando o valor de corte de $\leq 15\%$ foi considerado, a *smartband* Garmin do lado esquerdo foi a que demonstrou melhor desempenho (100% quando considerados os resultados individuais).

Verificaram-se resultados semelhantes relativamente aos resultados do método Bland and Altman (Tabela 1 e Figura 1). Quando comparadas com o critério (contagem manual de passos), as *smartbands* Garmin foram as que apresentaram um valor de viés menor (i.e., média das diferenças entre a *smartband* vs. contagem manual; Garmin Esquerda -13 passos, Garmin Direita -2,5 passos vs. Xiaomi Esquerda 16 passos, Xiaomi Direita 14,6 passos). As *smartbands* Garmin apresentaram também limites do acordo mais restritos do que as da Xiaomi, sendo que o melhor resultado foi obtido pela Garmin localizada no lado esquerdo (limite inferior / limite superior: -35,7 / 9,1 passos), seguido da *smartband* Garmin localizada no lado direito (-45,7 / 50,6 passos) e da *smartband* Xiaomi do lado direito (-47,4 / 76,8 passos). A Xiaomi localizada no lado esquerdo foi a que apresentou limites do acordo mais amplos, com um limite inferior de -101,5 passos e um limite superior de 133,5 passos.

Comparação entre localização e marca de *smartbands*

A comparação das *smartbands* tendo em consideração a sua localização (i.e., lado direito e esquerdo) e marcas (Garmin vs. Xiaomi), através do método Bland and Altman, é apresentada na Tabela 2. As *smartbands* Garmin apresentaram um melhor acordo entre os lados esquerdo e direito (-37,6 / 69,1 passos) do que as Xiaomi (-114 / 111,1 passos). Quando comparadas as diferentes marcas localizadas no mesmo lado, observaram-se melhores resultados (i.e., melhor concordância, limites do acordo mais restritos) entre os dispositivos localizados no lado direito (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Os resultados sugerem que as *smartbands* Garmin apresentam um melhor desempenho do que as da Xiaomi, embora ambas as bandas tivessem demonstrado um bom desempenho independentemente da localização, tendo em conta o critério de erro definido pelas recomendações internacionais para a utilização destes dispositivos na população em geral (MAPE $\leq 10-15\%$)¹⁴. Se o objetivo é utilizar a *smartband* como instrumento de medida em contexto clínico ou como medida padrão (*gold standard*) alternativa à contagem manual de passos, os resultados sugerem que deve ser dada preferência ao dispositivo Garmin localizado no lado esquerdo uma vez que, na maioria dos participantes, este cumpriu o requisito (i.e., MAPE $\leq 5\%$)¹⁴. Os resultados podem servir de base para estudos futuros de avaliação da precisão (e confiabilidade) das *smartbands* de uso comercial.

Apesar de os resultados terem sido positivos, ainda existe algum erro associado à contagem de passos realizada pelas *smartbands*. Uma vez que estes dispositivos fazem as estimativas do número de passos de acordo com o acelerómetro incorporado, o movimento do membro superior é essencial para que estes resultados sejam precisos. Assim, o erro na estimativa pode dever-se, em alguns casos, a uma diminuição da mobilidade do membro superior

durante a realização do teste¹⁸. Além disso, no presente estudo, observaram-se diferenças no desempenho das *smartbands* tendo em conta a marca e a localização das mesmas. Especificamente, as *smartbands* Garmin mostraram menor variabilidade entre o lado esquerdo e direito, quando comparadas com as *smartbands* Xiaomi. Estes resultados realçam a necessidade de avaliar diferentes marcas e modelos de *smartbands*, bem como considerar a localização destes dispositivos na avaliação da sua precisão, uma vez que este fator pode levar a diferentes estimativas de passos.

