

HOME E-CARE: MONITORAMENTO DE QUEDAS EM IDOSOS ATRAVÉS DE SMARTWATCHES

Maurício César Pinto Pessoa¹, Geraldo Braz Junior¹ e Tiago Bonini Borchardt¹

¹Núcleo de Computação Aplicada (NCA)
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil

Resumo: Pessoas da terceira idade normalmente possuem a saúde mais frágil, elas ficam cada vez mais dependentes de ajuda na medida em que vão envelhecendo, principalmente na ocorrência de acidentes como quedas. Por esse motivo, torna-se necessário a existência de métodos automatizados de monitoramento e notificação da ocorrência de tais acidentes. **Objetivo:** Este trabalho apresenta uma metodologia para detecção automatizada de quedas em idosos, através do uso do acelerômetro presente em *smartwatches* com *Android Wear* e de detecção de quedas baseada em limiares. As ocorrências de queda são notificadas automaticamente para contatos de emergência. **Resultados:** A aplicação criada alcançou resultados satisfatórios, obtendo 89,29% de especificidade, 75% de sensibilidade e 83,33% de acurácia. **Conclusão:** Concluiu-se que a abordagem adotada caracteriza uma alternativa robusta e viável para a detecção automatizada de quedas que contribui para a qualidade de vida para pessoas da terceira idade.

Palavras-chave: Processamento de Sinais Assistido por Computador, Acidentes por Quedas, Smartphone

Abstract: *The elderly population is growing worldwide, and with that the concerns about their quality of life become more important. As the elderly normally have frail health, which tends to get worse as they age, they grow even more dependent on someone else, specifically in the event of an accident such as a fall. For that reason, an automated monitoring and notification mechanism for accidents is necessary. Objective: This work aims to present an automated fall detection and notification methodology through the use of the android smartwatches embedded accelerometer and threshold based algorithms. Notifications of falls will be sent to emergency contacts. Results: The developed system reached satisfactory results, with 89,29% of specificity, 75% of recall and 83,33% of accuracy.*

Conclusion: *We could observe that Home e-Care and the TBA are a robust and viable solution for automated fall detection, and can improve the elderly's quality of life.*

Keywords: *Signal Processing, Computer-Assisted, Accidental Falls, smartphones.*

Introdução

A população mundial está envelhecendo, e o número total de idosos vai dobrar até 2050, sendo que no Brasil esse número deverá triplicar. Segundo relatos da Organização Mundial da Saúde (OMS), pela primeira vez na história da humanidade a população de idosos no mundo irá superar a população de até 15 anos, inclusive no Brasil¹.

Pessoas acima de 60 anos normalmente possuem as condições físicas mais debilitadas além de outras possíveis complicações de saúde oriundas da idade, tornando-os cada vez mais dependentes da ajuda de terceiros a medida em que vão envelhecendo².

O problema é que nem sempre o idoso poderá contar com a ajuda de outra pessoa em tempo integral. Essa é a preocupação de muitas famílias que possuem os parentes idosos, pois em muitos casos

não possuem tempo suficiente para dedicar, aos seus relativos, que ficam sozinhos em suas residências, suscetíveis aos mais diversos tipos de acidentes domésticos, como quedas não intencionais.

Se torna perigoso para um idoso permanecer muito tempo sozinho, ou até mesmo morar longe de outras pessoas, devido ao risco de acidentes domésticos, principalmente pela demora no atendimento, quadro agravado pelo estado atual de saúde do mesmo.

A demora para ser atendido costuma ser mais perigosa que o acidente por si só, pois as quedas podem resultar em diversas fraturas e lesões temporárias ou permanentes, podendo inclusive levar ao óbito³. Existe ainda o fator psicológico onde o idoso se torna cada vez mais dependente de terceiros para realizar suas atividades rotineiras, devido ao medo de recorrência dos acidentes.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS)³, a cada ano, aproximadamente 28% a 35% das pessoas acima de 65 anos sofrem ao menos uma queda e esse número sobe para 32% a 42% nas pessoas que tem mais de 70 anos.

Com a intenção de reduzir o problema e aumentar a qualidade de vida de idosos, a tecnologia tem desenvolvido Sistemas Pessoais de Atendimento Emergencial, do inglês *Personal Emergency Response System* (PERS). Um PERS é um sistema eletrônico de alarme pessoal responsável por detectar a presença de situações de risco para a saúde de seu usuário e gerar notificações⁴.

Tal notificação pode ser gerada através de softwares desenvolvidos para dispositivos como *smartphones* e *smartwatches*, que contam com aproximadamente um bilhão de usuários no mundo em 2015, sendo que somente no Brasil são 48,6 milhões de usuários, e esse número só tende a aumentar nos próximos anos⁵, onde é possível detectar quedas através do uso de um acelerômetro de 3 eixos e de um algoritmo classificador, conforme foi provado em diversos estudos^{6,7,8}.

