

Monitor do Idoso Institucionalizado

Andr Stylianos Ramos
Universidade Tecnolgica
Federal do Paran

Av. Alberto Carazzai (43)3520-4000
Email: andre.stylianos@gmail.com

Renan Vicentin Fabro
Universidade Tecnolgica
Federal do Paran

Av. Alberto Carazzai (43)3520-4000
Email: renan.fabro@gmail.com

Lasa Cardoso de Castro
Universidade Tecnolgica
Federal do Paran

Av. Alberto Carazzai (43)3520-4000
Email: laisa.castro@hotmail.com

Resumo—Atualmente existe uma lacuna na utilizao de tecnologias mais modernas em reas da sade que no pertencem ao ambiente hospitalar e s prticas cirrgicas. relatado aqui um estudo feito na inteno de melhorar a velocidade e a preciso na prestao de servios de emergncia para idosos institucionalizados que sofrem quedas, as quais podem causar uma quantidade significativa de sequelas caso no sejam rapidamente tratadas.

I. INTRODUO

O envelhecimento populacional considerado um fenmeno mundial e algo que no passado era um privilgio de poucos. Ultimamente passou a ser uma experincia cada vez mais crescente entre pessoas de todo o mundo [1]. Segundo a Organizao Mundial da Sade (OMS), em 2025 existiro cerca de 1,2 bilhes de pessoas com mais de sessenta anos, e o grupo etrio com oitenta anos ser o que ter maior crescimento dentre os outros grupos.

Este aumento significativo da proporo de idosos na populao brasileira e mundial sucinta a discusso a respeito de eventos incapacitantes nessa faixa etria, entre os quais se destacam a ocorrncia de quedas.

Atualmente a tecnologia tem avanado muito, sendo estes avanos em sua maioria beneficiais populao em geral. Em contrapartida, em frente vasta quantidade de possveis aplicaes destas novas tecnologias, terminam por existir algumas reas de pesquisa onde a aplicao de novas tecnologias so pouco desenvolvidas.

Este trabalho se dedica ao estudo de um novo meio de monitoramento de idosos institucionalizados (aqueles que vivem ou esto instalados em um instituto, p.e. hospital ou casa de repouso), com foco no pronto atendimento em caso de quedas, que ocorrem com uma parcela significativa de idosos e tem grandes efeitos na qualidade de vida do idoso como descrito a seguir:

A queda teve grande impacto na vida do idoso no que se refere s atividades da vida diria. Provocou maior dependncia para a realizao de atividades como: deitar/ levantar-se, caminhar em superfcie plana, cortar unhas dos ps, tomar banho,2 caminhar fora de casa, cuidar das finanas, fazer compras, usar transporte coletivo e subir escadas. [2]

A ferramenta escolhida para o desenvolvimento deste projeto foi o aparelho *Kinect* da *Microsoft*, por ser capaz de identificar pessoas em uma rea limitada com certa preciso,

ao mesmo tempo possuindo boa performance e usabilidade, alm de ser mundialmente comercializado.

O *Kinect* um produto que foi desenvolvido tendo em vista o mercado de jogos, mas encontrou seu devido lugar em outros mercados. Atravs de cmeras, *software* e microfones, o corpo do usurio se torna um meio de interface com o *software* que est utilizando o *Kinect*. feito um reconhecimento que permite ao *Kinect* montar um esqueleto virtual para representar um corpo humano e detectar seus movimentos. Em seu campo de captura de vdeo, as cmeras conseguem acompanhar at seis pessoas e mapear esqueletos de at duas, mapeando at 20 articulaes por pessoa [3].

Desenvolveu-se para monitoramento de idosos institucionalizados um sistema que, atravs dessas funcionalidades, consegue detectar, analisar e tomar uma ao ao identificar uma queda. Ao monitorar ativamente os idosos de um modo automtico, pode-se supor que caso ocorra alguma queda o tempo de identificao a tratamento ser efetivamente menor.

Estudou-se outros tipos de produtos que tem como intuito uma maior velocidade no tratamento de quedas de idosos, mas todos encontrados dependem de participao ativa do idoso, que se torna invivel em certos casos quando ocorrem fraturas ou algo mais grave, ou da utilizao de aparelhos nada convencionais e que possivelmente impactariam negativamente na qualidade de vida do idoso devido ao desconforto (como p.e. [4]).

Figura 1. Representao de dois esqueletos capturado pelo *Kinect* [3]

Diante dessas informaes elaborou-se este trabalho com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos idosos institucionalizados, aplicando-se tecnologias e tcnicas mais novas e eficientes do que as utilizadas atualmente.

O objetivo final desenvolver um sistema que, utilizando um aparelho posicionado estrategicamente em um ambiente de uma instituio para idosos, possa continuamente analisar os ocupantes deste ambiente e detectar a ocorrncia da queda de algum destes ocupantes. Para isso necessrio definir bem o posicionamento da cmera, sendo escolhido inicialmente um ambiente interno aberto para testes e com a previso de monitorar apenas um esqueleto, tendo a possibilidade de ser aperfeioado para monitorar at dois esqueletos paralelamente como representado na Figura 1.

