

Artigo de Revisão**Tecnologias Assistivas: Aplicações na prevenção de quedas de idosos**

Assistive Technologies: Applications in preventing older adult falls

<http://dx.doi.org/10.18316/sdh.v10i1.8492>

Marcelo de Maio Nascimento^{1*} ORCID: 0000-0002-3577-3439, Paloma Sthefane Teles Silva² ORCID: 0000-0003-0918-5702, Luciano Juchem¹ ORCID: 0000-0002-9713-0834

RESUMO

Objetivo: Identificar os serviços de suporte oferecidos pelas Técnicas Assistivas à avaliação do risco de quedas de idosos e o monitoramento de suas residências, bem como, apresentar uma visão geral sobre os principais dispositivos utilizados, descrevendo suas particularidades. **Materiais e Métodos:** Revisão da Literatura nas bases Lilacs, Medline e SciELO. Foram incluídos artigos no idioma inglês, publicados entre os anos 2010-2019, com foco na população ≥ 60 anos. Os descritores utilizados foram: gerontecnologia, tecnologia assistiva, envelhecimento, quedas, detecção de quedas, avaliação, risco de quedas, sensores vestíveis, sensores ambientais. **Resultados:** 20 artigos de 448 atenderam os critérios de inclusão. Verificou-se que dois dispositivos foram principalmente discutidos na literatura: sensores vestíveis e sensores domiciliares. Constatou-se que os dispositivos são compostos por algoritmos aptos a detectar e analisar a queda em diferentes estágios. **Conclusão:** Técnicas Assistivas podem contribuir à prevenção de quedas de idosos, exame da marcha e do equilíbrio, detecção de movimentos por meio de câmeras em residências, identificando a inatividade ou o contorno do corpo. Em razão da redução do preço dos Smartphones, estima-se relativo aumento do uso desses dispositivos, que apresentam bússolas digitais, GPS, microfone, câmera, acelerômetros e giroscópios.

Palavras-chave: Técnicas Assistivas; Envelhecimento; Acidentes por Quedas; Gerontecnologia; Saúde do Idoso.

1 Colegiado de Educação Física, Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Petrolina (PE), Brasil.

2 Residência Multiprofissional em Saúde do Idoso, Hospital das Clínicas, Universidade de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil.

***Autor Correspondente:** Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Educação Física - Av. José de Sá Maniçoba S/N. CEP: 56304-917 – Centro – Petrolina (PE), Brasil.

E-mail: marcelo.nascimento@univasf.edu.br

Submetido em: 07.02.2021

Aceito em: 16.06.2021

ABSTRACT

Objective: To identify the support services offered by Assistive Techniques to assess the risk of falls in the elderly and to monitor their homes, as well as to present an overview of the main devices used, describing their particularities. **Material and Methods:** Literature review based on Lilacs, Medline and SciELO. English-language articles, published between the years 2010-2019, with a focus on the population ≥ 60 years were included. The descriptors used were: gerontechnology, assistive technology, aging, falls, fall detection, assessment, risk of falls, wearable sensors, environmental sensors. **Results:** 20 articles out of 448 met the inclusion criteria. It was found that two devices were mainly discussed in the literature: wearable sensors and home sensors. It was found that the devices are composed of algorithms capable of detecting and analyzing the fall at different stages. **Conclusion:** Assistive Techniques can contribute to the prevention of falls in the elderly, examination of gait and balance, detection of movements by means of cameras in homes, identifying inactivity or body contour. Due to the reduction in the price of Smartphones, it is estimated that there will be a relative increase in the use of these devices, which feature digital compasses, GPS, microphone, camera, accelerometers and gyroscopes.

Keywords: Assistive Techniques; Aging; Falls Accidents; Gerontechnology; Health of the Elderly.

INTRODUÇÃO

A cada ano, aproximadamente 28-30% dos indivíduos acima de 65 anos de idade caem^{1,2}. O fato é alarmante, pois, conforme o Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE)³, no ano de 2050, o Brasil apresentará a quinta maior população do planeta: 253 milhões de habitantes. Desses, 19 milhões serão octogenários, indivíduos com maior incidência de doenças e limitações funcionais, bem como, maior risco para quedas⁴.

Com o envelhecimento, a probabilidade de queda de um indivíduo aumenta exponencialmente, resultado de alterações gradativas sobre as funções fisiológicas das células, tecidos e órgãos⁵. Assim, quando comparados com adultos jovens, idosos são mais suscetíveis ao déficit do equilíbrio, marcha, força, cognição, visão, audição e aumento do consumo de medicamentos. Todos esses fatores são apontados como potencializadores do risco de quedas^{1,6}. O evento queda é definido como a mudança súbita e não intencional da posição do corpo, seguido pela queda em nível mais baixo ao atual⁷. Em idade avançada, quedas podem gerar lesões, fraturas, dor, limitações funcionais, dias de hospitalização, isolamento social e, até mesmo óbito².

Em estudo realizado por Abreu *et al.*⁸ sobre a taxa de queda de idosos no Brasil foram verificadas 941.923 internações e 66.876 óbitos, no período de 1996 a 2012. Conforme os autores, comparado com anos anteriores, a taxa de mortalidade de idosos ocasionada por quedas aumento em 200%. Barros *et al.*⁹ e os custos correspondentes no âmbito do Sistema Único de Saúde. Realizado estudo envolvendo dados secundários publicados pelo Ministério da Saúde de forma on line pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, referente à morbidade decorrente de quedas, envolvendo idosos residentes no Brasil de 2005 a 2010. A análise dos dados se deu por meio de estatística descritiva (frequências absolutas e percentuais investigaram o quantitativo de internações por quedas e seu custo, entre 2005 e 2010. O resultado apontou 399.681 internações em unidades hospitalares do SUS, com custo de Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) no valor de R\$ 464.874.275,91. Por essas razões, quedas de idosos são uma questão de saúde pública, o que justifica a realização de investigações nesta área¹⁰.

Na busca por produtos e sistemas de serviço úteis à população idosa foi criada a Gerontecnologia¹¹, um campo de estudo em expansão. Sua função consiste no desenvolvimento de materiais e métodos inovadores, que possibilitem idosos realizarem suas atividades de vida diária (AVD) com mais segurança, superando desafios impostos pelo processo do envelhecimento¹². Essas tecnologias permitem que idosos permaneçam ou se tornem interativos e autônomos¹³, ampliando seus níveis de

qualidade de vida e bem-estar¹⁴. Uma das metodologias utilizadas pela Gerontecnologia é a Técnica Assistiva (TA), responsável pela criação de dispositivos que buscam auxiliar indivíduos à realização de suas atividades rotineiras¹¹. Exemplos disso, são dispositivos (sistemas de hardware e software) como sensores embutidos em câmeras, computadores e smartphones¹¹. Na área da prevenção de quedas, dispositivos de TA vêm sendo empregados, cada vez mais, nos procedimentos da avaliação do desempenho da marcha e do equilíbrio¹².

