

Artigo

Desenvolvimento de um Sistema para o Monitoramento de Acidentes Domésticos de Idosos utilizando Visão Computacional

Ziza, L.N.^{1,*}, and Ximenes, T.S.S.^{1,*}

¹ Faculdade de Tecnologia da Unicamp; l220863@dac.unicamp.br e talia@unicamp.br

* Correspondence: l220863@dac.unicamp.br, talia@unicamp.br

Received: 10/03/2022; Accepted: 20/05/2022; Published: 27/07/2022

Resumo: Atualmente, o maior problema enfrentado pelos idosos que vivem sozinhos ou em casas de repouso é o risco de queda. Este risco está associado ao envelhecimento e suas consequências, como a diminuição da capacidade funcional. A pesquisa consiste no desenvolvimento de um sistema autônomo para monitorar a presença de acidentes domésticos em uma residência, através de técnicas de visão computacional, sensores e um microcontrolador. São utilizados sensores de temperatura e de gás para detecção de vazamento de gás e/ou incêndio e um acelerômetro para verificação de queda. O microcontrolador é responsável por receber as leituras dos sensores e informar a outro dispositivo, por meio de um módulo *Bluetooth*, o momento da queda e/ou incêndio. Este segundo equipamento possui uma câmera que realiza a confirmação do acidente e envia as imagens para o responsável ou familiares, por meio de um servidor web. Foram realizados testes de incêndio com os sensores de gás e de temperatura e 30 testes para detecção de queda e de falsa queda com a utilização do acelerômetro e técnicas de visão computacional. Os resultados obtidos tiveram uma precisão de 93,34% para as detecções das quedas verdadeiras e de 100% para as falsas quedas. Desta forma, a pesquisa pretende diminuir o tempo entre o momento exato do acidente até a realização do atendimento médico, com o intuito de reduzir as sequelas geradas pelo incidente e garantir mais segurança aos familiares.

Palavras-chave: Monitoramento; visão computacional; microcontrolador; segurança.

Abstract: Actually, the biggest problem encountered by the elderly people who live alone or in nursing homes is the risk of falls. This risk is associated with aging and its consequences, such as decreased functional capability. The research consists in the development of an autonomous system to monitoring the presence of domestic accidents in a residence, through computer vision techniques, sensors and a microcontroller. Temperature and gas sensors are used to detect gas leaks and/or fire and an accelerometer detect falls. The microcontroller is responsible for receive data from sensors and informing another device, via a Bluetooth module, of the moment of the fall and/or fire. This second equipment has a camera that confirms the accident and sends the images to the person responsible or family members, through a web server. Fire tests were carried out with the gas and temperature sensors and 30 tests for fall and false fall detection using the accelerometer and computer vision techniques. The results obtained had an accuracy of 93.34% for the detection of true falls and 100% for false falls. In this way, it is intended to reduce the time between the exact moment of the accident and medical care services, in order to reduce the consequences generated by the incident and ensure more safety for family members.

Keywords: Monitoring; computer vision; microcontroller; safety.

1. Introdução

O envelhecimento traz mudanças complexas, que estão associadas ao acúmulo gradual de danos moleculares e celulares. Com o tempo, as reservas fisiológicas começam a se esgotar, o risco de contrair doenças aumenta e a capacidade funcional do indivíduo diminui Who^a (2015). Na medida em que a idade avança, a frequência de acidentes

fatais causados por quedas, aumentam exponencialmente. Este problema é alarmante para os idosos, principalmente para aqueles acima de 80 anos Who^b (2007), como mostra a Figura 1.

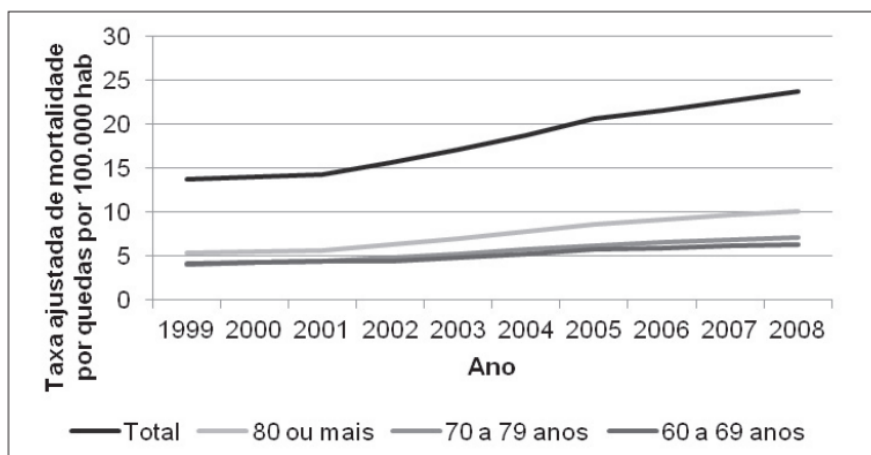


Figura 1. Taxa de mortalidade por quedas no Brasil.

Fonte: Antes, Schneider, d’Orsi (2015)

Em geral, os idosos preferem viver sozinhos e sem qualquer tipo de observação. Todavia, os ambientes residenciais podem apresentar perigos para pessoas com mobilidade reduzida, deficiências sensoriais ou com doenças neurodegenerativas. Os riscos enfrentados pela independência deste grupo de pessoas podem ser categorizados como inatividade devido à inconsciência, riscos relacionados ao ambiente e lesões domésticas Demir et al. (2008).

