

USO DA TECNOLOGIA PARA O MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE QUEDAS EM IDOSOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Eujessika Katielly Rodrigues Silva¹
Sabrina Gabrielle Gomes Fernandes²
Tiago Silva Oporto³
Paulo Eduardo e Silva Barbosa⁴
Álvaro Campos Cavalcanti Maciel⁵

RESUMO

Introdução: as quedas em idosos têm despertado grande interesse na área da saúde pública por apresentarem um alto índice de mortalidade e morbidade na população idosa. Com o avanço no âmbito tecnológico torna-se possível a criação de sistemas voltados ao monitoramento dos possíveis eventos de quedas nessa população. Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar as recentes produções tecnológicas desenvolvidas para monitorar os possíveis eventos de quedas envolvendo o indivíduo idoso e quais as soluções escolhidas pelos pesquisadores para a criação dos sistemas. **Métodos:** trata-se de uma revisão de literatura com consulta ao banco de dados da Bireme, Pubmed e Scielo. Sendo utilizados como descritores correspondentes em português e inglês, os seguintes termos: *system and falls and older and monitoring*. A pesquisa foi realizada nas línguas portuguesa e inglesa. **Resultados:** foram encontrados um total de 133 artigos identificados através dos descritores da pesquisa nas bases de dados, desses, 124 artigos foram excluídos por não se adequarem aos critérios de inclusão. **Conclusão:** o processo para a criação dos sistemas de detecção de quedas em idosos é algo complexo, a funcionalidade e aplicabilidade desses sistemas estão intimamente associados as escolhas dos seus sensores, algoritmos e no tipo de dispositivo que será incorporado no sistema para a obtenção desses dados. Compreender o cenário atual para criação de soluções que promovam o monitoramento de idosos pode facilitar o desenvolvimento de outros futuros projetos voltados para essa população, ultrapassando as limitações enfrentadas em estudos anteriores.

Palavras-chave: System, Falls, Older, Monitoring.

-
- 1- Doutoranda em Fisioterapia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UF, eujessikars@gmail.com
 - 2- Doutoranda em Fisioterapia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UF, sabrinaggf@hotmail.com
 - 3- Mestre em Fisioterapia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UF, silva.oporto@hotmail.com
 - 4- Prof. Dr. em Ciências da Computação pela Universidade Estadual da Paraíba - UE, paulo.barbosa@nutes.uepb.edu.br
 - 5- Prof. Orientador. Dr. em Fisioterapia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UF, alvarohuab@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento no número da população idosa e, conseqüentemente, as doenças que se manifestam no processo de envelhecimento, a área da saúde tende a sofrer mudanças e avanços contínuos para promover melhores serviços a este grupo etário. Nesse contexto, os sistemas de monitoramento de idosos têm se tornado um importante tópico no campo dos avanços tecnológicos na esfera da saúde, utilizando soluções para captação e armazenamento de dados referente à saúde do idoso (PERRACINI; FLÓ, 2009; NASIR; YURDER, 2015).

Na esfera da tecnologia em saúde, existem diversos sistemas desenvolvidos com a finalidade de detectar quedas em idosos e inseridos nas atividades cotidianas desses indivíduos através de diferentes estratégias. Esses sistemas vão desde o monitoramento por câmeras até o uso de sensores sem fios alocado no usuário e desenvolvendo a função de captar os movimentos do indivíduo na execução de suas atividades rotineiras e diferenciar essas atividades dos possíveis episódios de queda (FERREIRA et al., 2015; HAKIM *et al.*, 2017).

Inserir esses tipos de sistemas na rotina diária do idoso, de modo que, tal aplicação seja eficaz e precisa na captação da informação, além de não ser invasiva para o usuário, torna-se um desafio para os pesquisadores dessa área. A aplicabilidade de alguns dispositivos pode gerar barreiras no quesito de usabilidade, sendo este quesito, um importante atributo para adesão dos idosos à tecnologia.

Portanto, essa revisão tem como objetivo analisar as recentes produções tecnológicas desenvolvidas para monitorar os possíveis eventos de quedas envolvendo o indivíduo idoso e quais as soluções escolhidas pelos pesquisadores para a criação dos sistemas, tais como: categorias das soluções, características dos dispositivos e sensores escolhidos para monitoramento, e os tipos de algoritmos mais implementados nessas soluções.