Com base nos resultados é possível estimar o risco de quedas futuras¹⁵. Outra utilidade dos dispositivos incide no monitoramento de residências por meio de câmeras e a detecção de quedas¹³. Essa metodologia oferece vantagens, pois não é invasiva¹⁶. Entre os sensores há os dispositivos vestíveis (*wearable sensors*), compostos por sensores inerciais, contendo algoritmos e giroscópios específicos para detectar, analisar e monitorar eventos de quedas. Na atualidade, esses sensores estão sendo acoplados em dispositivos populares, como os smartphones, usados por indivíduos de todas as faixas etárias, inclusive idosos^{15,17}.

O presente estudo teve como objetivo (1) identificar os serviços de suporte oferecidos pelas TAs à avaliação do risco de quedas de idosos e monitoramento de residências, (2) apresentar uma visão geral sobre os principais dispositivos de TAs aplicados no exame do risco de quedas de idosos e no monitoramento das residências dos idosos, descrevendo as particularidades desses instrumentos.

MATERIAIS E MÉTODOS

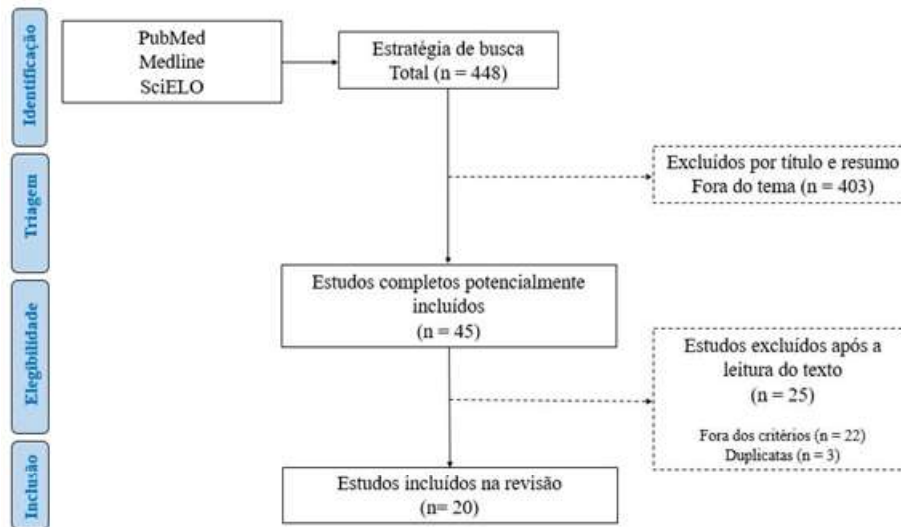
Trata-se de uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL), os estudos foram coletados nas bases de dados PubMed, Medline e SciELO. Foram selecionados estudos do tipo revisão sistemática, revisão de literatura, observacionais, coorte e ensaios clínicos randomizados e controlados. As buscas foram realizadas com base nos seguintes termos: *gerontechnology, assistive technology, aging, age, falls, detection of falls, posturography, postural sway, postural control, balance, wearable sensors, environmental sensors, inertial sensor, accelerometer, smartphone*. Os procedimentos de busca utilizaram combinações por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”. Como critério de inclusão foi adotado: i) bibliografia em inglês; ii) publicações entre os anos 2010-2019; iii) população com idade ≥ 60 anos; iii) textos sobre Técnicas Assistivas (TA); iv) sensores vestíveis e câmeras específicas para residência de idosos; e, v) referência sobre quedas de idosos durante à realização das AVDs. Foram excluídos estudos que abordaram: i) TA direcionada para casos que não fosse a queda de idosos; ii) TA para idosos com mobilidade reduzida (robôs, amputados); iii) estudos que priorizaram lares de longa permanência; e, iv) artigos duplicados.

Os procedimentos deste estudo incidiram em seis fases: i) Concepção da pergunta norteadora, definição dos objetivos e palavras-chave; ii) Identificação das bases de dados, construção das estratégias de busca e definição dos critérios de elegibilidade; iii) Busca dos artigos nas bases de dados; iv) Seleção dos artigos por título; v) Análise crítica dos artigos eleitos: inicialmente, os resumos foram lidos, aqueles que não atenderem aos critérios de elegibilidade foram excluídos. Estudos selecionados foram lidos na íntegra. Neste momento, a análise dos ocorreu de forma independente por dois revisores (MMN, PSTS), divergências foram resolvidas por um terceiro revisor (LJ). As informações extraídas dos artigos foram analisadas criticamente, sumarizadas e compiladas na Tabela 1, considerando: i) autor e ano de publicação; ii) objetivo do estudo; iii) tipo do estudo; e, iv) principais resultados; vi) Por fim, as evidências encontradas nos estudos foram discutidas.

RESULTADOS

Por meio do cruzamento dos descritores foram encontrados 448 artigos, que foram avaliados inicialmente pelo título e resumo. Desses, 45 estudos apresentaram compatibilidade com a pergunta norteadora e critérios de inclusão, todos foram lidos na íntegra. Após análise crítica, 22 artigos foram excluídos por não atenderem os critérios de inclusão e três por motivo de dupla indexação. Por fim, 20 artigos foram incluídos na revisão de literatura (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma dos estudos selecionados para revisão de literatura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 1 apresenta as principais características dos 20 estudos incluídos nesta revisão de literatura. Entre os 20 estudos selecionados, 45% (9/20) foram do tipo revisão sistemática^{10,13,15,17,18,19,20,22,23}, 0,5% (1/20) de revisão de literatura²¹, 35% (7/20) do tipo transversal^{16,24,25,26,27,28,29}, e 15% (3/20) experimental^{30,31,32}.

Quadro 1. Descrição dos artigos incluídos na revisão de literatura.

Autor/Ano	Objetivo	Tipo do estudo	Principais resultados
Igual <i>et al.</i> (2013) ¹⁰	Resumir estudos sobre sistemas de detecção de quedas destacando o planejamento, execução e avaliação de investigações realizadas por engenheiros e biomédicos.	Revisão sistemática	Não existiu padronização para detectar quedas. Os instrumentos oferecem assistência rápida e evitam o medo de cair. Verificou-se tendência para integração de detectores de queda em smartphones. Estudos futuros devem focar o local mais promissor para usar o sensor junto ao corpo do idoso.
Howcroft <i>et al.</i> (2013) ¹⁸	Revisar estudos que usam sensores inerciais para avaliar o risco de queda geriátrica, destacar o posicionamento do sensor, parâmetros derivados para avaliar o risco de queda.	Revisão sistemática	Sensores inerciais possuem alto potencial para indicações quantitativas, objetivas e confiáveis sobre o risco de queda de idosos. Os modelos de previsão do risco de queda analisados apresentaram altos níveis de especificidade e sensibilidade.
Hawley-Hague <i>et al.</i> (2014) ¹⁹	Fornecer uma visão geral sobre a percepção dos idosos em relação às tecnologias de detecção de quedas.	Revisão sistemática	Fatores intrínsecos relacionados às atitudes dos idosos, como independência e necessidades motivam idosos a confiar e continuar usando as tecnologias. Fatores extrínsecos, como, feedback e custo fortalecem percepções positivas dos idosos. As tecnologias devem ser claramente descritas nas pesquisas, além das atitudes dos idosos para que as recomendações sejam precisas.