Os cuidadores oferecem uma opção às pessoas que necessitam de monitoramento constante, porém podem não ser a solução perfeita. O número de indivíduos que precisam desses cuidados aumenta a cada ano, enquanto o número de profissionais dispostos a realizar os cuidados diminui. Esta situação se encaminha para um cenário onde há mais pessoas necessitando do que provendo cuidados Rocker (2013).

Segundo o relatório sobre idade e saúde da Organização Mundial de Saúde Who^a (2015), os cuidados com sistemas de saúde, ambientes adaptados e cuidados a longo prazo são frequentemente retratados como um custo. Entretanto, há diversos benefícios e retornos ao melhorar a qualidade de vida dos idosos, como por exemplo, a contribuição social e cultural realizada por este grupo etário.

Nos últimos anos a população mundial tem envelhecido e o número de idosos aumentou. Então, surgiu a motivação de desenvolver tecnologias de monitoramento, detecção e/ou prevenção de acidentes, voltadas para indivíduos com mais de 60 anos. Destas tecnologias, a visão computacional é a que mais tem se destacado, pois permite a execução do monitoramento de forma automática e com alta precisão, sem a necessidade de supervisão humana Mubashir (2013).

2. Materiais e Métodos

As pesquisas foram realizadas em páginas eletrônicas, livros disponíveis nas plataformas virtuais (Springer, Pearson e Minha Biblioteca), em artigos científicos nas bases de dados nacionais e internacionais (Science Direct, Scielo, Google Acadêmico, IEEE e IJCE) e em documentações fornecidas pelos fabricantes e distribuidores dos componentes eletrônicos presentes no projeto. As palavras-chave utilizadas no processo de busca foram “Monitoring”, “Arduino”, “Sensors”, “Computer Vision”, “Elderly” e “Health care”, priorizando publicações de anos mais recentes.

Os materiais a serem utilizados para o monitoramento dos idosos estão listados na Tabela 1, em conjunto com suas especificações técnicas. Todos os componentes, exceto o dispositivo com câmera, fazem parte de um dispositivo vestível, a ser posicionado na cintura do usuário. Enquanto a câmera deve ser colocada nos locais mais frequentados com mais riscos de acidentes e sem tirar a privacidade do idoso, ou seja, a cozinha seria um local mais propício para a instalação da câmera.

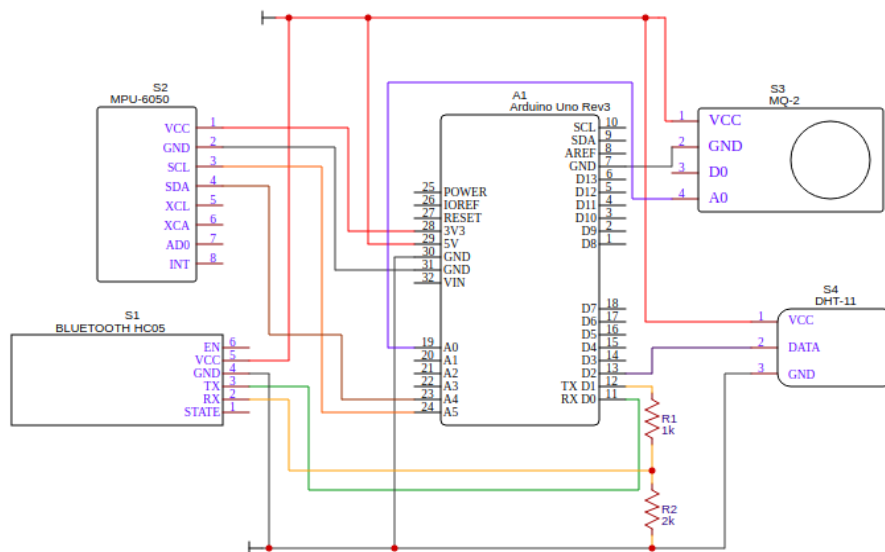
Tabela 1. Materiais necessários para o correto funcionamento da pesquisa.

Componente	Modelo	Fabricante
Placa microcontroladora	Arduino UNO Rev 3 SMD	Arduino
Módulo <i>Bluetooth</i>	HC-05	Tenco Electronics
Acelerômetro	MPU-6050	InvenSense
Sensor de gás	MQ-2	Seed
Sensor de temperatura	DHT-11	Adafruit
Alimentação	Pilha de 9V	-
Resistores	Resistor axial de 1kΩ e 2kΩ	-
Cabos	Jumper	-
Protoboard	Mini	-
Shield	Protoshield Arduino UNO	-

A construção do sistema pode ser dividida em seis partes principais: o esquema elétrico do microcontrolador, a programação dos sensores, a comunicação entre os dispositivos via *Bluetooth*, o gerenciamento no banco de dados, a execução de análises computacionais e a disponibilização dos resultados em um servidor web.

2.1. Esquema elétrico do microcontrolador

Na prototipagem, os sensores e componentes elétricos selecionados para o projeto são organizados de acordo com as recomendações dos fabricantes sobre tensão e amperagem de operação, presentes na ficha técnica (*datasheet*) dos materiais. A Figura 2 mostra o diagrama com as conexões dos sensores no Arduino desenvolvido através do software Easy EDA®.