Por se tratar de dispositivos móveis e a necessidade de rodar em tempo real, o Algoritmo Baseado em Limiares, ou no inglês, *Threshold Based Algorithm* (TBA), é o mais utilizado neste tipo de aplicação. Este é utilizado em diferentes aplicações, como por exemplo no OpenSerum, uma aplicação para o monitoramento de soro hospitalar que utiliza o TBA para detectar se o soro do paciente se encontra em atividade ou não⁹.

Além do TBA, podem ser utilizadas metodologias baseadas em técnicas de aprendizagem de máquina, como no trabalho proposto por Kulkarni, que utiliza os dados provindos do acelerômetro e do magnetômetro presentes em *smartphones* Android em conjunto com um classificador gerado pelo Ambiente Waikato para Análise de Conhecimento, do inglês *Waikato Environment for Knowledge Analysis* (WEKA)^{10,11}. Quando um padrão de queda é detectado em ambos os sensores, é inferido que houve a ocorrência de uma queda e um alerta é gerado e enviado para os contatos de emergência do usuário.

A principal vantagem de se utilizar um classificador como o WEKA vem de sua melhor precisão e adaptabilidade quando comparado com algoritmos mais simples de detecção de quedas. Entretanto, o uso contínuo desse algoritmo de detecção de quedas resultou na diminuição de 43,49% da duração da bateria do *smartphone*, quando comparado com situações onde a aplicação de detecção de quedas não estava sendo executada¹⁰.

Este trabalho tem como objetivo propor o *Home e-Care*, uma ferramenta para a detecção e notificação automatizada de quedas em idosos, fazendo uso da análise do acelerômetro presente nos *smartwatches* para reconhecer o evento de queda. Esta ferramenta ainda tem como capacidades a integração com contatos de emergência e análise de queda prolongada, o que pode significar uma situação de risco para o idoso. Também é importante que a aplicação consiga distinguir corretamente as ocorrências de queda das outras atividades do cotidiano, ou no inglês, *Activities of Daily Living* (ADL).

ADLs são definidas como qualquer atividade comum do cotidiano de uma pessoa, como andar, sentar, subir ou descer uma escada, tomar banho, comer, dormir, entre outros¹².

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. Na Seção de métodos, temos a descrição detalhada da metodologia proposta para a classificação dos eventos como quedas ou ADLs,

além de informações sobre a implementação. Na Seção de resultados e discussão são apresentados os resultados obtidos através da implementação de referência e discorre sobre eles. A Seção de conclusão apresenta algumas considerações finais e trabalhos futuros. Por fim, na última Seção, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas.

Métodos

O *Home e-Care* consiste de vários algoritmos e dispositivos trabalhando em conjunto com a finalidade de agilizar o atendimento ao idoso na ocorrência de uma queda.

Tal objetivo pode ser alcançado através da detecção da queda em tempo real e sua posterior notificação automatizada para contatos de emergência através de diversos meios de comunicação. Após receberem o alerta, os contatos responsáveis pela pessoa acidentada podem acionar um resgate, como por exemplo, uma ambulância.

A Figura 1 exemplifica o funcionamento geral dessa aplicação. O idoso veste um *smartwatch* que possui o *Home e-Care* instalado, e a partir da ocorrência de uma queda, um alerta é gerado e enviado para o *smartphone* pareado via *bluetooth*. Ao receber a mensagem de alerta provinda do *smartwatch*, ela é encaminhada através da internet para o módulo web. Esse módulo então encaminha a mensagem aos contatos de emergência por todos os meios de comunicação cadastrados. Por fim, ao receber a mensagem, os contatos podem acionar um resgate para o idoso acidentado, ou tomar outras providências.

O *Home e-Care* está dividido em três módulos trabalhando em conjunto. Um módulo de detecção de quedas no *smartwatch*, um módulo de comunicação no *smartphone*, e por fim, um módulo web. Cada um deles é responsável por realizar uma etapa do processo de alerta aos contatos de emergência e posterior resgate da pessoa acidentada. Todos são apresentados em detalhes nas subseções seguintes.