DESENVOLVIMENTO

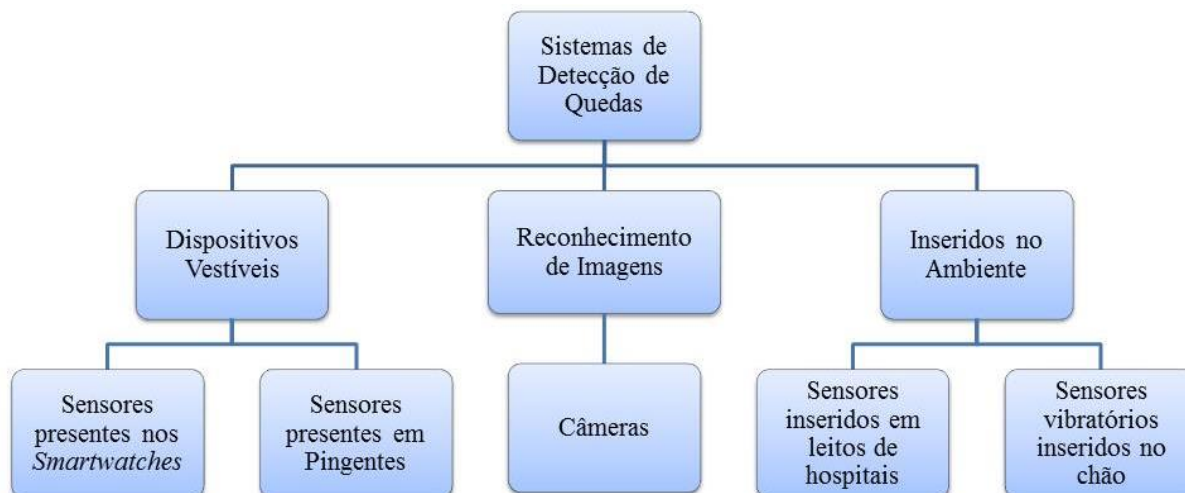
O desequilíbrio corporal é uma das limitações mais recorrentes do processo de envelhecimento humano, expressando-se, principalmente, entre os indivíduos de 65 e 75 anos. A consequência desse desequilíbrio corporal resulta nos episódios de quedas, que dada a sua complexidade, representa um grave problema de saúde pública, devido à fragilidade física que envolve os indivíduos e os impactos gerados pelos gastos para os cuidados com suas complicações (FERREIRA et al 2015; SILVA; MACÊDO, 2014; KOSTOPOULOS et al 2016).

Os custos com as internações hospitalares advindas das quedas em idosos brasileiros pode acarretar um grande impacto nos recursos direcionados à esfera da saúde. Em um estudo desenvolvido, foi possível observar que entre 2005 e 2010 cerca 399.681 internações hospitalares ocorreram devido a quedas. O Sistema Único de Saúde gastou cerca de R\$ 464.874.275,91 com essas internações. Além dos gastos hospitalares, a queda também impacta em encargos financeiros no âmbito familiar no qual se insere esse idoso (BARROS et al., 2015).

Além das lesões físicas e os impactos financeiros, a queda pode trazer consequências psicossociais significativas, reduzindo a autonomia e independência dos indivíduos acometidos. Dados encontrados na literatura mostram que 48% dos idosos que já se envolveram em algum episódio de queda tendem a desenvolver medo de cair novamente e 25% acabam reduzindo as suas atividades de vida diária (KOSTOPOULOS et al 2016).

Dada a emergente situação, estudos direcionados a criação de sistemas com a finalidade de monitorar e detectar quedas em idosos tem sido desenvolvido. As soluções utilizadas para a criação desses sistemas podem ser divididas em três categorias que divergem entre si pela abordagem e o método utilizado para a detecção da queda. Essas soluções podem ser categorizadas como: 1- Dispositivos inseridos no ambiente; 2 – Soluções baseadas no reconhecimento de imagens; 3 – Dispositivo vestíveis (*wearables*) (YU, 2008; SPOSARO; TYSON, 2009; PIVA et. al., 2014; FERREIRA et al., 2015; HAKIM et al., 2017). Na figura a seguir, apresentamos a categorização dessas soluções.

Figura 1. Diagrama dos principais sistemas de detecção de quedas para idosos.