A programação dos sensores foi realizada por meio do ambiente de desenvolvimento Arduino IDE em linguagem C++, com o auxílio das bibliotecas presentes na Tabela 2. Estas bibliotecas facilitam a implementação e manutenção de algumas funcionalidades dos sensores e do próprio microcontrolador. A taxa de transmissão máxima das informações coletadas pelos sensores foi definida como 9600 bits por segundo. Contudo, para diminuir o custo computacional os dados são atualizados a cada segundo.

Tabela 2. Bibliotecas utilizadas para a programação dos sensores.

Biblioteca	Autor	Descrição da biblioteca
Wire.h	Arduino	Habilita a comunicação I2C entre o sensor e o Arduino
MPU6050_light.h	Rfetic	Permite uma comunicação simples e rápida com o MPU6050
DHT.h	Adafruit	Gerencia a comunicação do Arduino com o DHT-11

2.3. Comunicação via Bluetooth

A comunicação serial consiste na transferência de dados sequencialmente, um bit de cada vez. Esta comunicação só é possível com a ajuda de protocolos de comunicação, que comanda o canal de comunicação. Nos microcontroladores o protocolo UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) é o mais usual e permite o envio e recebimento dos dados de forma assíncrona. A comunicação via *Bluetooth* utiliza o protocolo UART como uma interface para a conexão *Wireless* dos dois dispositivos propostos pela pesquisa.

2.4. Banco de dados

O dispositivo com câmera após receber os dados do Arduino pela comunicação via *Bluetooth* necessita de um serviço de banco de dados para realizar o armazenamento. O RRDTTool é uma ferramenta de banco de dados circular, ou seja, possui um tamanho fixo, que permite ser executado em eletrônicos com baixa capacidade de armazenamento. O tamanho fixo só é possível devido a um sistema de fila, que prioriza os dados mais recentes e elimina os mais antigos.

2.5. Análises computacionais

A linguagem de programação Python com o auxílio das bibliotecas apresentadas na Tabela 3, permite a criação de algoritmos de visão computacional, análises gráficas para a confirmação de acidentes domésticos e a criação/atualização de um serviço web em tempo real.

Tabela 3. Bibliotecas utilizadas para a programação do dispositivo com câmera.

Biblioteca	Descrição da biblioteca
Os	Permite acessar funcionalidades que dependem do sistema operacional
Time	Permite controlar funções relacionadas ao tempo
Math	Permite utilizar funções matemáticas, como por exemplo, raiz e logaritmo
Threading	Permite acessar outras linhas de processamento para que diferentes funções sejam executadas paralelamente
RRDTTool	Cria banco de dados circulares, ou seja, com tamanho fixo sempre mantendo mais recentes
Pyserial	Permite acessar as funcionalidades da comunicação serial
Numpy	Usada para o cálculo de <i>Arrays</i> , na qual são amplamente utilizados em modelos de <i>Machine Learning</i> , processamento de imagens e computação gráfica
OpenCV	Biblioteca de visão computacional, processamento de imagem e <i>Machine Learning</i> existente para Python. Neste trabalho, utilizada para visualização de imagens
CentroidTracker	Utilizada para encontrar o ponto central dos objetos detectados. Além disso, cria diferentes identificações para estes objetos
Dataframe	Desenvolvida para este projeto com o objetivo de salvar os dados dos sensores no momento do acidente em um arquivo do formato .csv
Multiprocessing	Permite acessar diferentes núcleos de processamento do computador. É utilizada para dar mais fluidez à execução do sistema
Statistics	Contém funções para análise de dados, como mediana e desvio padrão
Colletions	Contém alternativas para tipos de dados construídos em contêineres como listas e dicionários

2.5.1. Extração do momento da queda

Para preservar a imagem dos idosos e diminuir o custo computacional, apenas o momento da queda é analisado. Assim que o monitoramento se inicia, a câmera inicia um sistema de fila para imagens que estão sendo capturadas, sempre mantendo as mais recentes. Quando o acelerômetro indica uma alteração, a câmera deixa de excluir as imagens e passa a gravar outras imagens na memória. Logo em seguida, é criado um vídeo com as imagens de antes e depois do acidente. As técnicas de visão computacional são aplicadas em cima das imagens deste vídeo extraído.

2.5.2. Visão computacional

Duas técnicas de visão computacional foram testadas para a confirmação de quedas com a biblioteca OpenCV. A primeira utiliza um modelo chamado Mobilenet SSD para a detecção de pessoas e posteriormente faz uma análise com a velocidade corporal do indivíduo. Já a segunda utiliza um modelo de subtração de fundo *Count* (CNT) para efetuar a identificação de quedas.

2.5.2.1. Mobilenet SSD

Mobilenet SSD é um modelo de redes neurais pré-treinado para a detecção de diferentes classes no *framework Caffe*. Neste trabalho, o modelo será utilizado apenas para a identificação da classe pessoa. Posteriormente, será feita a distinção de diferentes pessoas e uma análise da velocidade corporal de cada pessoa. A velocidade corporal pode ser estimada através da comparação do quadro atual do vídeo com o quadro anterior, em um ponto de referência.

2.5.2.2. Método de subtração de fundo CNT

Os métodos de subtração de fundo em um vídeo fazem a comparação do quadro atual com uma imagem de fundo, chamada de máscara. A atualização desta máscara pode ser feita de diferentes maneiras, no algoritmo de subtração CNT contadores registram o número de quadros que o pixel permanece igual. Quando o valor do contador chega ao limite pré-estabelecido, o pixel referente a ele passa a fazer parte da imagem de fundo. Os objetos detectados são inscritos em elipses e análises com os ângulos retornados pelas elipses que identificam as quedas.