Os resultados sugerem que as *smartbands* Garmin apresentam um melhor desempenho do que as Xiaomi para a contagem de passos durante a marcha, particularmente para a monitorização da atividade física em contexto clínico (i.e., $MAPE \leq 5\%$). Assim, embora tendo um valor comercial superior (~100€ vs. ~25€), os dispositivos Garmin parecem ser uma melhor opção para contabilizar o número de passos de forma mais precisa. Os resultados obtidos com a *smartband* Garmin vão ao encontro de estudos anteriores, embora com modelos anteriores aos estudados neste trabalho. De acordo com uma revisão sistemática publicada em 2020⁶, os dispositivos da marca Garmin foram mais estudados dos que os da Xiaomi. Nessa revisão, as versões anteriores da gama Garmin Vivosmart demonstraram bons resultados no que respeita ao número de passos, sendo considerada uma das melhores marcas analisadas⁶. Outros estudos recentes compararam o desempenho de vários monitores de atividade física durante a realização de testes de marcha ou corrida no solo e/ou em passadeira, incluindo modelos da Garmin (Vivofit 4 e Vivomove HR¹⁹; Vivosmart HR+²⁰). Estes estudos concluíram que as *smartbands* Garmin eram um dos dispositivos com melhor desempenho ($MAPE < 3\%$)^{19, 20}, comportando-se de forma semelhante ao acelerómetro considerado como dispositivo de referência (Actigraph wGT3X-BT $MAPE = 0,5\%$)¹⁹.

Relativamente à Xiaomi, houve um estudo que avaliou uma versão anterior ao modelo utilizado no presente trabalho (Mi Band 2)¹⁸, onde foram obtidos

valores de MAPE inferiores aos encontrados no presente estudo (Xiaomi Direita 2,6%, Xiaomi Esquerda 3,4%) durante a realização de testes de marcha em terreno plano. No entanto, os valores de erro foram superiores durante a realização de testes na passadeira a baixa velocidade (1,28–2,88 km/h, $8,6 \leq MAPE \leq 86,5$)¹⁸. Um outro estudo publicado em 2021 avaliou a precisão deste modelo e de dois modelos posteriores – Xiaomi Mi Band 2, 3 e 4 – durante a realização de testes de marcha²¹. Os autores reportaram a presença de viés e limites do acordo destes dispositivos em comparação com o dispositivo inercial WIMU PRO, mas não o MAPE. Os resultados foram mais satisfatórios do que os obtidos no presente estudo, com um viés reduzido (<2,3 passos) e limites do acordo restritos (Mi Band 2: -1,5 / 6,1; Mi Band 3: -2,6 / 6,2; Mi Band 4: -1,9 / 6,2), independentemente do modelo²¹.

Estas diferenças nos resultados obtidos podem dever-se, em parte, aos protocolos utilizados. No entanto, há outros fatores que podem afetar os resultados, como a velocidade da marcha. O estudo de Paradiso e colaboradores¹⁸ concluiu que, embora a *smartband* Xiaomi Mi Band 2 seja uma ferramenta consistente para a contagem de passos a velocidade moderada, apresentou valores mais baixos quando a marcha era realizada a menor velocidade (<2.88 km/h). Um outro estudo realizado com um modelo da marca Garmin (VivoSmart HR+) em pessoas idosas obteve resultados semelhantes, concluindo que estes dispositivos podem subestimar o número de passos a velocidades mais baixas (1–2 km/h)²². No presente estudo, não foi possível realizar a influência da velocidade nos resultados, uma vez que a velocidade do teste era autodeterminada e esse dado não foi recolhido. Estudos futuros devem ter em conta a possível influência da velocidade na precisão destes dispositivos, principalmente quando a população-alvo são pessoas idosas, pessoas com limitações de mobilidade e/ou doença crónica²³. A diminuição da precisão das *smartbands* a velocidades mais baixas pode dever-se aos algoritmos incorporados nas mesmas, i.e., a velocidade pode não ser suficiente para que os algoritmos possam reconhecer o movimento como um passo, subestimando assim o

número de passos. A constante evolução destes dispositivos em termos de *hardware* e *software*/algoritmos para uma melhor deteção dos passos torna importante a avaliação da precisão de modelos mais recentes⁶, de forma a determinar se o erro associado aos dispositivos é suficientemente baixo para ser utilizado pela população em geral e em contexto clínico. Além disso, estudos futuros devem realizar os testes de validação deste tipo de dispositivos de forma *standardizada*, tal como sugerido pelo grupo de investigação INTERLIVE¹⁴, de forma a tornar mais fácil a comparação dos resultados entre os estudos.