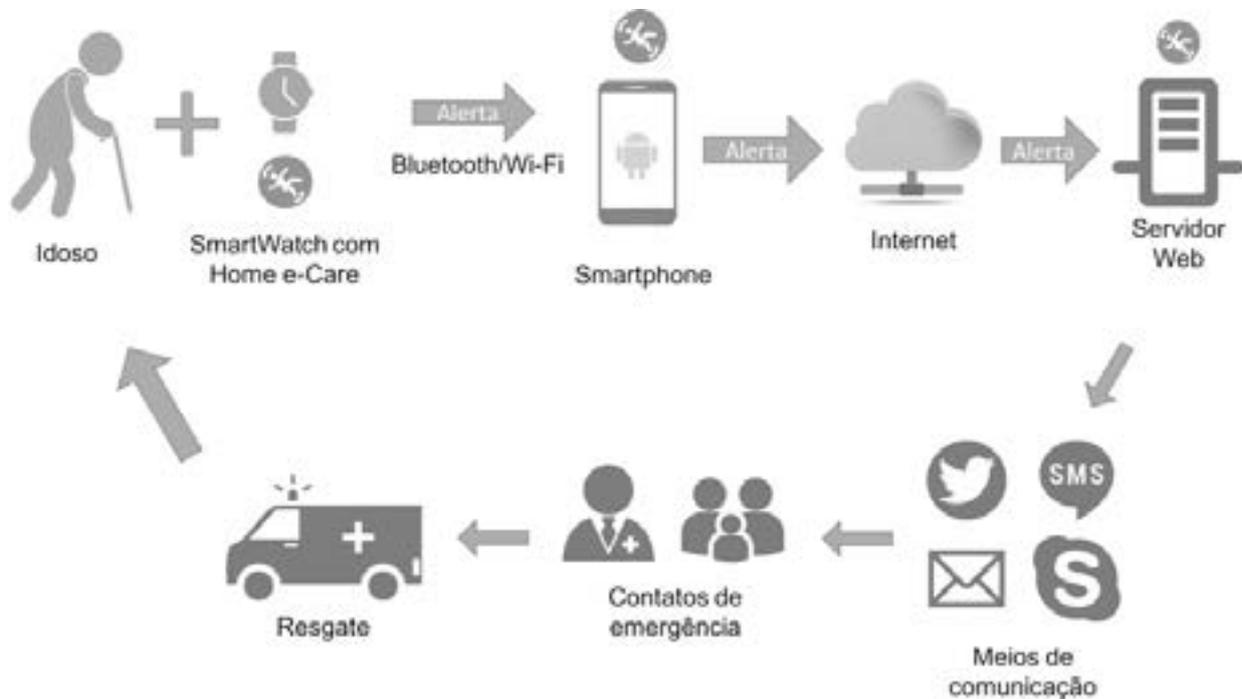


Figura 1: Visão geral do *Home e-Care*.

Módulo de detecção de quedas

O módulo de detecção de quedas que é implantado no *smartwatch* do idoso fica responsável por analisar os dados fornecidos pelo acelerômetro do dispositivo em tempo real, até detectar o padrão de uma queda. A partir desse momento um alerta é enviado. O módulo continua a monitorar os dados fornecidos pelo acelerômetro, para então verificar se a pessoa acidentada continua caída no chão por um período prolongado de tempo, enviando um novo alerta caso isso ocorra.

O acelerômetro fornece dados de aceleração em três eixos, ou seja, é possível detectar a variação na aceleração do usuário, nos eixos ortogonais X, Y e Z.

Como pelo menos um dos eixos sofre com a ação da gravidade é aplicado um Filtro Passa Baixa e posteriormente um Filtro Passa Alta para isolar o sinal gerado pela gravidade e removê-lo dos eixos^{13,14}. Em seguida, com base nessas informações, é calculada a magnitude da aceleração, conforme a Equação 1:

$$M_A = \sqrt{A_X^2 + A_Y^2 + A_Z^2} \quad (1)$$

onde M_A é a magnitude de aceleração e A_X , A_Y e A_Z são as acelerações nos eixos X, Y e Z, respectivamente.

Para analisar o comportamento dessa magnitude de aceleração durante uma queda, foi utilizado um algoritmo coletor de dados rodando no *smartwatch*, que continuamente lê os dados fornecidos pelo acelerômetro, calcula sua magnitude usando a Equação 1 e salva essa informação em um banco de dados.

O *Home e-Care* lê os valores do acelerômetro presente no *smartwatch*, calcula a magnitude da aceleração e aplica o TBA para categorizar o evento como uma queda ou uma ADL.

O algoritmo TBA é baseado na escolha do limiar superior e do limiar inferior estimados conforme experimentos de *Panagiotis et al*¹⁵, sendo limiar superior e inferior, respectivamente, valores entre 10 a 18 m/s² e 2 a 7 m/s². Uma vez que a magnitude exceda o limite superior, o algoritmo detecta que aquele evento pode representar uma possível queda. O processo abre então uma janela de tempo de 6 segundos para verificar essa ocorrência. Após o primeiro pico de aceleração, o algoritmo espera um pequeno intervalo de tempo inferior a 1 segundo, e se após esse intervalo a aceleração ainda estiver acima do limite inferior, um contador interno de ocorrências é incrementado. Esse processo se repete enquanto a janela de tempo não ultrapassar os 6 segundos.