Autor/Ano	Objetivo	Tipo do estudo	Principais resultados
Li <i>et al.</i> (2014) ²⁴	Apresentar métodos de aprendizado de máquina (algoritmo) e de rede neural de propagação traseira para processar dados de movimentos captados por sensores para detectar atividades de sentar, ficar de pé, deitado, cair, correr e caminhar.	Transversal	A técnica de algoritmos de aprendizado de máquina se mostrou especialmente útil para detectar movimentos humanos. Resultados experimentais mostram que os métodos aplicados foram promissores para o reconhecimento da movimentação dos idosos em suas residências, bem como, à detecção imediata de quedas.
Tang <i>et al.</i> (2015) ³⁰	Projetar um sistema de sensor para detectar quedas baseado no Android com custo acessível para idosos, que reconheça os incidentes e relate o fato de imediato ao serviço de ambulância e cuidadores.	Experimental	O sistema provou ser útil para os idosos que moram só. O <i>design</i> e implementação combinam <i>hardware</i> com <i>software</i> . O <i>hardware</i> é responsável pelo sensor que detecta a posição do corpo no modo de queda. Enquanto, que o <i>software</i> é formado por fórmulas que detectam as quedas e acionam o alarme (algoritmo).
Wu <i>et al.</i> (2015) ³¹	Desenvolver um sistema para detectar quedas baseado em dispositivo vestível, capaz de monitorar os movimentos do corpo, reconhecer quedas e solicitar imediatamente auxílio, informando com precisão a localização do idoso.	Experimental	O sistema possui um <i>design</i> de <i>hardware</i> com baixo consumo de energia e um algoritmo altamente eficiente que prolonga a vida útil do dispositivo. Verificou-se que a atividade normal de repouso tem uma rotação semelhante à queda, podendo acionar o alarme de forma errada. Por essa razão, os sensores devem ter limite de detecção bem estabelecido para distinguir queda de não queda.
Danielsen <i>et al.</i> (2016) ²⁵	Identificar que tipo de informações são relevantes à avaliação e prevenção dos riscos de queda de idosos por meio de sensores vestíveis, em residências.	Transversal	Com base em sensores vestíveis e dados associados ao contexto de quedas foi proposto um protocolo à conscientização de idosos sobre riscos de queda. O protocolo apresentou questionamentos sobre desafios para conscientização de idosos e questões a serem futuramente investigadas.
Hamm <i>et al.</i> (2016) ²⁰	Apresentar uma estrutura conceitual e levantamento sobre o estado da arte dos sistemas de prevenção de quedas baseados em Tecnologias Assistivas.	Revisão sistemática	A estrutura sugeriu as categorias: prevenção pré-queda, prevenção pós-queda, prevenção de lesões por quedas, prevenção de quedas cruzadas. Subcategorias: tipo de aplicativo, plataforma de implantação de tecnologia, fontes de informação, ambiente de implantação, tipo de interface do usuário. Foi sugerido a criação de novos sistemas à superação de fatores extrínsecas e melhor entrosamento dos idosos com profissionais responsáveis por medidas de avaliação e prevenção de quedas.
Howcroft <i>et al.</i> (2016) ²⁶	Investigar a viabilidade de medidas oferecidas por sensores vestíveis à identificação de alterações do padrão da marcha simples e em situações de dupla tarefa de idosos, além de distinguir as variáveis entre caidores e não caidores.	Transversal	Avaliações de marcha baseada em sensor vestível podem ser usadas em ambientes de atendimento de idosos para identificar déficits de mobilidade. Tecnologia Assistiva incide no monitoramento e detecção por sensores vestíveis e ambientais, conforme o risco, aprendizado de máquina, lógica <i>fuzzy</i> , redes neurais ou algoritmos úteis para reconhecer atividades, em módulo eficiente.

Autor/Ano	Objetivo	Tipo do estudo	Principais resultados
Yared <i>et al.</i> (2016) ¹³	Revisar estudos e identificar riscos internos enfrentados por idosos em suas atividades diárias para o uso da Tecnologia Assistiva.	Revisão sistemática	Foi identificado como risco interno, o medo de cair, o gerenciamento incorreto da automedicação, incêndio, queimaduras, intoxicação por gás e fumaça, bem como, a inatividade dos usuários.
Howcroft <i>et al.</i> (2017) ²⁷	Identificar e avaliar características para classificar idosos caídores a partir de informações obtidas por acelerômetro vestível e dados de marcha em palmilhas com sensor de pressão.	Transversal	A melhor sensibilidade foi alcançada pelo modelo baseado em três recursos de palmilha com sensor de pressão e sete recursos de acelerômetro de cabeça. A seleção dos recursos oferecidos por sensores vestíveis é uma etapa importante à classificação de idosos caídores.
Lotfi <i>et al.</i> (2017) ¹⁶	Apresentar os serviços da plataforma iCarer desenvolvida para monitorar informações sobre as atividades da vida diária de idosos com base em sensores discretos instalados em residências.	Transversal	O sistema registra informações sobre as atividades da vida diária usando sensores discretos, registrando o bem-estar de idosos. O sistema permitiu agendar e monitorar cuidados diários, fornecendo orientações e aconselhamento, com custo baixo para cuidadores, familiares e o próprio sistema de saúde.
Miguel <i>et al.</i> (2017) ²⁸	Demonstrar que um sistema de detecção de queda em tempo real baseado em algoritmos de visão pode ser alocado em dispositivo de baixo custo como <i>Raspberry Pi</i> e operar como os demais sistemas hardware caros e poderosos.	Transversal	O detector construído combinou vários algoritmos (subtração em segundo plano, filtragem <i>Kalman</i> e fluxo óptico) com entrada para um algoritmo de aprendizado de máquina de alta precisão de detecção. Após a testagem do sistema superiores a 50 vídeos de queda, o sistema foi atestado com taxa de detecção superior a 96%.
Rucco <i>et al.</i> (2018) ¹⁵	Revisar artigos sobre tecnologias de monitoramento à detecção e prevenção do risco de queda de idosos saudáveis, bem como, examinar a relação entre a localização dos sensores no corpo humano e eficácia.	Revisão sistemática	O tronco foi o segmento mais utilizado para fixar os sensores. Durante os testes, prevaleceu a posição de pé com olhos abertos ou fechados. Variações posturais foram examinadas em tarefas de marcha e no teste de sentar e levantar. Os estudos mostraram níveis de sensibilidade, especificidade e precisão heterogêneos. Há necessidade de definir padrões ouro em termos de sensores (tipo e localização do aparelho no corpo).
Sun, Sosnoff (2018) ¹⁷	Avaliar o estado atual da tecnologia da área da detecção de quedas e fornecer uma avaliação objetiva sobre os instrumentos mais utilizados no exame do risco de queda de idosos.	Revisão sistemática	Os dispositivos mostraram alto potencial para avaliar o risco de queda com precisão, facilidade e baixo custo. Não existiu conformidade entre os parâmetros examinados, ferramentas, local dos sensores, tarefas de movimento e técnicas de modelagem. O fato dificulta conclusões robustas à prevenção de quedas futuras. Existiram lacunas entre a avaliação funcional e a experiência dos usuários com a Tecnologia Assistiva.
Vallab, Malekian <i>et al.</i> (2018) ²¹	Analisar e discutir os diferentes sistemas para detecção de quedas, bem como, apontar suas vantagens e desvantagens.	Revisão de literatura	Foram verificados três sistemas à detecção de quedas: sensores de ambiente, vestíveis e câmeras. A precisão desses sistemas pode ser afetada pelo algoritmo de detecção e o tipo do sensor. Sensores vestíveis e câmeras foram os mais populares. É importante a personalização do instrumento, pois isso aumenta sua precisão e contribui para que o idoso aprenda a realizar novas tarefas.