A crescente evolução tecnológica permite a criação de novos paradigmas voltados aos cuidados e ao monitoramento da pessoa idosa. Seguindo essa crescente evolução, as soluções de Internet das Coisas (IoT) na área de saúde mantem a proposta de transformar a área médica, modificando a forma como os serviços de saúde monitora, coleta e usam dados de indivíduos, utilizando as grandes tendências de mobilidade, automação e análise de dados para melhorar o cuidado com o paciente (OLIVEIRA; SILVA, 2017; BRITO, 2017).

A Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things*) é uma rede crescente de dispositivos do cotidiano, que podem compartilhar informações e concluir tarefas sem a necessidade de intervenção humana, gerando uma diversidade de dados e resultados de valores (BNDES 2018).

Na área da saúde a IoT refere-se aos objetos físicos, como os dispositivos com sensores embarcados, que se comunicam através de protocolos conectados por redes sem fio, que podem monitorar e captar informações sobre seu usuário transmitindo essas informações em tempo real, gerando dados de saúde (ALMEIDA, 2017).

Com os avanços na tecnologia dos sensores sem fio e na forma de transmissão das informações obtidas por esses sensores, tornou-se possível o monitoramento remoto, em tempo real ou não, de uma série de dados de saúde referentes a um indivíduo, como pressão arterial, saturação de oxigênio, frequência cardíaca, passos dados em um determinado tempo, entre outros (LEE; LEE, 2018).

Dentro do conceito de Internet das Coisas (IoT) os dispositivos vestíveis abrangem grande parte da criação dos sistemas de detecção de quedas em idosos, seguido pelos sensores que são inseridos no ambiente ou cama dos idosos para o monitoramento dos seus movimentos (TORRES et al., 2016; BALAGUERA et al., 2017).

Os *wearables* ou dispositivos vestíveis são caracterizados como dispositivos móveis que integram peças do vestuário ou acessórios vestidos no corpo e que tem como finalidade obter informações sobre seu usuário. O termo "tecnologias vestíveis" refere-se particularmente a engenharia, computação e redes de comunicação sem fio que utilizam o aparato da tecnologia na construção de peças inteligentes (WU et al., 2016; ALMEIDA, 2017).

Na Internet das Coisas os dispositivos vestíveis ocupam uma categoria e fazem parte da maioria dos sistemas desenvolvidos para monitoramento de idosos devido a sua capacidade de extração de dados do seu usuário de forma minimamente invasiva, apresentando-se como uma proposta para aquisição de dados de saúde.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura com consulta ao banco de dados da Bireme, Pubmed e Scielo. Sendo utilizados como descritores correspondentes em português e inglês, os seguintes termos: *system and falls and older and monitoring*. A pesquisa foi realizada nas línguas portuguesa e inglesa.

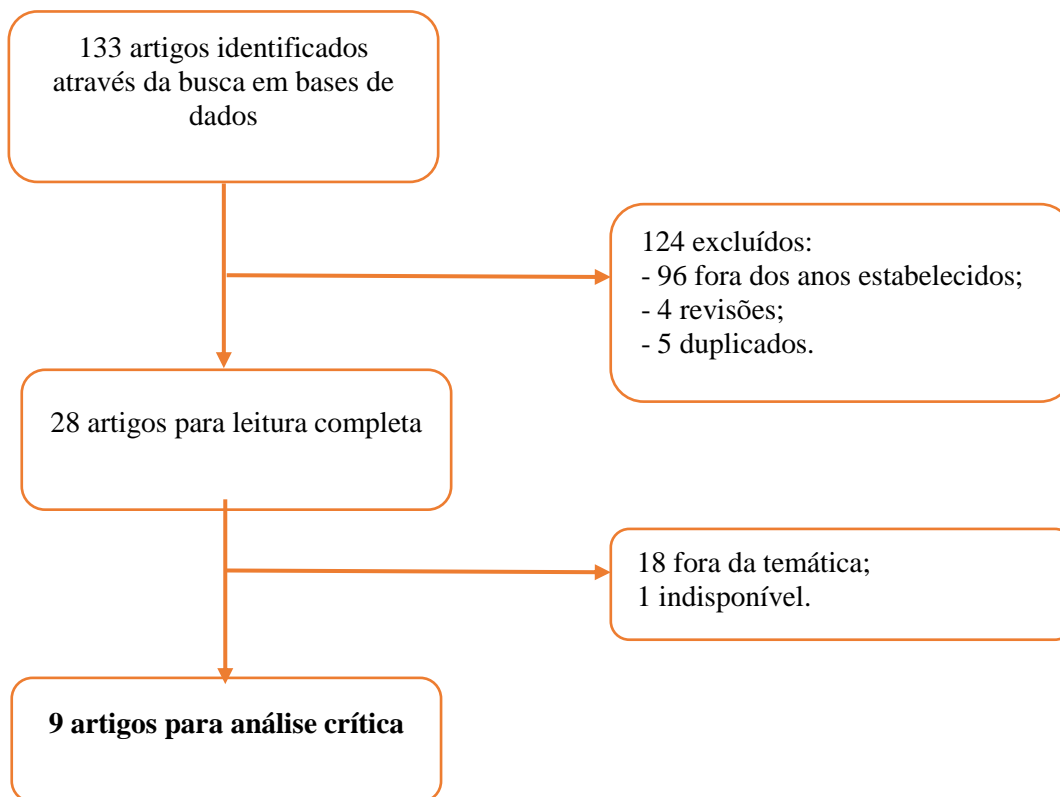
Foram incluídos em nossa pesquisa todos os estudos voltados para a criação de sistemas utilizando a tecnologia para o monitoramento de idosos com finalidade de rastrear riscos de quedas ou os episódios de quedas em tempo real, realizados do ano de 2016 até os dias atuais.