Após essa etapa, o algoritmo verifica o valor armazenado no contador de ocorrências, que representa quantas vezes a condição anterior foi verdadeira. Se esse valor for menor que um número pequeno, a ocorrência pode ter sido ativada por um movimento súbito da pessoa monitorada, e caso o contador seja maior que um valor, o evento não categoriza uma queda, e sim alguma outra atividade como uma corrida ou outra atividade física mais intensa. Porém, caso o valor do contador seja, aquele evento caracteriza uma queda real e um alerta deve ser gerado. Os valores de M_A e C foram estimados conforme *Panagiotis et al*¹⁵. Os valores de comparação do contador podem assumir M_A e C . Tais parâmetros variam de acordo com a idade, peso e altura da pessoa que está utilizando o *smartwatch*. Esses valores foram aplicados no *Home e-Care*, como mecanismo automatizado de detecção de quedas.

A Figura 2 demonstra o fluxo de eventos desse processo. O módulo funciona com base em um serviço que fica rodando em segundo plano no *smartwatch*, continuamente lendo os dados fornecidos pelo acelerômetro, filtrando e processando o sinal para então aplicar o algoritmo de detecção de queda propriamente dito.

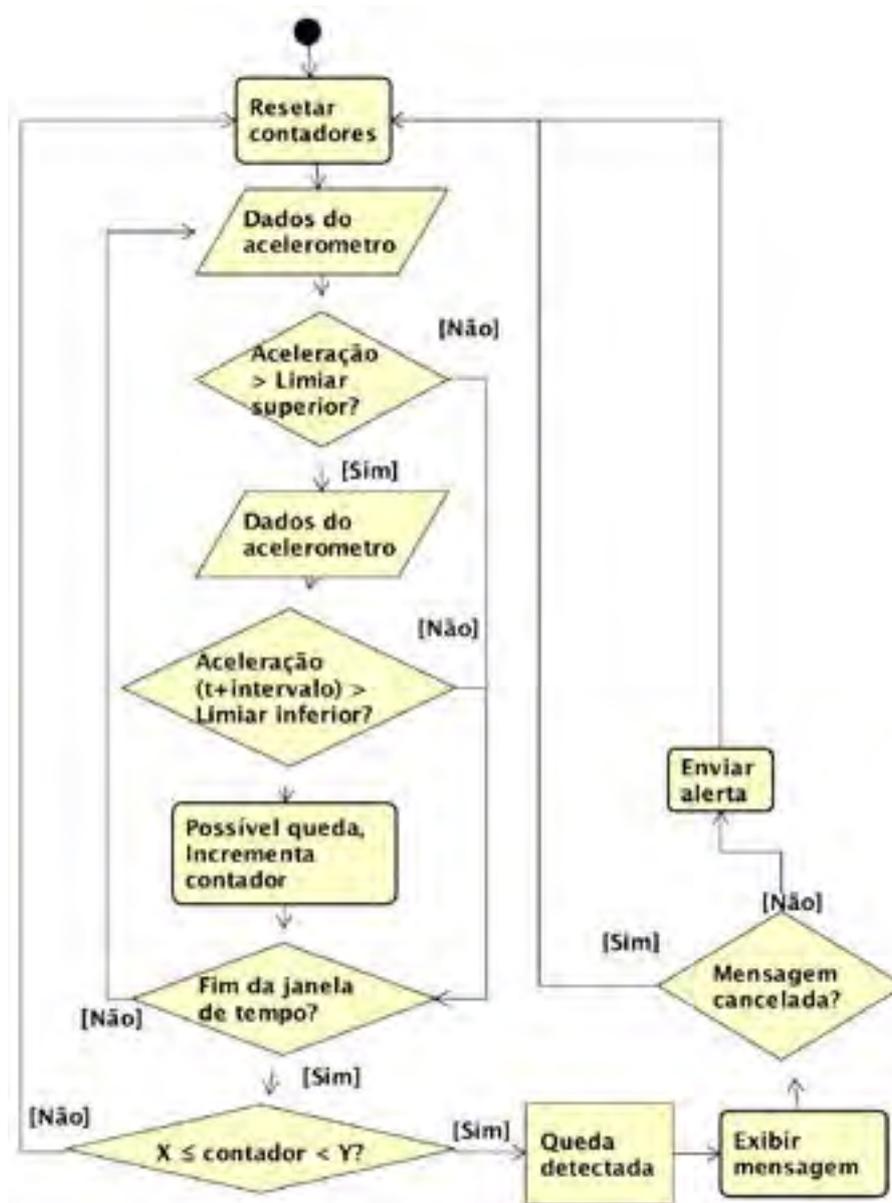


Figura 2: Algoritmo de detecção de quedas utilizado no *Home e-Care*

Conforme a Figura 3, uma vez que um padrão de queda for detectado, o serviço utilizará do gerador de notificações para exibir uma mensagem na tela do *smartwatch* com um *timer* em contagem regressiva, dando a possibilidade de o usuário cancelar o envio do alerta caso tenha sido um falso positivo, ou caso a pessoa julgar desnecessário um resgate. Caso a mensagem não seja cancelada depois de um determinado tempo, o relógio enviará uma mensagem de alerta para o *smartphone* utilizando a API de comunicação do sistema.

Uma vez que o alerta de queda for gerado, o algoritmo continuará recebendo valores do acelerômetro, com o intuito de verificar o comportamento da pessoa acidentada. Nessa etapa do processo é aplicado um limiar de aceleração independente da etapa anterior. Esse novo limiar será utilizado para determinar se a pessoa conseguiu ou não se recuperar da queda dentro de um curto período de tempo pré-determinado.

Caso a pessoa não se levante até o fim desse tempo, o *smartwatch* irá gerar uma nova notificação, que assim como na primeira etapa, pode ser cancelada pelo usuário caso ele consiga e julgue necessário. O processo é demonstrado graficamente pelo fluxograma da Figura 4.



Figura 3: Capturas de tela do *smartwatch*. (a) Notificação com *timer*.
(b) Opção de cancelar o alerta no *smartwatch*

Módulo *smartphone*

O módulo do *smartphone* possui a função de manter um registro dos alertas recebidos pelo *smartwatch* e de encaminhá-los para o módulo web, além de garantir que essas mensagens sejam entregues corretamente, efetivamente funcionando como uma ponte entre o *smartwatch* e o mundo exterior.