2.6. Servidor web

Os vídeos e gráficos resultantes das análises computacionais são expostos em uma página HTML, organizados visualmente por uma estrutura CSS e atualizados em tempo real por um código em JavaScript.

2.7. Processamento do sistema

A Figura 3 mostra o fluxograma com o processamento do sistema que se inicia recebendo os valores dos sensores captados pelo Arduino a cada segundo, estes dados são preparados para as análises e a câmera é inicializada. Em seguida, o processamento do sistema se divide em duas linhas e passa a ser executado de forma paralela, na primeira linha os dados do acelerômetro são avaliados em conjunto com o funcionamento da câmera para a detecção de quedas.

Na segunda linha de processamento os valores dos sensores são armazenados em um banco de dados, que também realiza análises gráficas em tempo real. As variações de temperatura e a presença de fumaça anormais são identificadas pela ferramenta RRDTool através destas análises gráficas. Por último, na presença de acidentes as imagens ou gráficos são transmitidos ao servidor web, para notificar o familiar ou responsável. Na ausência de acidentes os processos são repetidos.

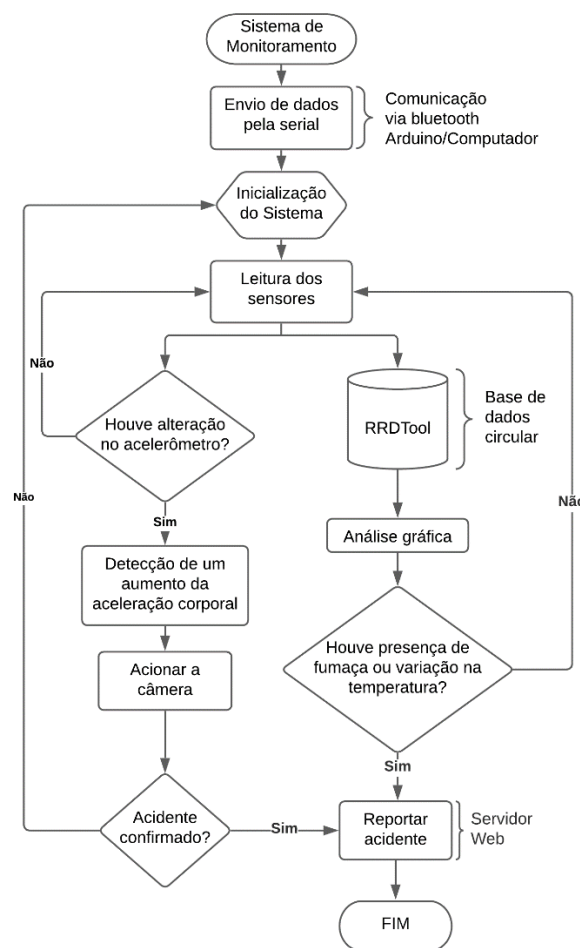


Figura 3. Fluxograma do sistema de monitoramento.

3. Resultados

Com os materiais previamente selecionados, foi desenvolvido um protótipo com o microcontrolador mostrado na Figura 4. Para manter o protótipo estável durante os testes, um prendedor de metal foi acoplado junto ao dispositivo, para que pudesse ser posicionado na região da cintura.

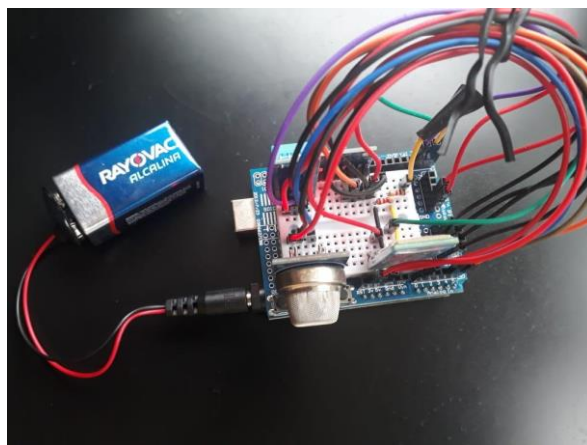


Figura 4. Protótipo desenvolvido na pesquisa.

Os dados sobre temperatura, gás e aceleração em relação à gravidade foram enviados para um dispositivo com câmera que realizou análises para a detecção de incêndios e/ou vazamento de gás e quedas. Para os incêndios foram

realizados testes para analisar a variação de temperatura em caso de um incêndio. A Figura 5 mostra os resultados obtidos em um dos testes de aquecimento do sensor.