Autor/Ano	Objetivo	Tipo do estudo	Principais resultados
Pang <i>et al.</i> (2019) ²²	Resumir e examinar criticamente evidências relacionadas à detecção por sensores vestíveis de quase quedas escorregões, tropeços, transferência incorreta do peso corporal ou a perda temporária do equilíbrio.	Revisão sistemática	Sensores vestíveis são ferramentas clínicas de baixo custo promissoras para o monitoramento a longo prazo de idosos com risco de queda. Estudos futuros devem focar na validação da detecção de quedas inevitáveis, assumir coortes maiores, incluindo indivíduos com alto risco de queda, atividades de vida diária, situações próximas à queda e queda real.
Hagui <i>et al.</i> (2019) ²⁹	Detectar a queda humana em fluxos de vídeo com base em um modelo de <i>Markov</i> oculto acoplado (CHMM), sendo que, o CHMM foi usado para modelar o movimento e as características espaciais estáticas da silhueta humana.	Transversal	A detecção de queda foi segmentada a partir de um vídeo de entrada, acompanhado por quadros para detectar a silhueta humana em movimento. O método proposto utilizou fusão dos movimentos e características espaço-temporais estáticas para detectar quedas. Os experimentos mostraram que o modelo CHMM foi eficaz para detecta quedas e apresentou superioridade em relação a outros métodos existentes.
Van Thanh <i>et al.</i> (2019) ³²	Apresentar um sistema eficaz para detectar quedas, capaz de auxiliar idosos que vivem ou ficam em casa sozinhos.	Experimental	O sistema foi testado por voluntários e alcançou 100% de sensibilidade e precisão. O dispositivo transmitiu imediatamente informações sobre a localização da queda via SMS (smartphone) e por chamada de voz para assistência médica e familiares.
Vidua, Sharma (2019) ²³	Revisar a literatura sobre a detecção de quedas por sensores, comparar estudos e fornecer sugestões para criação de um sistema de atendimento médico de idosos oportuno.	Revisão sistemática	Três abordagens para detectar queda foram verificadas: sensores vestível, visuais e ambientais. O sistema baseado em <i>wearable</i> foi considerado predominante na literatura, verificou-se aumento do método baseado em smartphones, munido por sensores embutidos.

Em relação aos objetivos dos 20 estudos, os temas abordados foram os seguintes: vantagens e desvantagens sobre o uso dos sensores^{10,28,21}, percepção dos idosos sobre o uso de sensores e câmeras nas residências^{19,26,27}, métodos de aprendizado de máquina (algoritmo)^{15,20,24,28}, tipos de sensores para detectar quedas baseado no Android³⁰, características dos sistemas de vídeos para residência^{16,25,30,31} risco de queda na população idosa saudável¹⁵, posicionamento do sensor^{18,24,26}, relação entre sensores com a queda em diferentes posições^{15,27}, relação entre sensores e o risco de queda durante à marcha simples e na condição de dupla tarefa^{17,21,27}, relação entre sensores e risco de queda com ênfase no equilíbrio corporal²².

A análise indicou os *smartphones* como os aparelhos mais utilizados^{23,32}. Atualmente, esses aparelhos são acessíveis a todas as pessoas, portanto, o uso de *smartphones* na prevenção de quedas consiste em uma medida de baixo custo tanto para cuidadores e familiares, como para o próprio sistema de saúde^{16,17}. A maioria dos aparelhos já possuem ou podem receber aplicativos com serviço de bússola, GPS, microfone, câmera, acelerômetros e giroscópio^{18,22}, tudo isso amplia e qualifica o monitoramento da mobilidade de idosos durante o dia. Com relação ao *software* mais utilizado, a técnica de algoritmo (aprendizado de máquina) foi considerada superior para detectar a movimentação corporal nas residências^{24,28,30,31}. Entretanto, um estudo destacou haver necessidade do aprimoramento do limite estabelecido no aparelho para identificar o posicionamento do corpo³¹. Conforme os autores, essa medida é importante para que se possa distinguir de forma mais precisa a queda da não queda.

Outro ponto destacado nos estudos foi a capacidade de inclusão dos sensores vestíveis em procedimentos de pesquisa¹⁸. As ferramentas podem ser usados tanto em laboratórios para o exame da marcha e equilíbrio, como nas residências dos idosos²⁶. Com relação ao local no corpo, onde os sensores vestíveis são fixados com maior frequência, o tronco foi o segmento mais utilizado¹⁵, seguido pela cabeça²⁷. Três estudos destacaram a necessidade de padronização dos procedimentos para detectar a queda^{10,19,29}. A medida pode auxiliar tanto nos procedimentos de vigilância em residências, como nos experimentos laboratoriais. Aliado ao fato, para aumentar a precisão do aparelho e aprendizado dos idosos sobre as funções e manuseio dos aparelhos foi sugerido a personalização dos sensores vestíveis²¹. Três estudos incluíram considerações sobre as vantagens das TAs na redução do medo de queda dos usuários^{10,20,25}. Entre as estratégias destacadas, os autores reconheceram a criação de protocolos educativos específicos para conscientização dos idosos sobre os riscos de queda.

DISCUSSÃO

Em se tratando da saúde do idoso e do tema quedas, dois pontos são fundamentais. Primeiro, a identificação precoce do risco para cair, o que é seguido pelo encaminhamento do idoso às medidas prevenção (treinamento físico e programa educacional). Em segundo lugar, é importante que o indivíduo receba socorro imediato e eficaz. Por conseguinte, todo evento de queda deve ser reportado e registrado. Dessa forma, é possível reduzir as chances de ocorrência da primeira queda e de quedas recorrentes.