Excluimos da nossa pesquisa os estudos de revisão sistemática, teses, capítulos de livros, aqueles que não tinham as palavras chaves no título e no resumo e aqueles que não conseguimos ter acesso por estarem indisponíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados um total de 133 artigos identificados através dos descritores da pesquisa nas bases de dados, desses, 124 artigos foram excluídos pelos seguintes motivos: 4 revisões de literatura, 5 artigos duplicados, 96 publicados em anos inferiores a 2016, dos 28 artigos potencialmente relevantes para a leitura, 18 estavam fora da temática e 1 não estava disponível, resultando assim, em 9 artigos que atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos. Na figura 2 apresentamos o fluxograma do processo de identificação e seleção dos estudos.

Figura 2. Fluxograma do processo de identificação e seleção dos estudos.



Todos os artigos que foram incluídos tratam da criação de sistemas utilizando a tecnologia para o monitoramento de queda em idosos. Dos estudos encontrados 3 foram desenvolvidos nos Estados Unidos (SHASTRY et al., 2016; BALAGUERA et al., 2017; ANTOS et al., 2019), 1 Austrália (TORRES et al., 2016), 1 Áustria (EJUPI et al., 2016) 1 Nova Zelândia (BAIG et al., 2016), 1 Canadá (AZIZ et al., 2017) 1 múltipla contribuição entre Irlanda, Alemanha e Itália (ROSA et al., 2017), 1 Suíça (ACHKAR et al., 2016).

Quanto aos métodos de desenvolvimento dos sistemas todos seguiram duas abordagens: a criação de soluções utilizando dispositivos vestíveis e a criação de soluções utilizando os sensores no ambiente. Sendo, portanto, os dois métodos mais utilizados para a criação dos sistemas de detecção de quedas em idosos encontrados em nossa pesquisa.

Tabela 1. Descrição dos estudos incluídos na revisão.

Autor e Ano	Categorias das Soluções	Características do Dispositivo	Sensores	Algoritmo implementado
Ejupi et al (2016)	Dispositivo vestível	Colar	Acelerômetro e barômetro	Algoritmo baseado em Transformada de Wavelet
Baig et al (2016)	Dispositivo vestível	Não específica	Acelerômetro	Aprendizado de máquina
Torres et al (2016)	Dispositivo vestível	Colete	Acelerômetro	Aprendizado de máquina
Shastry et al (2016)	Dispositivo vestível e expostos no ambiente	Não específica	Acelerômetro e sensores de presença	Baseado em limiares
Achkara et al (2016)	Dispositivo vestível	Palmilhas	Acelerômetro, giroscópio, sensores de pressão e barômetro	Aprendizado de máquina
Balaguera et al (2017)	Dispositivo expostos no ambiente (cama)	Almofada	Sensores de pressão	Não informou
Aziz et al (2017)	Dispositivo vestível	Conjunto de sensores	Acelerômetro	Aprendizado de máquina
Rosa et al (2017)	Dispositivo vestível	Palmilhas	Acelerômetro, Giroscópio e sensores de pressão	Aprendizado de máquina
Antos et al (2019)	Dispositivo vestível	<i>Smartwatch</i>	Acelerômetro	Aprendizado de máquina

Baseado em nossa pesquisa, os estudos mais recentes utilizando o aparato tecnológico para monitoramento de queda em idosos, se distribuem: na avaliação do risco de queda no leito hospitalar, através de sensores acoplados a cama; monitoramento do ambiente que o idoso reside, por meio de sensores inseridos no ambiente; ou o rastreamento de suas atividades de vida diária através de dispositivos vestíveis para identificação de episódios em tempo real de quedas.