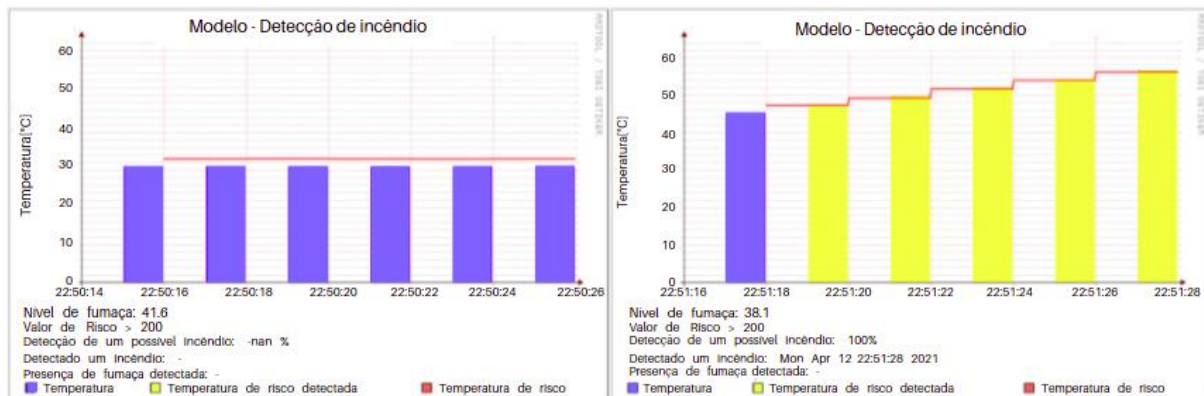


Figura 5. Gráficos sobre a variação de temperatura no sensor DHT-11.

As barras do gráfico indicam o valor da temperatura, sendo a cor azul para valores normais e a cor amarela para valores alterados. Enquanto a linha vermelha indica o máximo de variação permitida, seu valor é determinado pela última medição de temperatura mais dois graus, acima desse valor é considerada uma alteração. A detecção do incêndio só é realizada quando a alteração da temperatura permanece durante cinco medições. Nos testes foi considerado apenas fogo de classe A, ou seja, em materiais sólidos que deixam resíduos.

Outra forma de detectar o incêndio é avaliando a concentração de gases combustíveis e a fumaça presente no ambiente, o sensor MQ-2 também é sensível aos gases GLP podendo identificar vazamento de gás de cozinha. A Figura 6 mostra o resultado obtido após o sensor entrar em contato com a fumaça, sendo que a sensibilidade do sensor foi ajustada através de um potenciômetro presente no seu módulo.

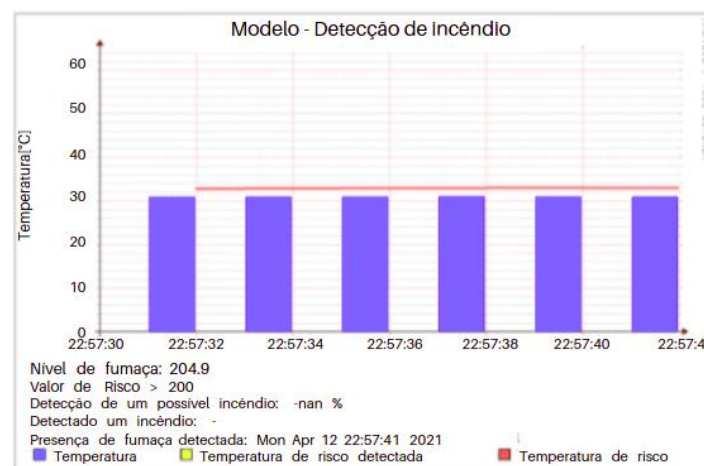


Figura 6. Gráfico sobre a concentração de gases no sensor MQ-2.

Os testes considerando a presença de fumaça também foram realizados em fogo de classe A e de acordo com o ajuste do potenciômetro do sensor foi definido um limiar entre os valores normais e de risco. O nível de fumaça representa a medição do sensor, enquanto o valor de risco mostra o valor do limiar pré determinado.

Na detecção de quedas, primeiramente, é feita uma análise com base na observação dos dados de aceleração corporal. Ao todo foram realizados 30 testes com simulações de quedas e situações que poderiam indicar uma falsa queda, como amarrar os sapatos, se abaixar para abrir um armário ou até sentar em uma cadeira rapidamente. Desta forma, é possível identificar padrões que indiquem quando há um acidente.

O sensor faz a medição da aceleração com relação à aceleração da gravidade em três eixos. Com isso, é necessário converter os três eixos para um único valor que representa a aceleração corporal. Esta conversão é feita pela Equação 1.

$$a = \sqrt{(acc_x)^2 + (acc_y)^2 + (acc_z)^2} \quad (1)$$

A Figura 7 mostra um gráfico com a distribuição, mediana e pontos fora da curva, obtidos do acelerômetro no momento dos testes. Foi considerado um limite de aceleração igual a 1,35 para o início de cada teste.