Quedas e Tecnologia Assistiva

Nas últimas décadas, um número considerável de artigos de revisão sistemática e metanálise foram publicados sobre a relação entre quedas e sensores^{15,17,18,21,23}. Entre os dispositivos se destacam os sensores vestíveis (*wearable sensors*)¹⁰ e aqueles instalados nas redes domiciliares (*ambient sensors*)¹⁶. Essa tecnologia tanto permite o exame da marcha e do equilíbrio, como a detecção dos movimentos, da inatividade e do contorno do corpo (câmeras)¹³. Os dados são analisados por meio de algoritmos, baseados em:

- I. Limites fixos ou adaptativos: O princípio incide na determinação de limites a partir dos dados da movimentação. Assim, há a diferenciação entre o movimento específico de uma queda e o movimento que não seja resultado de uma queda. Isso é possível, pois cada tipo de movimento gera um tipo diferente de dado (limite). Um exemplo prático disso são os sistemas de detecção de quedas embutidos em smartphones²⁰;
- II. Aprendizado de máquina: Exemplos de algoritmos de aprendizado de máquina são os do tipo: *KNearest Neighbors* (K-NN), *Support Vector Machine* (SVM)²⁴, *Hidden Markov Method* (HMM)³³;
- III. Técnicas de reconhecimento: são sistemas não invasivos úteis à identificação de indivíduos (biometria). Neste caso, o algoritmo funciona em três fases: identificação, normalização e reconhecimento. Exemplos de algoritmos deste tipo são *Eigenface*, *Fisherface* e *KDDA*¹⁶.

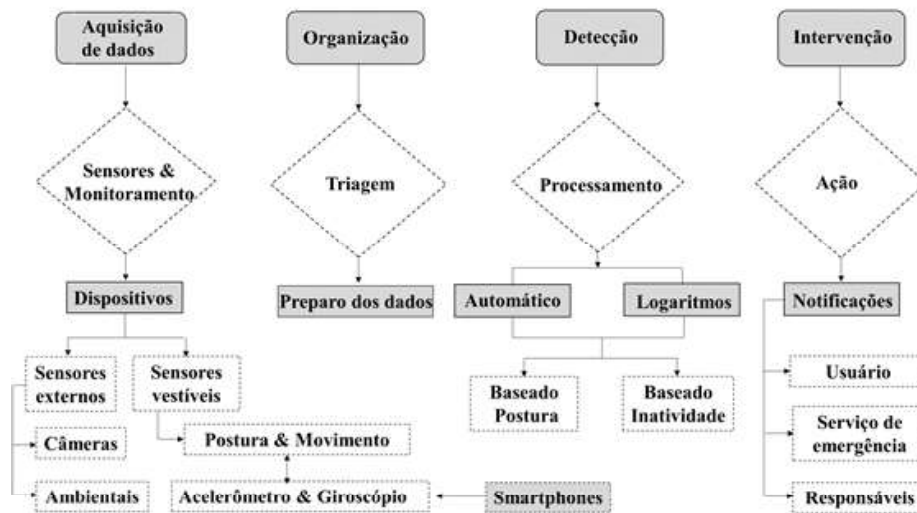
No entanto, o grande desafio desta metodologia está nos critérios aplicados à avaliação dos dados, ou seja: acurácia²⁰. Por esta razão, dados registrados sob a forma de sinais de aceleração, pressão e/ou imagens passam por um rigoroso processo à determinação do desempenho em termos de sensibilidade (SE) e especificidade (SP)¹⁰. A sensibilidade incide na capacidade do detector para classificar perfeitamente a queda como queda, enquanto a especificidade é a competência do dispositivo para qualificar corretamente o movimento de AVD como AVD. Todos os dispositivos possuem uma matriz de confusão deste tipo, o que é fundamental à garantia da precisão do algoritmo²¹.

Em estudo de revisão sistemática, Howcroft *et al.*¹⁸ analisaram o uso de sensores inerciais no exame do risco de queda de idosos. 9.108 estudos foram incluídos e 40 analisados. Os autores verificaram nos modelos de 20 investigações níveis de precisão entre 62-100%, variação de especificidade 35-100% e sensibilidade de 55-99%. Corroborando com os achados, Rucco *et al.*¹⁵ após seleção de 4.680 artigos e análise de 42 trabalhos atribuíram níveis de sensibilidade e especificidade heterogêneos para os estudos, concluindo que não existira, até o ano de 2018, um padrão ouro à classificação do melhor sensor para identificar de forma precisa a queda de idosos.

Estrutura processual da TA na vigilância, avaliação e prevenção de quedas

A literatura especializada mostra um número significativo de estudos específicos sobre a relação entre TA e a detecção de quedas de idosos²⁹. A Figura 2 apresenta um algoritmo que sintetiza informações contidas nos estudos incluídos nesta revisão de literatura sobre a dinâmica processual das TAs à detecção de queda de idosos^{13,19,24,29,32}.

Figura 2. Algoritmo da estrutura de avaliação do risco de queda a partir da TA.



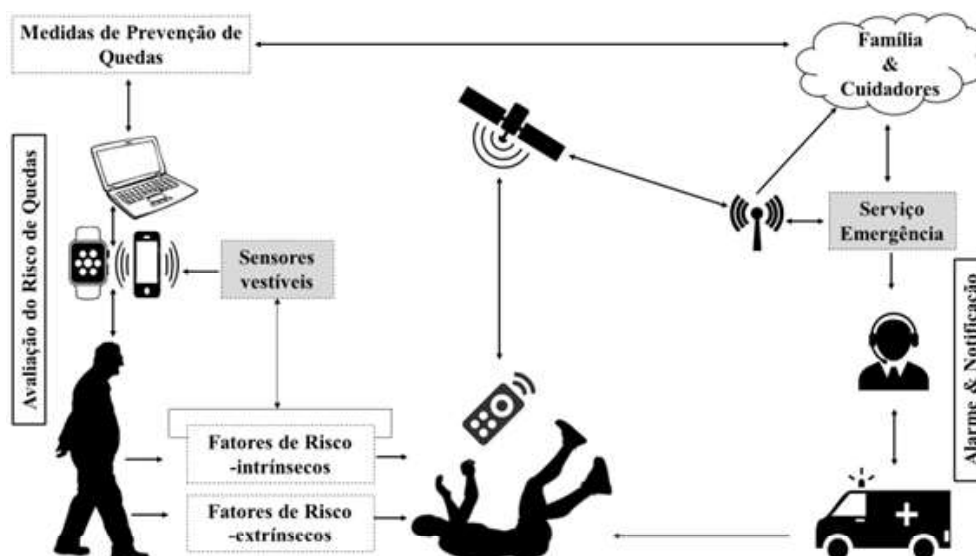
Fonte: Elaborado pelos autores

A lógica processual (Figura 2) pode ser descrita da seguinte forma:

- I. Aquisição: inicialmente, os dados da queda são captados por sensores próprios para ambientes externos (residências) ou por dispositivos fixados no corpo do idoso (sensores vestíveis);
- II. Organização: os dados são reconhecidos, selecionados e agrupados para a fase seguinte;
- III. Detecção: os dados são meticulosamente analisados mediante procedimentos matemáticos complexos, isso permite a detecção de anomalias e a confirmação da queda com base na postura (movimento ou inatividade);
- IV. Intervenção: caso o algoritmo confirme a queda e o idoso não desligue o dispositivo em tempo determinado, um alerta será emitido para o centro de emergência, familiares e cuidadores.