No que diz respeito à utilização destes dispositivos em contexto clínico, a *smartband* Garmin demonstrou melhor desempenho, cumprindo o critério de erro $MAPE \leq 5\%$ na maioria dos participantes¹⁴. No entanto, as diretrizes internacionais realçam que, para a utilização destes dispositivos em ambiente clínico, o processo de validação deve ocorrer tanto em população com padrão de marcha “típica” e marcha “atípica”, devido às diferentes características que apresentam¹⁴. Assim, são necessários mais estudos que avaliem a precisão destes dispositivos na população saudável, mas também em pessoas com alterações da marcha/mobilidade. Além disso, devem ser realizados outros testes para além da marcha, tais como atividades sedentárias (e.g., escrever, utilizar o computador ou o *smartphone*), domésticas (e.g., aspirar ou varrer o chão, dobrar roupa ou lavar a loiça) e relacionadas com o exercício (e.g., sentar-levantar) para avaliar o desempenho das *smartbands* em contexto o mais próximo do real¹⁴. Finalmente, a escolha de um dispositivo específico não deve apenas contemplar a precisão da medição, mas também outros fatores como o conforto na sua utilização, a vida útil da bateria e a usabilidade do dispositivo¹³, pelo que deve ser a experiência dos utilizadores deve ser também valorizada.

Limitações

Este estudo piloto teve algumas limitações. Sendo um estudo exploratório, o estudo foi realizado com uma amostra reduzida. As diretrizes internacionais recomendam uma amostra igual ou superior a 15

participantes¹⁴. A amostra foi composta por indivíduos cujo lado dominante era o lado direito, não tendo sido possível investigar se a dominância tem impacto na precisão destes dispositivos. Os participantes foram recrutados em contexto de ginásio, o que faz com que a amostra não seja representativa da população em geral, devido à prática regular de atividade física, podendo ser um fator de viés do estudo.

Os participantes realizaram o TM3M num percurso de 10 metros, ao invés dos 30 metros recomendados¹⁴, levando à necessidade de serem realizadas mudanças de direção com maior frequência, o que pode ter tido implicações nos resultados. No entanto, as tarefas do dia-a-dia implicam a realização de mudanças frequentes de direção, pelo que se considerou importante realizar o teste ainda que com essa limitação.

A utilização do valor de critério ter sido obtido através da contagem manual de um investigador foi outra limitação do estudo, devido ao erro associado ao próprio investigador. O plano de recolha de dados incluía a realização de gravações em vídeo para posterior visualização por dois avaliadores, tal como é recomendado para a validação de dispositivos tecnológicos na contagem de passos¹⁴. No entanto, tal não foi possível devido a uma avaria na câmara de vídeo que impossibilitou as gravações da recolha de dados e obrigou à realização da contagem manual de passos no momento da recolha, sem suporte de vídeo. O contexto (confinamento obrigatório devido à COVID-19 que iria iniciar dois dias após a data da recolha, em janeiro de 2021) levou à impossibilidade de remarcação das recolhas de dados em datas posteriores.

CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que as *smartbands* Garmin Vivosmart 4 e Xiaomi Mi Band 4 podem ser utilizadas para monitorização da atividade física (número de passos) na população em geral; no entanto, apenas a *smartband* Garmin localizada no lado esquerdo parece ser suficientemente precisa para ser

incorporada na monitorização em contexto clínico. Os resultados podem servir de base para mais estudos de avaliação da precisão (e confiabilidade) das *smartbands* de uso comercial. Estudos futuros devem realizar mais testes numa amostra maior, em diferentes ambientes e atividades, e com uma população mais heterogénea, tal como recomendado nas diretrizes internacionais.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto “OnTRACK – On Time to Rethink Activity Knowledge: a personalized mHealth coaching platform to tackle physical inactivity in COPD” (POCI-01-0145-FEDER-028446, PTDC/SAU-SER/28446/2017), financiado pelo FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional através do COMPETE 2020 e por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Os autores agradecem o apoio financeiro da FCT à sua unidade de investigação (ciTechCare, ref. UIDB/05704/2020), e gostariam também de agradecer aos participantes do estudo. Este trabalho foi apresentado em formato de comunicação oral no Congresso Nacional de Fisioterapeutas (CNFt), que decorreu no dia 5 de novembro de 2021 no Auditório da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa.