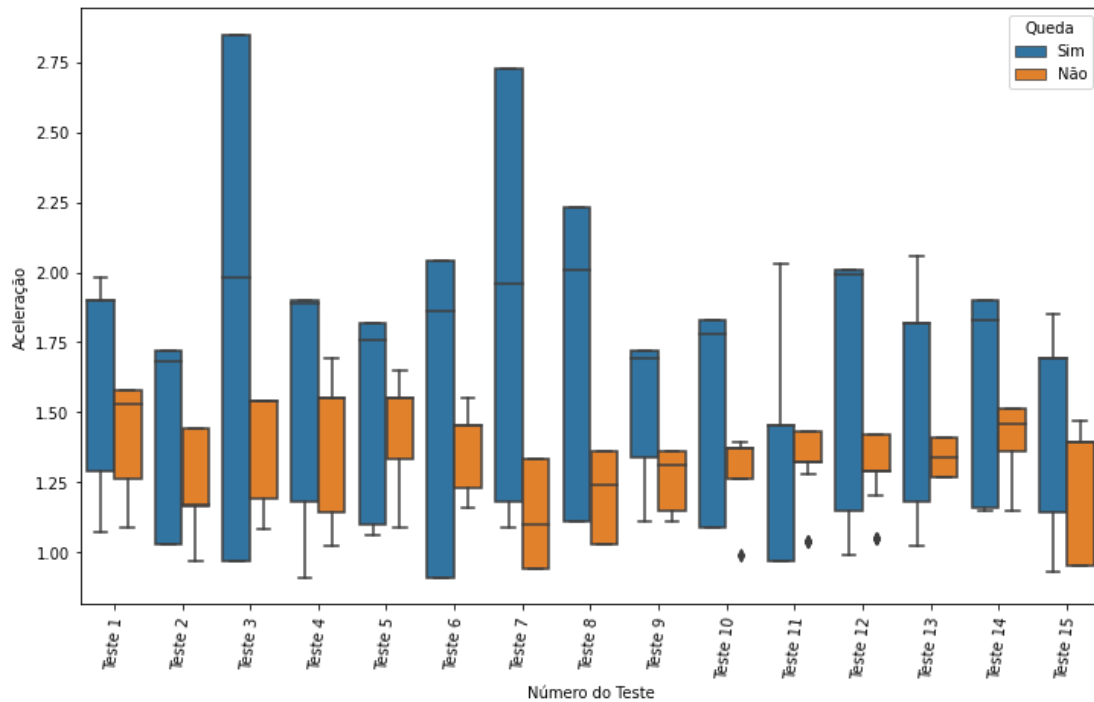


Figura 7. Gráfico a respeito dos dados do acelerômetro dos testes.

Foram avaliados 30 testes sendo 15 destes com presença e outros 15 com ausência de queda. As barras do gráfico indicam a distribuição das medições realizadas pelo acelerômetro durante os testes, enquanto a mediana é representada pela linha cinza presente dentro da barra. É possível notar que houve valores menos distribuídos na ausência de quedas e medianas muito inferiores aos testes que houve quedas.

Após a observação do acelerômetro, técnicas de visão computacional são aplicadas com o objetivo de efetuar uma confirmação da queda. Nesta etapa, a câmera extrai o instante da queda, identifica as pessoas, inscreve elipses e o ângulo retornado por estas elipses indicam se houve ou não a queda. A Figura 8, mostra a mediana, a distribuição e pontos fora da curva para cada quadro do vídeo e em cada teste, o ângulo retornado pelas elipses.

Sobre os mesmo 30 testes avaliados pelo acelerômetro também foi realizada uma análise com visão computacional. Com a análise da câmera o número de amostras por teste é referente ao número de pessoas que são detectadas no ambiente que está sendo avaliado. Desta forma, em alguns testes foram detectadas mais de uma pessoa. Entretanto, todos os testes foram realizados com apenas uma pessoa e os demais objetos detectados são conhecidos como fantasmas, ou seja, um erro de detecção que pode ser influenciado pela presença de espelhos ou baixa iluminação.

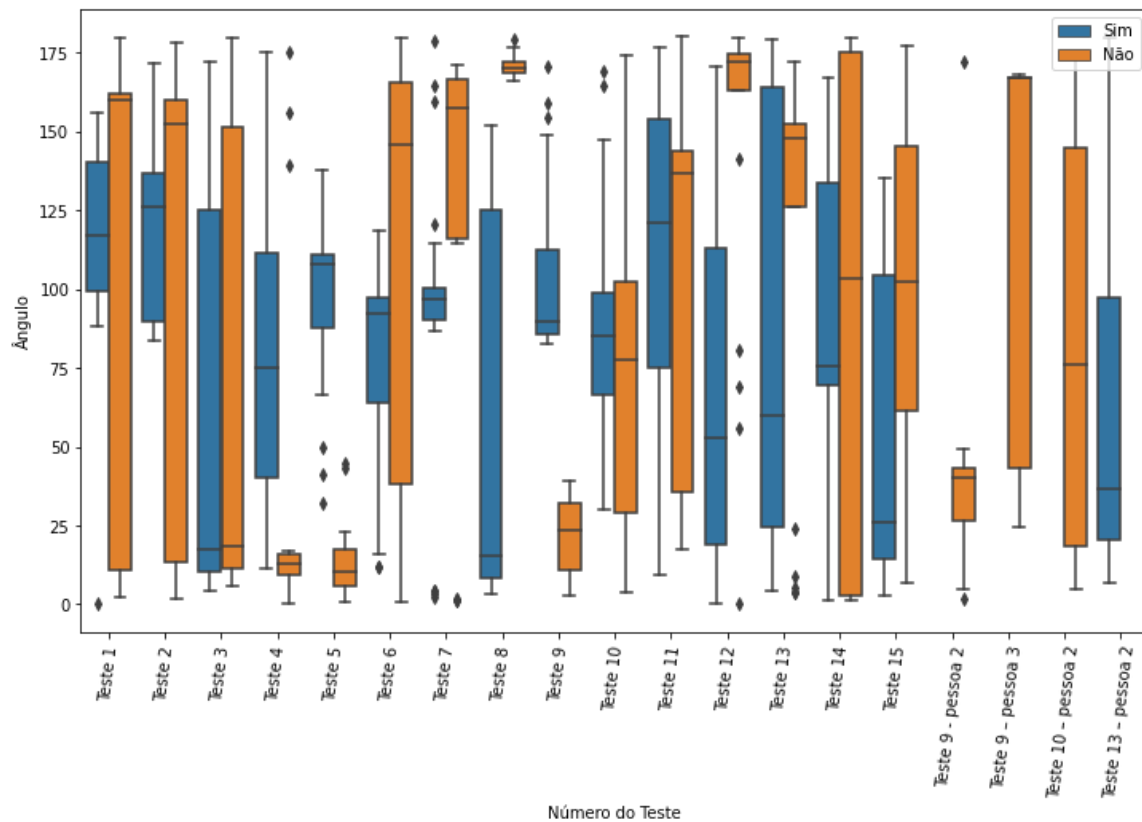


Figura 8. Gráfico com os dados obtidos no método de subtração de fundo CNT nos testes.