A Figura 3 ilustra a dinâmica funcional dos sensores vestíveis no monitoramento de quedas em residências e sua inclusão em pesquisas. A imagem foi desenvolvida com base nos seguintes estudos^{23,25,30,31,32}.

Figura 3. Esquema do quadro de queda e funcionamento dos sensores vestíveis e do monitoramento de residenciais.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Sensores vestíveis: vigilância de residências

A sequência dos acontecimentos apresentados na Figura 3 podem ser definidos da seguinte forma: i) O sensor detecta alteração da posição corporal devido alta velocidade que o corpo se movimenta para o solo; ii) Um segundo sensor detecta o impacto do corpo no solo, imediatamente, os dados são organizados pelo logaritmo; iii) O sensor avalia a postura do usuário, caso seja comprovado o modo de queda, ou seja, a permanência do indivíduo por um determinado período de tempo nesta posição um alarme é disparado. Com o auxílio de um giroscópio, o sensor vestível é capaz de identificar o local do acidente; iv) A central de vigilância é informada, automaticamente, mensagens são emitidas para o *smartphone* de familiares e/ou cuidadores. Para evitar alarmes falso positivos, os dispositivos possuem um botão de “reset” que permite cancelar o sinal enviado. Caso o alarme não seja cancelado, procedimentos de emergência/ambulância são acionados.

Sensores vestíveis: avaliação e prevenção de quedas

O uso de sensores vestíveis também é útil no exame do risco de quedas^{21,22}, auxiliando na coleta de dados posturais durante à marcha, qualificando os serviços de terapeutas e pesquisadores²³. O uso de detectores de queda baseados em *smartphones* em pesquisas foi destacado na revisão sistemática de Igual *et al.*¹⁰. Os autores incluíram 327 artigos, avaliando 37 publicações, mostrando aumento progressivo do uso dessas ferramentas no exame da postura corporal de idosos. Os sensores embutidos nos telefones permitem a coletar com eficiência dados biomecânicos da marcha e da postura¹⁷. Os dados capturados podem ser enviados automaticamente para o computador (Figura 3), o que facilita a análise e interpretação das informações por profissionais da área clínica. Em posse do diagnóstico, é possível oferecer ao paciente um *feedback* detalhado sobre seu estado de saúde, bem como, desenvolver medidas preventivas de queda específicas para cada caso.

Dispositivos

A presente seção apresenta os dispositivos mais discutidos na literatura especializada específicos para o exame clínico do risco de queda e detecção de acidentes nas residências.

Sensores vestíveis (*wearable sensor*)

Sensores vestíveis podem ser definidos como dispositivos eletrônicos em miniatura¹⁰. Existem duas variantes, aqueles fixados diretamente sobre a pele e os utilizados em cima da roupa^{25,31}. Em geral, eles se apresentam sob a forma de acelerômetros, e giroscópios, ambos comuns nos procedimentos do exame do desempenho da marcha e do equilíbrio¹⁵. Com o aumento da tendência do uso de telefones celulares por todas as faixas etárias, redução do preço dos aparelhos e a qualificação desta tecnologia (bússola digital, GPS, microfone e câmera), acelerômetros e giroscópios passaram a ser embutidos em smartphones^{19,25,31}.

Em estudo de revisão sistemática, que incluiu 4.680 artigos e analisou 42 textos, Rucco *et al.*¹⁵ investigaram a preferência do tipo de sensor e o local de fixação para o monitoramento de idosos saudáveis durante a realização de tarefas estáticas e dinâmicas. Dez tipos de dispositivos foram identificados: acelerômetro, giroscópio, sensores de pressão, magnetômetro, radar, câmera “*time-of-flight*” (TOF), console Kinect, console Wii, eletromiografia e sensor infravermelho. Em relação ao local da fixação dos sensores, doze variantes foram encontradas: cabeça, pé, tronco/peito, sapatos, calcanhar, pélvis, pescoço, pulso, antebraço, coxa, tornozelo, joelho.

Segundo Rucco e colaboradores¹⁵, o segmento corporal frequentemente selecionado foi o tronco. Enquanto o modo mais aplicado no exame do risco de queda foi a posição estática de pé, com olhos abertos ou fechados para investigar alterações posturais nas direções ântero-posterior ou médio-lateral. Nas avaliações dinâmicas se sobressaiu a tarefa da caminhada ou o teste de sentar-levantar, acompanhados pela detecção das variações posturais. De forma geral, ainda hoje não há um consenso metodológico na literatura sobre o tipo de sensor a ser usado¹⁵. Entretanto, os acelerômetros são os dispositivos usados com maior frequência à estima da aceleração linear da marcha, acompanhado pelo giroscópio como medida para velocidade angular. Essas tecnologias apresentam vantagens devido ao baixo custo, praticidade para o transporte, além de permitir a correlação entre os diferentes resultados.

Outro dispositivo também empregado em estudos na área de queda de idosos, porém, não tão frequente, são as câmeras. Na revisão sistemática de Sun e Sosnoff¹⁷, 855 investigações foram selecionadas e 22 analisadas, apenas duas investigações haviam incluído câmeras de profundidade (Kinect™). Este dispositivo foi empregado no exame do equilíbrio a partir da faixa de captura de 0,5 m -4,5 m (teste TUG) e na análise de transições na posição sentada (teste de sentar e levantar com 5 repetições).

Sensores ambientais (*ambient sensors*)

Muitos idosos da comunidade vivem sozinhos, isso se apresenta como um perigo, caso acidentes ocorram. Nessa perspectiva, acelerômetros e giroscópios combinam a detecção da queda com a identificação do local do incidente²⁰. Essa tecnologia também é capaz de enviar mensagens solicitando socorro à centros de vigilância, onde profissionais estão 24 horas de plantão (Figura 3). No caso dos sensores de imagem (câmeras), os dispositivos são capazes de observar e interpretar a movimentação humana, enviando imediatamente informações sobre o acidente para um serviço de computação à distância (Figura 2). Diferentes estudos da área da Engenharia/Gerontecnologia analisaram os sistemas de hardware e software, em especial, a aplicabilidade e satisfação dos usuários sobre os chamados “*Ambient Intelligent Environment*”^{13,16,31}. Esta tecnologia tem por fim auxiliar idosos em suas AVDs, integrando sensores infravermelho, interruptores de porta, faixas de pressão, sensores de temperatura, de inundação, detectores de fumaça, entre outros. Os dados coletados podem auxiliar no monitoramento e detecção da movimentação do idoso nos ambientes, oferecendo-lhe segurança e suporte. Assim, portas, janelas e aparelhos eletrodoméstico podem fechar/abrir, ligar e serem desligados quando os sensores identificam determinado gesto/movimento do indivíduo.