O *smartphone* fica ativo escutando o *smartwatch* pareado até receber algum alerta de que uma queda foi detectada. Quando tal evento ocorrer, o *smartphone* cria um registro em seu banco de dados interno e envia o alerta para o módulo web, através do protocolo HTTP via POST.

Caso o envio falhe por problemas na conexão, o algoritmo realiza novas tentativas até que o envio seja concluído. O processo para envio dos alertas de atendimento urgente segue exatamente os mesmos passos dos alertas comuns.



Figura 4: Análise de comportamento pós queda. Para verificar se a pessoa permanece no chão.
Módulo web

O módulo web tem como principais funções receber todas as mensagens geradas pelos *smartphones* dos idosos, criar um registro dessas ocorrências e encaminhar os alertas para os respectivos contatos de emergência de cada idoso, usando os diversos meios de comunicação cadastrados no banco de dados desse módulo.

O módulo web escuta continuamente por alertas enviados pelos *smartphones* cadastrados no sistema. As mensagens são recebidas utilizando o protocolo HTTP, com métodos POST. Ao receber um alerta, esse módulo salva o evento em seu banco de dados para referências futuras e automaticamente notifica os contatos de emergência, enviando mensagens pelos meios de comunicação cadastrados, como e-mail, Twitter, SMS, Skype em texto ou voz, entre outros. Nesta implementação de referência está disponível a notificação via Twitter, conforme ilustrado pela Figura 5.



Figura 5: Exemplo de alerta recebido via Twitter emitido pelo *Home e-Care*

Os contatos de emergência, ao receberem a mensagem do módulo web ficarão cientes que a pessoa monitorada sofreu um acidente e poderão escolher a melhor forma de abordar o evento, seja ligando para a pessoa, ou chamando uma ambulância para resgatá-la.

Resultados e Discussão

Todos os experimentos foram realizados com o *smartwatch* Motorola Moto 360, rodando a versão 5.1 do *Android Wear* pareado com um *smartphone* Motorola Moto Maxx XT1225, rodando a versão 5.0.2 do Android. O relógio estava fixado no braço esquerdo durante todos os testes. Os parâmetros do algoritmo de detecção de quedas, descritos na Seção de métodos, foram configurados conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de configuração do algoritmo de detecção de quedas.

Campo de configuração	Valor utilizado	Unidade de medida
Limiar superior	18	m/s ²
Limiar inferior	7	m/s ²
Limite inferior do contador	1	Número de ocorrências
Limite superior do contador	10	Número de ocorrências
Janela de tempo de detecção	6	Segundo
Intervalo de tempo entre contagens	150	Milissegundos

Para verificar a eficiência e confiabilidade do algoritmo de detecção de quedas utilizado pelo módulo do *smartwatch*, foram realizados um total de 240 testes, sendo que 140 correspondem a ADLs e 100 correspondem a quedas simuladas.