REFERÊNCIAS

1. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-62.
2. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25 Suppl 3:1-72.
3. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985;100(2):126-31.
4. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *The Lancet Global Health*. 2018;6(10):e1077-e86.
5. Schróé H, Van Dyck D, De Paepe A, Poppe L, Loh WW, Verloigne M, et al. Which behaviour change techniques are effective to promote physical activity and reduce sedentary behaviour in adults: a factorial randomized trial of an e- and m-health intervention. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2020;17(1):127.
6. Fuller D, Colwell E, Low J, Orychock K, Tobin MA, Simango B, et al. Reliability and Validity of Commercially Available Wearable Devices for Measuring Steps, Energy Expenditure, and Heart Rate: Systematic Review. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8(9):e18694.
7. Paluch AE, Bajpai S, Bassett DR, Carnethon MR, Ekelund U, Evenson KR, et al. Daily steps and all-cause mortality: a meta-analysis of 15 international cohorts. *The Lancet Public Health*. 2022;7(3):e219-e28.
8. Kraus WE, Janz KF, Powell KE, Campbell WW, Jakicic JM, Troiano RP, et al. Daily Step Counts for Measuring Physical Activity Exposure and Its Relation to Health. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(6):1206-12.
9. Brickwood KJ, Watson G, O'Brien J, Williams AD. Consumer-Based Wearable Activity Trackers Increase Physical Activity Participation: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019;7(4):e11819.
10. Gal R, May AM, van Overmeeren EJ, Simons M, Monnikhof EM. The Effect of Physical Activity Interventions Comprising Wearables and Smartphone Applications on Physical Activity: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2018;4(1):42.
11. Zheng J, Shen Y, Zhang Z, Wu T, Zhang G, Lu H. Emerging wearable medical devices towards personalized healthcare. *Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks; Boston, Massachusetts: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering)*; 2013. p. 427-31.
12. Arena R, Ozemek C, Laddu D, Campbell T, Rouleau CR, Standley R, et al. Applying Precision Medicine to Healthy Living for the Prevention and Treatment of Cardiovascular Disease. *Curr Probl Cardiol*. 2018;43(12):448-83.
13. Henriksen A, Haugen Mikalsen M, Woldaregay AZ, Muzny M, Hartvigsen G, Hopstock LA, et al. Using Fitness Trackers and Smartwatches to Measure Physical Activity in Research: Analysis of Consumer Wrist-Worn Wearables. *J Med Internet Res*. 2018;20(3):e110.
14. Johnston W, Judice PB, Molina García P, Mühlen JM, Lykke Skovgaard E, Stang J, et al. Recommendations for determining the validity of consumer wearable and smartphone step count: expert statement and checklist of the INTERLIVE network. *Br J Sports Med*. 2021;55(14):780-93.
15. Tudor-Locke C, Craig CL, Aoyagi Y, Bell RC, Croteau KA, De Bourdeaudhuij I, et al. How many steps/day are enough? For older adults and special populations. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2011;8(1):80.
16. Kear BM, Guck TP, McGaha AL. Timed Up and Go (TUG) Test: Normative Reference Values for Ages 20 to 59 Years and Relationships With Physical and Mental Health Risk Factors. *J Prim Care Community Health*. 2017;8(1):9-13.
17. Bland MJ, Altman DG. Statistical Methods for Assessing Agreement between Two Methods of Clinical Measurement. *The Lancet*. 1986;327(8476):307-10.
18. Paradiso C, Colino F, Liu S. The Validity and Reliability of the Mi Band Wearable Device for Measuring Steps and Heart Rate. *International journal of exercise science*. 2020;13(4):689-

701.

19. Hartung V, Sarshar M, Karle V, Shammass L, Rashid A, Roullier P, et al. Validity of Consumer Activity Monitors and an Algorithm Using Smartphone Data for Measuring Steps during Different Activity Types. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(24).

20. Montes J, Tandy R, Young J, Lee SP, Navalta JW. Step Count Reliability and Validity of Five Wearable Technology Devices While Walking and Jogging in both a Free Motion Setting and on a Treadmill. *International journal of exercise science*. 2020;13(7):410-26.

21. Pino-Ortega J, Gómez-Carmona CD, Rico-González M. Accuracy of Xiaomi Mi Band 2.0, 3.0 and 4.0 to measure step count and distance for physical activity and healthcare in adults over 65 years. *Gait Posture*. 2021;87:6-10.

22. Tedesco S, Sica M, Ancillao A, Timmons S, Barton J, O'Flynn B. Accuracy of consumer-level and research-grade activity trackers in ambulatory settings in older adults. *PLoS One*. 2019;14(5):e0216891.

23. Rosso AL, Sanders JL, Arnold AM, Boudreau RM, Hirsch CH, Carlson MC, et al. Multisystem Physiologic Impairments and Changes in Gait Speed of Older Adults. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2014;70(3):319-24.

Tabela 1 - Número de passos recolhidos manualmente e através da *smartbands* no teste de marcha dos 3 minutos, erro percentual absoluto médio (MAPE), e valores da média das diferenças e limites de acordo através do método de Bland and Altman (n=11).