Lotfi *et al.*¹⁶ reportaram, por exemplo, sobre os serviços de uma plataforma de tecnologia “*Ambient Assisted Living*” para cuidadores informais de idosos, intitulada “iCarer”. A plataforma

apoiava cuidadores, em especial, conjugues, indivíduos também idosos, porém menos frágil. O “iCarer” registrava e processava por meio de sensores discretos instalados nas residências dados das AVDs, que eram enviados a uma central. No caso de qualquer intercorrência, os agentes de saúde forneciam orientações aos usuários via telefone ou prestavam auxílio nas residências. A medida permitiu a redução tanto da carga de trabalho dos cuidadores, como o número de internações nos asilos.

Langensiepen *et al.*³⁴ ampliaram a proposta “iCarer” identificando lacunas de pesquisa na área, apresentando então uma nova metodologia à construção de ontologias multifacetadas. Isso significa dizer uma proposta à reflexão sobre o ecossistema de cuidado de idosos, em suas residências. Assim, foi sugerido o registro das informações em um sistema baseado em computadores à criação de um banco de dados. Chernbumroong *et al.*³⁵ relataram aspectos de projetos subvencionados pela Comissão Europeia à criação de pesquisas para o apoio tecnológico das residências de cidadãos idosos. A iniciativa buscou maximizar por meio das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) as potencialidades funcionais, sociais e emocionais dos idosos³⁶.

Um desses projetos foi o “*Easy line + Project*”, que examinou o uso de sensores para o controle de utensílios domésticos: freezers, geladeira, lavadora de louça e roupa. Outro projeto da área foi o “Persona” criado para promover “*Ambient Assisted Living Technologies*” (AAL)³⁷. Este consistiu no desenvolvimento de uma plataforma sustentável e acessível para apoiar idosos em suas AVDs, aumentando a segurança e mobilidade nas residências. O “Persona” também avaliou serviços da TIC (telefonía, ferramentas de software) e qualificou a criação das chamadas casas inteligentes (*smart homes*)³⁵.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, revisamos os serviços de suporte disponibilizados por Tecnologias Assistivas para monitorar idosos durante a realização de suas atividades de vida diária nas residências e também para mensurar dados fisiológicos, associados ao risco de queda. Verificou-se que os sensores inercias apresentam alto potencial para aquisição constante de dados, com a vantagem de não serem invasivos. Os dispositivos são capazes de fornecer informações quantitativas sobre o risco de queda, são objetivos, confiáveis, capazes de identificar com rapidez o momento e o local da queda do indivíduo. A partir disso, é possível alertar imediatamente um serviço de socorro e suporte. Com base nos estudos revisados, foram criados dois esquemas ilustrativos, que podem facilitar o entendimento do funcionamento dos sistemas de Tecnologia Assistiva na avaliação do risco de queda e monitoramento de idosos em suas residências. O sensor mais citado nos estudos foi o *smartphone* porque oferece vários recursos tecnológicos, como bússolas digitais, GPS, microfone, câmera, acelerômetros e giroscópios.

O presente estudo apresenta limitações. Primeiro, a apreciação crítica não especificou ou diferenciou a aplicação da Tecnologia Assistiva entre idosos saudáveis e aqueles com comprometimentos cognitivos (leves-severos). Segundo, não foi realizada uma análise qualidade metodológica dos estudos selecionados. De tal modo, nossos resultados podem apresentar vieses. Sugere-se que estudos futuros aprofundem o entendimento entre a relação e/ou eficácia dos sistemas de Tecnologia Assistiva e as características dos usuários idosos (desempenho cognitivo, mobilidade, equilíbrio). Outra questão a focar seria conhecer a percepção (aceitação ou hesitação) dos idosos, familiares/cuidadores sobre o uso dessas ferramentas no dia a dia. Nesse sentido, destacamos a importância da associação de informações qualitativas (depoimentos) ao conjunto de dados quantitativos gerados pelos sensores vestíveis e câmeras.

Contribuições

MMN: Conceituação do estudo, pesquisa bibliográfica e redação.

PSTS: Pesquisa bibliográfica e redação.

LJ: Pesquisa bibliográfica e redação.

Conflito de Interesse

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Tinetti M. Preventing Falls in Elderly Persons. *N Engl J Med.* 2003; 348(1): 42-49. DOI: [10.1056/NEJMcp020719](https://doi.org/10.1056/NEJMcp020719).
2. World Health Organization. WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age. Community Health (Bristol). 2007:53. DOI: [978 92 4 156353 6](https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.03.006).
3. IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default.shtm. Published 2017.
4. McPhee JS, French DP, Jackson D, Nazroo J, Pendleton N DH. Physical activity in older age: perspectives for healthy ageing and frailty. *Biogerontology.* 2016; 17(3): 567-580. DOI: [10.1007/s10522-016-9641-0](https://doi.org/10.1007/s10522-016-9641-0).
5. Harridge SDR, Lazarus NR. Physical Activity, Aging, and Physiological Function. *Physiology.* 2017; 32(2): 152-161. DOI: [10.1152/physiol.00029.2016](https://doi.org/10.1152/physiol.00029.2016).
6. Sharif SI, Al-Harbi AB, Al-Shihabi AM, Al-Daour DS, Sharif RS. Falls in the elderly: Assessment of prevalence and risk factors. *Pharm Pract (Granada).* 2018; 16(3): 1206. DOI: <http://dx.doi.org/10.18549/PharmPract.2018.03.1206>.
7. Feder G, Cryer C, Donovan S, Carter Y. Guidelines for the prevention of falls in people over 65. *BMJ Britisch Med J.* 2000; 321(7267): 1007-1011.
8. Abreu DR de OM, Novaes ES, Oliveira RR de, Mathias TA de F, Marcon SS. Internação e mortalidade por quedas em idosos no Brasil: análise de tendência. *Cien Saude Colet.* 2018; 23(4): 1131-1141. DOI: [10.1590/1413-81232018234.09962016](https://doi.org/10.1590/1413-81232018234.09962016).
9. Barros IFO, Pereira MB, Weiller TH, Anversa ETR. Internações hospitalares por quedas em idosos brasileiros e os custos correspondentes no âmbito do Sistema Único de Saúde. *Rev Kairós Gerontol.* 2015; 18(4): 63-80. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/kairos/article/viewFile/26930/19124>.
10. Igual R, Medrano C, Plaza I. Challenges, issues and trends in fall detection systems. *Biomed Eng Online.* 2013; 12(6): 2-24.
11. Lu Y, Valk C, Steenbakkers J, Bekker T, Visser T, Procto G, Toshniwal O, et al. Can technology adoption for older adults be co-created? *Gerontechnology.* 2017; 16(3): 151-159.
12. Fozard JL. Gerontechnology and perceptual-motor function: New opportunities for prevention, compensation, and enhancement. *Gerontechnology.* 2001; 1(1): 5-24.
13. Yared R, Abdulrazak B. Ambient Technology to Assist Elderly People in Indoor Risks. *Computers.* 2016; 5(4): 1-22. DOI: [10.3390/computers5040022](https://doi.org/10.3390/computers5040022).
14. Bjerling H, Curry J, Corp CS, Maeder A. Gerontechnology: The importance of user participation in ICT development for older adults. *Gerontechnology.* 2014; (August): 7-12. DOI: [10.3233/978-1-61499-427-5-7](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-427-5-7).
15. Rucco R, Sorriso A, Liparoti M, Ferraioli G, Sorrentino P, Ambrosanio M, et al. Type and Location of Wearable Sensors for Monitoring Falls during Static and Dynamic Tasks in Healthy Elderly: A Review. *Sensors.* 2018; 18(5): 1613. DOI: [10.3390/s18051613](https://doi.org/10.3390/s18051613).
16. Lotfi A, Langensiepen C, Moreno PA, Gómez EJ. An Ambient Assisted Living Technology Platform for Informal Carers of the Elderly - iCarer. *EAI Endorsed Trans Pervasive Heal Technol.* 2017; 3(9): 152393.
17. Sun R. Novel sensing technology in fall risk assessment in older adults: a systematic review. 2018. DOI: [10.1186/s12877-018-0706-6](https://doi.org/10.1186/s12877-018-0706-6).