As ADLs foram divididas em: andar, correr, subir escadas, descer escadas, sentar, levantar e acenar. Enquanto os testes de queda foram divididos em: queda frontal, queda de costas, queda lateral

com impacto no lado esquerdo do corpo, queda lateral com impacto no lado direito do corpo e queda de joelhos. Cada categoria de teste foi repetida 20 vezes.

Durante a execução de cada caso de teste, foi observado se o algoritmo conseguiria categorizar corretamente a atividade que estava sendo executada, ou seja, se um alerta era gerado ou não durante as ADLs e as quedas simuladas. Os resultados foram anotados em duas tabelas, uma para os testes com ADLs e outra para os testes de quedas.

Após realizar a coleta de dados, foi montada a matriz de confusão apresentada na Tabela 2. Além disso, cada caso de teste teve sua taxa de acertos calculadas conforme ilustrado nos gráficos presentes nas Figuras 7 e 8. Com esses dados, tornou-se possível analisar a eficiência do *Home e-Care*.

Tabela 2: Matriz de confusão dos experimentos realizados.

Matriz de confusão	Queda (Real)	Não-Queda (Real)	Total classificado
Queda (Classificado)	75	15	90
Não-Queda (Classificado)	25	125	150
Total real	100	140	240
Sensibilidade		75%	
Especificidade		89,29%	
Precisão		83,33%	
Acurácia		83,33%	

Foi possível detectar corretamente três a cada quatro quedas testadas, caracterizando uma sensibilidade de 75%. Dentre as 90 quedas detectadas pelo *Home e-Care*, 75 foram quedas verdadeiras, enquanto 15 foram falsos positivos, caracterizando uma precisão de 83,33%.

Entre as 140 ADLs testadas, 125 foram corretamente classificadas como tal, resultando em uma especificidade de 89,29%. De um total de 240 casos de teste realizados, 200 foram corretamente categorizados, ou seja, a acurácia do *Home e-Care* foi de 83,33%.

Diante das métricas obtidas é possível concluir que o *Home e-Care* obteve resultados promissores na detecção de quedas de seus usuários. Conforme as estatísticas por grupo de ADL, apresentada na Figura 6, dentre os 7 tipos de ADL, o *Home e-Care* classificou com 100% de acurácia 3 tipos, ou seja, nos testes em que o usuário precisou andar, subir escadas e descer escadas, não houve nenhum falso positivo. Essa eficiência se deve ao fato da magnitude de aceleração não alcançar o limiar superior utilizado pelo algoritmo de detecção de quedas.

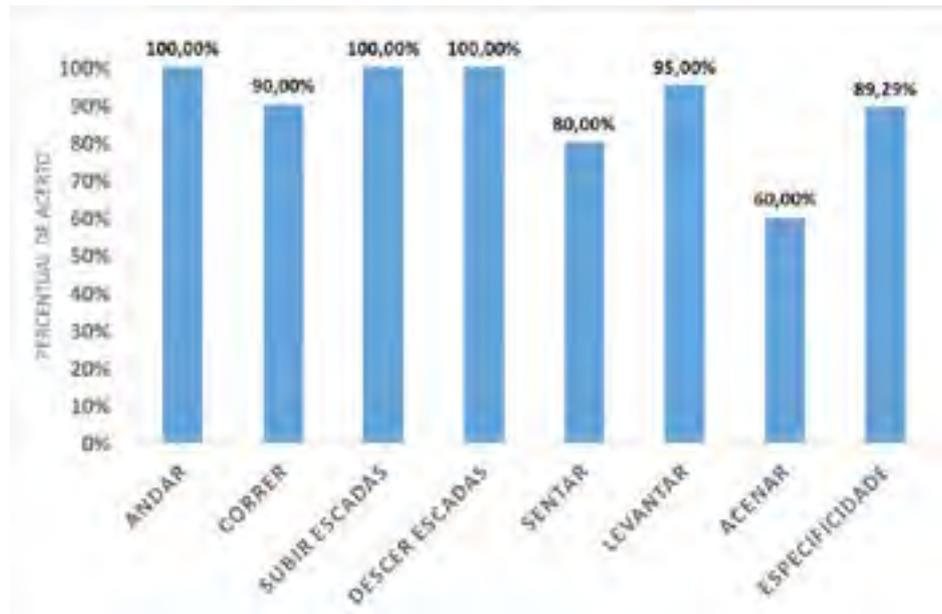


Figura 6: Resultado dos testes de ADL

Ao testar o *Home e-Care* em situações onde o usuário estava correndo, obteve-se uma acurácia de 90%. Os casos que geraram falsos positivos ocorreram quando a corrida teve uma duração inferior à janela de tempo de 6 segundos utilizada como parâmetro do algoritmo de detecção de quedas.