Este artigo est organizado da seguinte forma. Primeiramente, na seo II, descreve-se o problema da queda dos idosos mais aprofundadamente. Uma pesquisa que foi feita acerca da literatura existente sobre mtodos propostos para a soluo do problema abordado apresentada na seo III-C. Na seo IV so definidas as ferramentas utilizadas para a realizao do projeto em conjunto com os mtodos aplicados na criao do sistema para em seguida demonstrar, seo V, como estes foram aplicados na soluo que foi proposta. A sesso VI reservada para a anlise dos resultados obtidos atrves dos testes realizados. Uma discusso realizada na seo VII sobre as caractersticas do sistema implementado quando comparado s solues j existentes. Por fim feita uma concluso sobre o trabalho na seo VIII.

II. DEFINIO DO PROBLEMA

O crescimento exponencial de desenvolvimento tecnolgico que vem ocorrendo nas ltimas dcadas tem um efeito amplo nas mais diversas reas de aplicao, e uma das reas afetadas foi a da sade. Vem sendo realizados experimentos que antes no se imaginavam possveis e estes avanos tem um impacto direto na qualidade de vida da populao e consequentemente na expectativa de vida mdia desta populao.

Quando comparado com pocas passadas, atualmente muito maior a chance de uma pessoa chegar a uma idade mais avanada, sendo isto refletido no aumento acelerado de pessoas na faixa etria acima dos sessenta anos em pases desenvolvidos [5]. Este um fato muito encorajador em geral, mas deve-se levar em conta os fatores negativos relacionados a esse assunto decorrente da degenerao em geral da sade quanto mais avanada a idade de uma pessoa.

Algumas das debilidades que vem com o avano da idade so: a fraqueza muscular, problemas de viso, perda de equilbrio, menor capacidade de reao e desgaste sseo. Estas caractersticas do envelhecimento dificultam a vida dos idosos e faz com que muitos procurem instituies especializadas para dar suporte a esses idosos, para assim evitar os riscos relacionados a estas fraquezas. O objetivo deste trabalho elevar a chance de evitar que um desses riscos tenha sequelas; mais especificamente o risco da queda. Queda que segundo a bibliografia [6], se define como sendo "o deslocamento no intencional do corpo para um nvel inferior posio inicial com incapacidade de correo em tempo hbil, determinado por circunstncias multifatoriais comprometendo a estabilidade".

Para os idosos, as quedas se constituem em um importante problema de sade pblica em decorrncia da mortalidade e do elevado custo social e econmico resultante das leses provocadas [7].

Segundo dados coletados [5], referente a quedas registradas no Hospital das Clinas de Uberlndia-MG no ano de 2004, a grande maioria dos casos de quedas foram causados por escorreges e tropees, muitas vezes levando cerca de dez minutos para que ocorra o atendimento, mesmo na maioria dos casos a queda causando fraturas e at traumatismos craniano. Conforme apresentado nas tabelas I, II e III.

Tropees e escorreges tem sido responsabilizados por quedas entre idosos, que segundo pesquisas realizadas [8] [9] variam

Tabela I
MOTIVO DE QUEDA DE PACIENTES IDOSOS ATENDIDOS NO HCU EM 2004.

Circunstancia da queda	qtde Pacientes	%
Escorrego	60	37,8
Tropeo	33	20,8
Desequilbrio	26	16,3
Queda da Cadeira	14	8,8
Desmaio	10	6,3
Tontura	9	5,7
Fraqueza nas pernas	4	2,5
Empurro	2	1,2
Fratura patolgica	1	0,6
Total	159	100

com freqncias entre 55% e 63%. O idoso, frente aos obstculos, no levanta os ps o suficiente durante a marcha devido limitao da amplitude de movimento dos ps e diminuio da fora muscular, resultando em uma importante alterao biomecnica, aumentando a probabilidade de tropear e cair [10].

Tabela II
TIPO DE LESO DEVIDO A QUEDA REGISTRADO POR PACIENTES IDOSOS ATENDIDOS NO HCU EM 2004.

Tipo de leso	qtde Pacientes	%
Fratura	121	68,4
Contuso	32	18,1
Traumatismo craniano-enceflico	19	10,7
Entorse	12	6,8
Luxao	9	5,1

As consequencias das quedas para os idosos podem ser bastante limitadoras, em alguns casos, fatais [11]. A incapacidade de se levantar sozinho aps uma queda leva a um perodo conhecido por "long lie", ou seja, a longa permanncia no cho aps a queda [12]. Isto pode trazer complicaes como desidratao, pneumonia, escaras e medo de outras quedas [13].