Percebe-se a predominância na escolha por dispositivos vestíveis para a criação das soluções voltadas para o monitoramento de idosos, isso se dá pela ocorrência da maior adesão da população idosa por esse tipo de dispositivo, por ser minimamente invasivo e oferecer a capacidade de realizar o monitoramento de outros dados fisiológicos, como a frequência cardíaca, pressão arterial, quantidade de passos dados em um determinado tempo, calorias gastas, sendo visto pelos idosos como algo relevante para a sua saúde (RAWASSIZADEH; PRICE; PETRE, 2015; WU et al., 2016; LEE; LEE, 2018).

Todos os estudos que fizeram uso dos dispositivos vestíveis optaram pela utilização do acelerômetro como sensor para desenvolvimento do sistema, apenas dois estudos associaram outro sensor para aumentar a sensibilidade do algoritmo e, conseqüentemente, a acurácia da identificação da queda. Esses achados corroboram com outras pesquisas desenvolvidas, sendo então, o acelerômetro o sensor mais utilizado para o desenvolvimento dos sistemas, visto que, para acontecer a queda, o corpo assume um aumento na aceleração total. Essa aceleração obtida pelo corpo durante o evento de queda pode ser medida pelo acelerômetro (SPOSARO; TYSON, 2009; PIVA et. al., 2014; HAKIM et al., 2017).

Por fim, podemos observar que os tipos de algoritmos implementado nos sistemas divergem entre pesquisadores, 6 optaram por desenvolver através de aprendizado de máquinas, 1 baseado em limiar de aceleração, 1 baseado na transformada de Wavelet, 1 não especificou sua implementação.

Os algoritmos implementados através do aprendizado de máquinas recebem uma base de dados pré-definida ou elaborada a partir de simulações, para receber esses dados existem algoritmos neurais que aprendem os padrões que caracterizam uma queda, a partir dos dados coletados, o algoritmo pode realizar uma análise contínua e identificar um episódio de queda diferenciando-o de uma atividade de vida diária, ao mesmo tempo, o algoritmo pode ser aprimorado com os diagnósticos constantemente fornecidos por ele (MONARD; BARANAUSKAS, 2003).

Os algoritmos baseados em limiares são divididos em duas categorias: os limiares fixos e os limiares adaptados. Os limiares fixos são definidos em estudos de caso, após a definição do valor limítrofe tendem a ser generalizados. Já os limiares adaptados se baseiam nos dados pessoais do usuário, tais como peso, altura e idade, esses dados servem de base para calcular os limiares que serão individualizados para cada usuário (TAVARES, 2016).

O algoritmo baseado na Transformada de *Wavelet* é pouco visto em outros estudos dentro da temática abordada. A ideia básica da utilização da teoria de *Wavelet* baseia-se nas escalas variáveis no domínio do tempo e da frequência. A análise por *Wavelet* permite localizar com precisão os instantes de tempo da ocorrência de eventos, pontos de discontinuidades do sinal de aceleração, durante a captura dos dados vindo do acelerômetro (EJUPI et al., 2016).

CONCLUSÃO

Com o amplo desenvolvimento tecnológico e o avanço na qualidade dos sensores tornou-se possível a criação de sistemas inteligentes capazes de promover uma melhor assistência a vida do idoso. Entretanto, o processo para a criação desses sistemas é algo complexo, a funcionalidade e aplicabilidade desses sistemas estão intimamente associados as escolhas dos seus sensores, algoritmos e no tipo de dispositivo que será incorporado no sistema para a obtenção desses dados. Compreender o cenário atual para criação de soluções que promovam o monitoramento de idosos pode facilitar o desenvolvimento de outros futuros projetos voltados para essa população, ultrapassando as limitações enfrentadas em estudos anteriores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, SM. **A evolução tecnológica e a maturidade do mercado: o caso dos Smartwatches**. 181 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação). Faculdade de Economia da Universidade do Porto. Porto – Portugal, 2017.

ANTOS, SA et al. Smartwatches Can Detect Walker and Cane Use in Older Adults. **Innovation in Aging**, v. 3, n.1, 2019.