18. Howcroft J, Kofman J, Lemaire ED. Review of fall risk assessment in geriatric populations using inertial sensors. *J Neuroeng Rehabil.* 2013; 10(1): 1. DOI: [10.1186/1743-0003-10-91](https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-91).
19. Hawley-Hague H, Boulton E, Hall A, Pfeiffer K, Todd C. Older adults' perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring: A systematic review. *Int J Med Inform.* 2014; 83(6): 416-426. DOI: [10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002).
20. Hamm J, Money AG, Atwal A, Paraskevopoulos I. Fall prevention intervention technologies: A conceptual framework and survey of the state of the art. *J Biomed Inform.* 2016; 59: 319-345. DOI: [10.1016/j.jbi.2015.12.013](https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.12.013).
21. Vallabh P, Malekian R. Fall detection monitoring systems: a comprehensive review. *J Ambient Intell Humaniz Comput.* 2018; 9(6): 1809-1833. DOI: [10.1007/s12652-017-0592-3](https://doi.org/10.1007/s12652-017-0592-3).
22. Pang I, Okubo Y, Sturnieks D, Lord SR, Brodie MA. Detection of Near Falls Using Wearable Devices: A Systematic Review. *J Geriatr Phys Ther.* 2019; 42(1): 48-56. DOI: [10.1519/JPT.0000000000000181](https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000181).
23. Vidua, Nikita; Sharma A. Analysis of Fall Detection Systems: A Review. *Int J Trend Sci Res Dev.* 2019; 4(1): 103-108. Disponível em: <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd29467.pdf> <https://www.ijtsrd.com/computer-science/other/29467/analysis-of-fall-detection-systems-a-review/nikita-vidua>.
24. Li C, Lin M, Yang LT, Ding C. Integrating the enriched feature with machine learning algorithms for human movement and fall detection. *J Supercomput.* 2014; 67(3): 854-865. DOI: [10.1007/s11227-013-1056-y](https://doi.org/10.1007/s11227-013-1056-y).
25. Danielsen A, Olofsen H, Bremdal BA. Increasing fall risk awareness using wearables: A fall risk awareness protocol. *J Biomed Inform.* 2016; 63: 184-194. DOI: [10.1016/j.jbi.2016.08.016](https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.08.016).
26. Howcroft J, Kofman J, Lemaire ED, McIlroy WE. Analysis of dual-task elderly gait in fallers and non-fallers using wearable sensors. *J Biomech.* 2016; 49(7): 992-1001. DOI: [10.1016/j.jbiomech.2016.01.015](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.01.015).
27. Howcroft J, Kofman J, Lemaire ED. Feature selection for elderly faller classification based on wearable sensors. *J Neuroeng Rehabil.* 2017; 14(1): 1-11. DOI: [10.1186/s12984-017-0255-9](https://doi.org/10.1186/s12984-017-0255-9).
28. De Miguel K, Brunete A, Hernando M, Gambao E. Home camera-based fall detection system for the elderly. *Sensors (Switzerland).* 2017; 17(12). DOI: [10.3390/s17122864](https://doi.org/10.3390/s17122864).
29. Hagui M, Mahjoub M, Elayeb F. A new framework for elderly fall detection using coupled hidden markov models. *Int Arab J Inf Technol.* 2019; 16(4): 775-783.
30. Tang AYC, Ong C, Ahmad A. Fall Detection Sensor System for the Elderly. *Int J Adv Comput Res.* 2015; 5(19): 1-8.
31. Wu F, Zhao H, Zhao Y, Zhong H. Development of a wearable-sensor-based fall detection system. *Int J Telemed Appl.* 2015; 2015: 1-11. DOI: [10.1155/2015/576364](https://doi.org/10.1155/2015/576364).
32. Van Thanh P, Tran DT, Nguyen DC, Anh ND, Dinh DN, Rabaie SE, et al. Development of a Real-Time, Simple and High-Accuracy Fall Detection System for Elderly Using 3-DOF Accelerometers. *Arab J Sci Eng.* 2019; 44(4): 3329-3342. DOI: [10.1007/s13369-018-3496-4](https://doi.org/10.1007/s13369-018-3496-4).
33. Sun R, Sosnoff JJ. Novel sensing technology in fall risk assessment in older adults: a systematic review. *BMC Geriatr.* 2018; 18(14): 2-10. DOI: [10.1186/s12877-018-0706-6](https://doi.org/10.1186/s12877-018-0706-6).
34. Langensiepen C, Lane C, Lotfi A, Lane C, Moreno PA, Gómez EJ. A New Way to Build Multifaceted Ontologies for Elderly Care. In: 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments. 2016: 1-6.
35. Chernbumroong S, Lotfi A, Langensiepen C. Prediction of Mobility Entropy in an Ambient Intelligent Environment. In: 4th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications. 2014: 65-72.
36. Mallat HK, Yared R, Abdulrazak B. Assistive Technology for Risks Affecting Elderly People in Outdoor Environment. In: ICT4AgeingWell. 2016: 5-16. DOI: [10.5220/0005485100050016](https://doi.org/10.5220/0005485100050016).
37. Chernbumroong S, Atkins AS, Yu H. Perception of Smart Home Technologies to Assist Elderly People. In: 4th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications. 4th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications. 2010: 90-97.