Os testes caracterizados como sentar em uma cadeira resultaram em uma acurácia de 80%, sendo que os falsos positivos somente foram gerados em alguns casos em que o usuário sentou subitamente na cadeira, o que gerou um padrão de aceleração similar ao de uma queda.

Os testes em que o usuário precisou levantar-se da cadeira resultaram em uma acurácia de 95%, sendo que o único caso que gerou um falso positivo ocorreu quando o ato de se levantar foi súbito e similar a um pulo para fora da cadeira.

O *Home e-Care* teve seu pior resultado nos testes em que o usuário acenou com o braço onde o *smartwatch* estava fixado, classificando corretamente apenas 60% dessa ADL, pois nesses testes a magnitude de aceleração alcançou valores similares aos observados em uma queda real devido à rápida movimentação do pulso.

Com base nas informações sobre acerto nas categorias de quedas, apresentadas na Figura 7, é possível verificar que o *Home e-Care* conseguiu melhores resultados de classificação nas quedas frontais e de costas, obtendo uma taxa de acerto de 90% em ambos os tipos de queda.

Os testes com quedas laterais também apresentaram acurácia satisfatória, onde 70% das quedas com impacto no lado direito e 85% das quedas com impacto no esquerdo do usuário foram corretamente classificadas. Também pode-se observar que o *Home e-Care* teve um desempenho maior na detecção das quedas com o impacto no lado esquerdo, onde o *smartwatch* estava localizado.

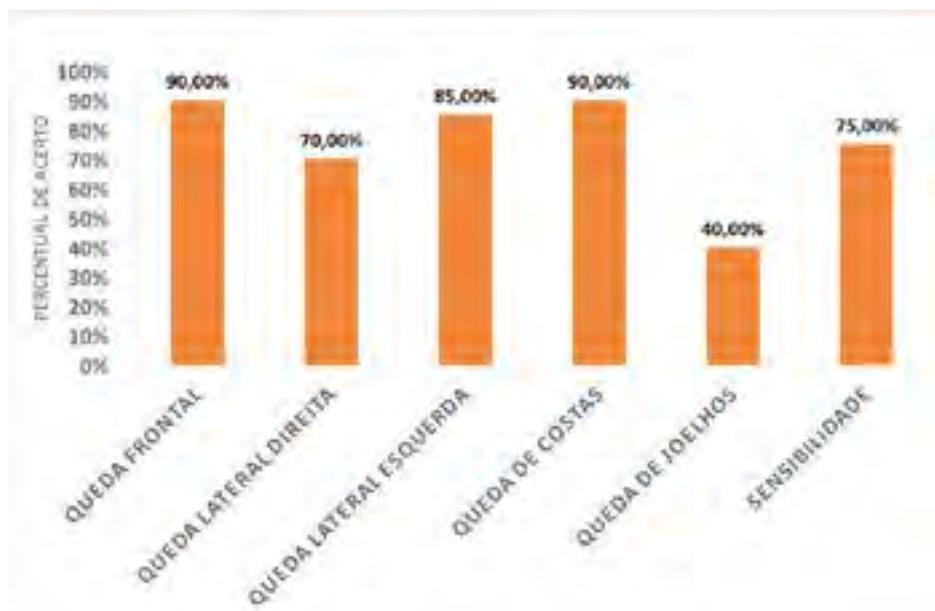


Figura 7: Resultado dos testes de queda

Por fim, observou-se que o *Home e-Care* teve o seu pior resultado nos testes onde o usuário caía de joelhos, classificando corretamente apenas 40% dessas quedas. Tal resultado se deve ao fato desse tipo de queda ser mais suave e pela distância entre o *smartwatch* e o ponto de impacto. Neste caso, é comum que a vibração causada pelo impacto não gere uma magnitude de aceleração suficientemente alta para alcançar o limiar superior de aceleração.

Conclusão

Este trabalho apresentou uma solução para o problema de acidentes de queda em pessoas da terceira idade, através do desenvolvimento de um PERS automatizado denominado *Home e-Care*.

Após a realização de testes com o *Home e-Care*, verificou-se que esse PERS obteve resultados promissores na detecção de quedas e notificação automatizada. Vale ressaltar que com a criação do módulo *web* do *Home e-Care*, é possível trabalhar com notificações de uma forma genérica, pois esse módulo funciona como uma central, podendo receber alertas gerados por outros dispositivos de monitoramento além do detector de quedas do módulo do *smartwatch*. Ou seja, efetivamente é possível expandir o *Home e-Care* para monitorar e notificar outras situações de risco.