Por último, as análises são atualizadas segundos depois da ocorrência do possível acidente em uma página HTML. A Figura 9 mostra como as imagens são apresentadas para o responsável ou familiares no servidor web.

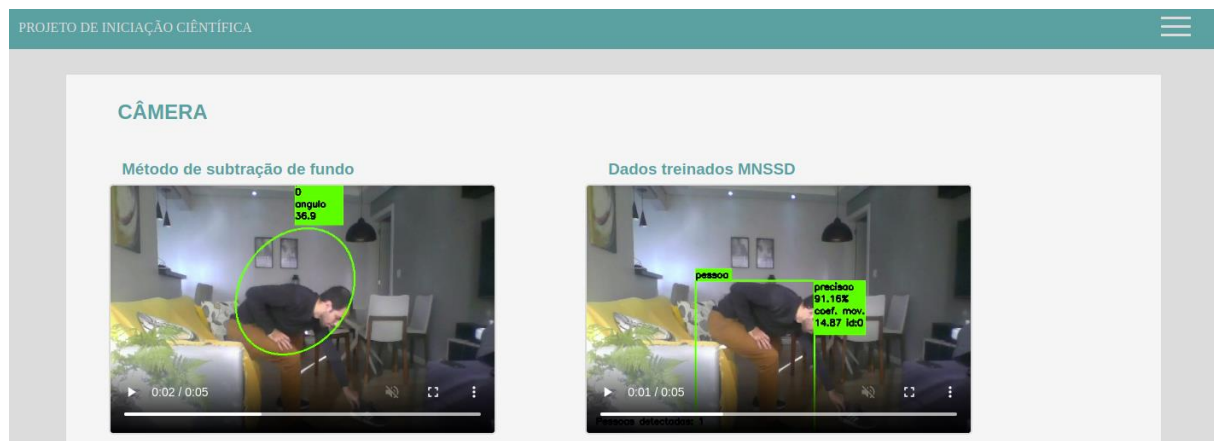


Figura 9. Apresentação dos resultados no servidor web.

Com base nas observações dos gráficos referentes aos testes, uma equação foi formulada para a identificação de quedas utilizando o método de subtração CNT. Esta equação leva em conta a mediana e desvio padrão da elipse inscrita na pessoa e é obtida pelo cálculo da Equação 2.

$$cnt = \sqrt{(Mediana - 90)^2 + (\sigma - 40)^2} \quad (2)$$

O modelo matemático foi aplicado nos 30 testes que envolveram a câmera. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4. Resultados obtidos com a visão computacional.

N do teste	Presença de queda	Resultado do modelo	Resultado normalizado	N do teste	Presença de queda	Resultado do modelo	Resultado normalizado
1	Sim	43,51	0,37	1	Não	89,49	0,94
2	Sim	21,78	0,09	2	Não	78,81	0,81
3	Sim	35,88	0,27	3	Não	86,33	0,90
4	Sim	14,28	0,00	4	Não	86,28	0,90
5	Sim	33,53	0,24	5	Não	83,60	0,87
6	Sim	18,79	0,06	6	Não	64,55	0,63
7	Sim	37,21	0,29	7	Não	83,22	0,86
8	Sim	35,31	0,26	8	Não	87,67	0,92
						67,23	0,66
9	Sim	36,43	0,28	9	Não	51,32	0,46
						83,75	0,87
10	Sim	25,39	0,14	10	Não	61,01	0,59
						25,86	0,15
11	Sim	17,08	0,04	11	Não	54,54	0,50
12	Sim	24,01	0,12	12	Não	84,24	0,88
13	Sim	34,80	0,26	13	Não	50,20	0,45
		17,64	0,04				
14	Sim	47,04	0,41	14	Não	94,11	1
15	Sim	14,25	0,00	15	Não	33,17	0,24

Nos testes em que houve detecção de fantasmas, o modelo foi aplicado para cada pessoa individualmente e classificado como queda caso houvesse alteração em algum dos objetos detectados. Após receber o resultado normalizado de todos os testes é mais fácil encontrar um limiar que faça a separação dos testes que tiveram e dos que não tiveram queda.

O melhor limiar encontrado para a detecção das quedas com o modelo matemático proposto foi de 0,43. A Figura 10 mostra a matriz de confusão para o problema de classificação das quedas.