ACHKAR, ME et al. **Instrumented Shoes for Real-Time Activity Monitoring Applications**. Nurse Informatics Conference, Geneva, 2016.

AZIZ, O et al. Validation of accuracy of SVM-based fall detection system using real-world all and non-fall datasets. **Journal Plos One**. Unidet States, v.12, n.7, p. 1-11, 2017.

BAIG et al. Falls risk assessment for hospitalised older adults: a combination of motion data and vital signs. **Aging Clin Exp Res**. New Zealand, 2016.

BALAGUERA, et al. Using a Medical Intranet of Things System to Prevent Bed Falls in an Acute Care Hospital:A Pilot Study. **J Med Internet Res**. Unidet States, v.19, n. 5, 2017.

BARROS, IFO et al. Internações hospitalares por quedas em idosos brasileiros e os custos correspondentes no âmbito do Sistema Único de Saúde. **Revista Kairós Gerontologia**. São Paulo, v.18, n.4, p. 63-80, 2015.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento. Desenho de alto nível de plataformas de inovação e dos centros de competência. **In: Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil**. Janeiro de 2018.

BRITO, RLL. **Potencial da Internet das Coisas na Saúde, Educação e Segurança Pública no Brasil**. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife – Brasil, 2017.

EJUPI, A et al. Wavelet-Based Sit-To-Stand Detection and Assessment of Fall Risk in Older People Using a Wearable Pendant Device. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. 2016.

HAKIM, A. et al. Smartphone Based Data Mining for Fall Detection: Analysis and Design. **Procedia Computer Science**. p. 46- 51, 201.

KOSTOPOULOS, P et al. F2D: A location aware fall detection system tested with real data from daily life of elderly people. **Procedia Computer Science**. p. 212-219, 2016.

LEE, SY; LEE, K. Factors that influence an individual's intention to adopt a wearable healthcare device: The case of a wearable fitness tracker. **Technological Forecasting & Social Change**. Coréia do Sul, 2018.

NASIR, S; YURDER, Y. Consumers' and Physicians' Perceptions about High Tech Wearable Health Products. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. p.1261-1267, 2015.

MONARD, MC; BARANAUSKAS, JA. Conceitos sobre aprendizado de máquinas. *Sistemas Inteligentes para Engenheiros*. C. Monard and J. A. Baranauskas. Conceitos de aprendizado de máquina. In S. O. Rezende, editor, *Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicações*, p 89–114. Editora Manole, 2003.

OLIVEIRA, JLSO; SILVA, RO. **A internet das coisas (IOT) com enfoque na saúde**. *Tecnologia em Projeção*, v.8, n.1, p. 78, 2017.

PERRACINI, MR; FLÓ, CM. **Funcionalidade e Envelhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, Série Fisioterapia: Teoria e Prática Clínica. 2009.

PIVA, LS et al. **fAlert : Um sistema android para monitoramento de quedas em pessoas com cuidados especiais**. Universidade Federal do Ceará, 2014.

RAWASSIZADEH, R; PRICE, BA; PETRE, M. Wearables: Has the Age of Smartwatches Finally Arrived? **Communications of the acm**. University of California, v. 58, n.1, 2015. |

ROSA, et al. Concurrent validation of an index to estimate fall risk in community dwelling seniors through a wireless sensor insole system: A pilot study. **Gait & Posture**. v.55, p. 6-11, 2017.

SHASTRY et al. **Context-Aware Fall Detection Using Inertial Sensors and Time-of-Flight Transceivers**. In: IEEE 38th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) 2016.

SPOSARO, F; TYSON, G. **iFall: An Android Application for Fall Monitoring and Response**. 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis, Minnesota, USA, September 2-6, 2009.

TAVARES, FS; SANTOS, MFC; KNOBEL, KAB. Reabilitação vestibular em um hospital universitário. **Rev Bras Otorrinolaringol**. v.74, n.2, p. 241-7, 2008.

TORRES et al. Effectiveness of a Batteryless and Wireless Wearable Sensor System for Identifying Bed and Chair Exits in Healthy Older People. **Journal Sensors**. Australia, 2016.

YU, X. Approaches and Principles of Fall Detection for Elderly and Patient. **Institute for InfoComm Research**. Singapura, p. 42-47, 2008.

WU, LH; WU, LC; CHANG, SC. Exploring consumers' intention to accept smartwatch. **Computers in Human Behavior**. Taiwan, p. 383-392, 2016.