Portanto, conclui-se que o objetivo desse trabalho foi alcançado, pois o TBA utilizado pelo *Home e-Care* foi testado e validado, e os alertas foram corretamente encaminhados quando eventos de queda foram detectados. Entretanto torna-se necessário um estudo mais aprofundado de outras técnicas além do TBA, de forma a melhorar a acurácia do PERS e torná-lo mais confiável.

Como trabalhos futuros, aponta-se utilizar a técnica de fusão de sensores, ou seja, agregar os outros sensores presentes no *smartwatch* em conjunto com o acelerômetro, para melhorar a sua eficiência, e enviar a localização do GPS após a detecção da queda. Ainda é desejável que seja realizado estes do *Home e-Care* em ADLs com usuários idosos, de forma a obter resultados mais próximos da realidade do seu público alvo, dentro evidentemente de todos os parâmetros de segurança. Pretende-se ajustar os limiares de acordo com o perfil do usuário que utiliza o *Home e-Care* e analisar outros fatores que influenciam na detecção da queda, como a idade, peso e altura do usuário. E finalmente, temos interesse em fazer análises usando outros classificadores, como o *cost-Sensitive Support Vector Machine* com a finalidade de melhorar a taxa de sensibilidade da aplicação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e a FAPEMA, pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] World Health Organization. WHO: Number of people over 60 years set to double by 2050; major societal changes required. [Online].; 2015 [cited 2016 Janeiro 05. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/older-persons-day/en/> .
- [2] World Health Organization. World report on Ageing and Health. Estático. Geneva: World Health Organization, WHO; 2015. Report No.: ISBN 9789240694811.
- [3] World Health Organization. WHO global report on falls prevention in older age. Estático. Geneva: World Health Organization, Ageing, and Life Course Unit; 2007. Report No.: 9789241563536.
- [4] Edlich RF, Redd JL, Zura RD, Tanner AE, Walk EE, Wu MM. Personal emergency response systems. *Journal of Burn Care & Research*. 1992 agosto; p. 453-459.
- [5] eMarketer. eMarketer. [Online].; 2014 [cited 2016 janeiro 05. Available from: <http://www.webcitation.org/6iBlGIFiK> .
- [6] Kazi SB, Sikander S, Yousafzai S, Mazhar S. Fall Detection Using Single Tri-Axial Accelerometer. In ASEE 2014 Zone I Conference; 2014; Bridgeport. p. 4.
- [7] Panagiotis K, Nunes T, Salvi K, Deriaz M, Torrent J. Increased Fall Detection Accuracy in an Accelerometer-Based Algorithm Considering Residual Movement. In 4th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods; 2015; Lisbon. p. 7.
- [8] Luque R, Casilari E, Morón MJ, Redondo G. Comparison and characterization of android-based fall detection systems. *Sensors*. 2014 novembro; 14(10): p. 18543-18574.
- [9] da Silva Silva C, Sarinho VT. OpenSerum--Um Sistema Aberto de Monitoramento de Soro Hospitalar. *Journal of Health Informatics*. 2016 abril; 8(2).
- [10] Chaitanya Kulkarni D. Design and Development of a Smartphone-based Fall Detection and Alerts Generation System [Masters]. NC State University; 2011.
- [11] Hall M, Frank E, Holmes G, Pfahringer B, Reutemann P, Witten I. The WEKA data mining software. *SIGKDD Explor Newsl*. 2009;11(1):10.
- [12] Foti D, Kanazawa L. Activities of daily living. *Pedretti's Occupational Therapy: Practice Skills for Physical Dysfunction*. 2008; 6(7): p. 146-194.
- [13] Kircher K. Kircher Electronics. [Online].; 2014 [cited 2016 fevereiro 20. Available from: <http://www.webcitation.org/6iBosBQXi> .
- [14] Android. Motion Sensors. [Online].; 2016 [cited 2016 fevereiro 22. Available from: <http://www.webcitation.org/6iBpM4TRf> .
- [15] Panagiotis K, Nunes T, Salvi K, Deriaz M, Torrent J. F2D: A fall detection system tested with real data from daily life of elderly people. In IEEE HEALTHCOM 2015, 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services; 2015; Boston: IEEE. p. 7.

Contato

Maurício César Pinto Pessoa
Programa de Pós-Graduação em Ciência
da Computação – Universidade Federal do
Maranhão (UFMA)
mauricio.ufma@gmail.com