	Número de passos	MAPE (%)	erro ≤ 5% (n (%))	erro ≤ 15% (n (%))	Média _{diferenças} (passos)	Limites do Acordo (passos)
Contagem manual <i>Smartbands</i>	380,0 ± 21,9	---	---	---	---	---
Garmin E	393,3 ± 26,6	3,6 ± 2,9%	8 (72,7%)	11 (100%)	-13,3	- 35,7 / 9,1
Xiaomi E	373,1 ± 76,4	9,9 ± 11,8%	5 (45,5%)	8 (72,7%)	16	- 101,5 / 133,5
Garmin D	368,6 ± 55,1	4,6 ± 4,7%	8 (72,7%)	9 (81,8%)	2,5	- 45,7 / 50,6
Xiaomi D	365,5 ± 26,7	5,2 ± 7,0%	7 (63,6%)	10 (90,9%)	14,6	- 47,4 / 76,8

MAPE: erro percentual absoluto médio (mean absolute percentage error); Média_{diferenças}: média das diferenças; E – Esquerda; D – Direita.

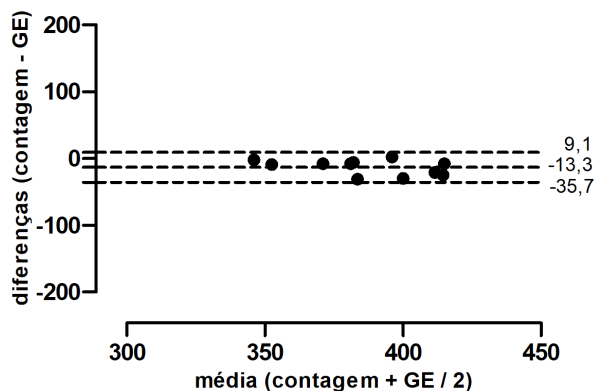
Tabela 2 - Comparação das *smartbands* de acordo com a sua localização e marca, através método de Bland and Altman (n=11).

	Média _{diferenças} (passos)	Limites do Acordo (passos)
Localização (direita vs. esquerda)		
Garmin Esquerda – Garmin Direita	15,7	-37,6 / 69,1
Xiaomi Esquerda – Xiaomi Direita	-1,5	-114 / 111,1
Marca (Garmin vs. Xiaomi)		
Garmin Esquerda – Xiaomi Esquerda	29,3	-89,1 / 147,6
Garmin Direita – Xiaomi Direita	12,1	-72,2 / 96,3

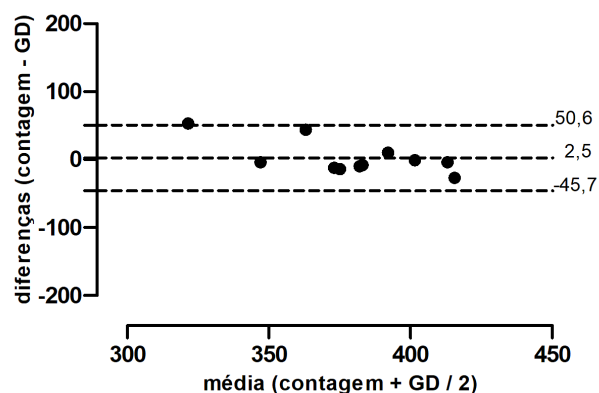
Média_{diferenças}: média das diferenças.

Figura 2 - Gráficos Bland and Altman com a identificação da média das diferenças (viés) e limites do acordo entre a contagem manual e as *smartbands* (linhas a tracejado): a) Garmin Esquerda; b) Garmin Direita; c) Xiaomi Esquerda; d) Xiaomi Direita (n=11).

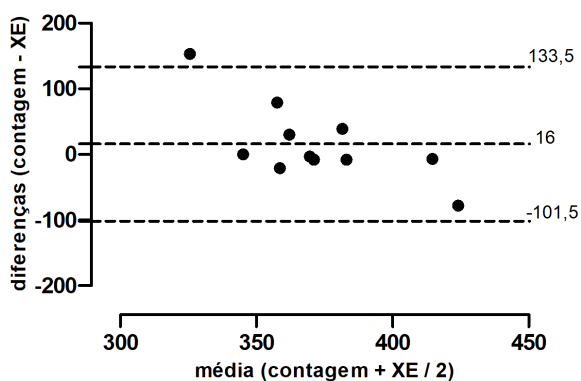
a) Garmin Esquerda



b) Garmin Direita



c) Xiaomi Esquerda



d) Xiaomi Direita