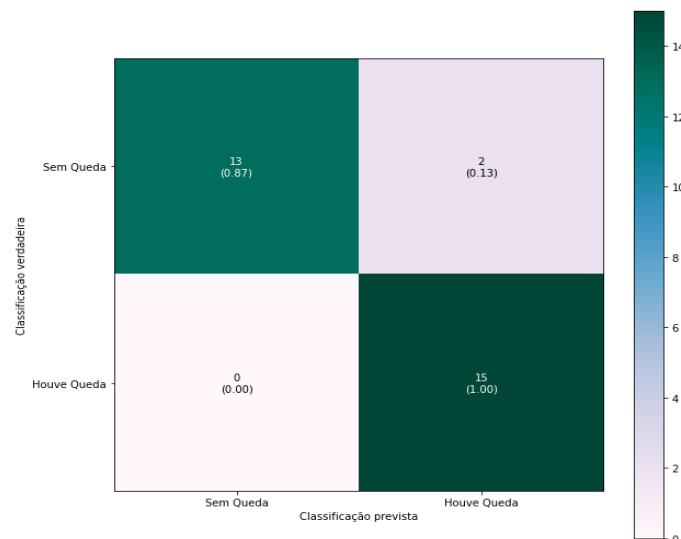


Figura 10. Matriz de confusão com os resultados obtidos nos testes.

A matriz de confusão mostra a relação entre as previsões feitas nos testes e a classificação verdadeira, dos 30 testes, 28 foram classificados corretamente. Os dois testes que foram classificados errados foram testes em que não houve queda, mas foram classificados como queda.

4. Discussão

Considerando as quedas, a pesquisa teve uma precisão de 93,34%, sendo 87% para casos de falso positivo e 100% para positivos verdadeiros. Entretanto, algumas situações que podem influenciar nos resultados como a presença de animais domésticos e situações onde o idoso deita-se intencionalmente não foram testadas. Contudo, em pesquisas futuras é planejado aplicar técnicas de segmentação de imagem e a realização de mais testes, com estas situações integradas para uma melhor validação do método.

Outro ponto importante na execução dos testes é o número de pessoas identificadas, todos os testes foram realizados com apenas uma pessoa, porém em alguns testes, mais de um objeto foi avaliado, isso pode ser observado através da Tabela 4 em que aparece mais de um resultado no mesmo teste. Contudo, o modelo implementado permite a distinção de objetos e as análises foram realizadas em cima de cada objeto, não havendo um erro de classificação devido a este problema.

O modelo de rede neural pré treinado Mobilenet SSD não produziu dados suficientes para que fosse possível a classificação de quedas, pois situações com baixas condições de iluminação e em que acidentes em um tempo muito curto fazem com que a precisão da rede neural seja muito pequena, o que impede o controle de velocidade corporal do indivíduo no momento do acidente.

Na detecção de incêndios por meio de testes experimentais, teve como resultado uma variação de temperatura superior a 2 graus a cada dois segundos, quando o sensor é colocado próximo ao fogo. Já na presença de fumaça os valores foram superiores a 200 para o ajuste feito no potenciômetro do sensor.

5. Conclusões

O monitoramento de idosos através de câmeras mostrou uma saída eficaz para a classificação de quedas com uma precisão de 93,34% e totalmente eficaz para as situações de não ocorrência de queda, como por exemplo, quando um pessoa senta em uma cadeira rapidamente. Esse sistema possui um custo médio de 1500 reais se implementado utilizando uma placa Raspberry Pi 3 A+ em 3 ambientes. Além disso, não necessita de serviços como centrais de atendimento para intermediar o contato entre o idoso e o responsável, portanto não teria custo de manutenção apenas de instalação. A precisão da visão computacional ainda pode ser aprimorada com algoritmos de aprendizado de máquina, porém devido a falta de grandes bancos de dados relacionados ao tema, estes algoritmos não foram aplicados. Com o aumento do número de testes e modelos de aprendizado de máquina é possível tornar o monitoramento com câmeras altamente aplicáveis a esta problemática enfrentada pelos idosos.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Agradecimentos: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. World Health Organization (WHO^a). World report on ageing and health. WHO Press: Luxembourg, 2015; 246 p.
2. World Health Organization (WHO^b). WHO global report on falls prevention in older age. WHO Press: Geneva, 2007; p. 47.
3. Antes, D.; Schneider, I.; d'Orsi, E. Mortalidade por queda em idosos: estudo de série temporal. Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia, 2015; v. 18, n. 4.
4. Demiris, G. et al. Senir residents' perceived need of and preferences for "smart home" sensor technologies. International Journal of Technology Assessment in Health Care, 2008; v. 24, pp.120-124.
5. Rocker, C. Intelligent environments as a promising solution for addressing current demographic changes. International Journal of Innovation, Management and Technology, 2013; v. 4, n. 1, pp. 76-79.
6. Mubashir, M.; Shao, L.; Seed, L. A survey on fall detection: Principles and approaches. Neurocomputing, 2013; v. 100, pp. 144-152.
7. Arduino. Arduino Uno Rev3 SMD, s.d. Disponível online: <https://store-usa.arduino.cc/collections/boards/products/arduino-uno-rev3-smd>. Acesso em: 4 de setembro de 2021.
8. Tecno Tech. HC-05, s.d. Disponível online: <https://www.tenco-tech.com/product/591/4842687.html>. Acesso em: 4 de setembro de 2021

9. Invensense. MPU-6050 Six-Axis (Gyro + Accelerometer) MEMS MotionTracking™ Devices, s.d. Disponível online: <https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>. Acesso em: 4 de setembro de 2021.
10. Seed. Grove – Gas Sensor (MQ2), s.d. Disponível online: https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Gas_Sensor-MQ2/. Acesso em: 4 de setembro de 2021.
11. Ada, L. DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors, 2012. Disponível online: <https://learn.adafruit.com/dht/downloads>. Acesso em: 4 de setembro de 2021.