Tabela III
INTERVALO DE TEMPO ENTRE QUEDA E SOCORRO DE PACIENTES IDOSOS ATENDIDOS NO HCU EM 2004.

Intervalo de tempo (MIN)	qtde Pacientes	%
0 a 10	137	80,6
10 a 20	20	11,8
20 a 30	10	5,9
30 e mais	3	1,7
Total	170	100

Com ndices significativos de sequelas e em menor nmero de mortes em idosos que sofrem quedas, surge a necessidade de se desenvolver uma ferramenta para realizar o monitoramento de pessoas idosas, que consiga avisar que a mesma tenha sofrido uma queda para que assim possa ser socorrida o mais breve possvel, visando assim evitar essas possveis consequencias.

Devido as anlises encontradas na literatura um sistema de monitoramento de quedas se faz extremamente necessario, o qual deve possuir duas implicaes imediatas, sendo uma menos bvvia que a outra. O monitoramento automatizado resultaria em um tempo menor de espera para que o idoso possa ser atendido aps uma queda, sendo que o idoso pode no ser capaz de se levantar sozinho e levando em considerao que quanto maior o tempo de espera para o atendimento, maior a possibilidade de ocorrer hipotermia, desidratao, pneumonia e dores musculares como diz [14]. Segundo trabalhos j apresentados [15], os pacientes idosos que permanecem cados no cho por longo periodo aps uma queda podem morrer em at seis meses, mesmo que no tenha havido nenhuma lesao decorrente da queda, em funo das complicaes previamente citadas. Nesse contexto, a maior presteza e rapidez no atendimento aos idosos podem ser consideradas um fator de bom prognstico, principalmente das leses mais graves que requerem um periodo maior de internao hospitalar. A impreciso menos bvvia, tendo sido constatada por [16], que um sistema de monitoramento passa segurana ao idoso e esta segurana faz com que quedas se tornem menos frequentes, pois como mostrado no estudo os idosos se sentiam mais confiantes e independentes e consideraram que o sistema de monitoramento trazia uma maior segurana eles.

H algumas ferramentas existentes com esse fim no mercado, porm estas apresentam certos pontos negativos, sendo no caso de um deles o incmodo causado ao usurio decorrente da necessidade de ter aparelhos que estejam em contato fsico com o idoso o que torna sua adoo difcil apesar de o tamanho incmodo se dar tambm pelo fato de ainda ser uma verso prototipo. Existe outra, no qual quando o idoso sofre a queda ele aciona um boto em um controle integrado a um colar ou relgio, sendo til no caso de o idoso sentir um mal estar e poder antecipar algo de ruim acontecendo, mas se na queda houver o desmaio ou a fratura de algum membro, como por exemplo o brao, o idoso no conseguiria ativar o boto.

Pelos motivos acima citados, se torna necessario uma ferramenta que detecte os movimentos do idoso e que reconheca com preciso quando houver um movimento que indique uma queda, alerte algum que seja capaz de socorrer o idoso com prontido sem causar desconforto ao seu usurio, e que no dependa do mesmo para avisar que houve uma queda sendo assim totalmente automatizado.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Atualmente existe um grande nmero de sistemas de deteco de queda que utilizam diferentes tecnologias e tcnicas. Nesta seo ser discutido algumas dessas tecnologias e inclu-las em trs diferentes grupos, um para solues baseadas em acionamento de um dispositivo, outra para sensores de deslocamento e por fim um grupo baseado na utilizao do *Kinect*.

A. Dispositivos Acionveis

Este sistema o mais conhecido atualmente, sendo produzido por algumas empresas nacionais [17] [18] e internacionais [19], o qual composto por trs elementos: O boto transmissor, o console e a central de atendimento.

Atravs de um console instalado no local e que, com um nico toque, solicita ajuda no caso de uma emergncia.

Alm disso, tambm oferece um boto de emergncia pessoal, sem fio e prova d'gua, que pode ser utilizado em forma de colar ou pulseira para que quem o utiliza possa circular por todos os cmodos da casa.

Caso o idoso necessite de ajuda, basta apertar qualquer um dos botes para avisar a central de atendimento que recebe o sinal dos usurios, conversa com o usurio (atravs do console) e chama ajuda, que pode ser um vizinho, parente, mdico ou servio de ambulncia.

B. Sensores de Deslocamento

Alguns projetos fazem o uso de sensores acelermetros presos ao corpo, esses sensores so responsveis por coletar dados referente a sua localizao no plano cartesiano. Um projeto nomeado *Virtual Caregiver* [4] utiliza um kit composto por quatro sensores acelermetros, uma bateria e um circuito, responsvel por transmitir os dados coletados pelos sensores, este kit preso no corpo do idoso e os sensores so posicionados na cintura, na coxa esquerda, no tornozelo direito e no brao direito.

Um computador recebe os dados transmitidos pelo kit preso no idoso e atravs de algoritmos, detecta qual postura se encontra o idoso, sendo ela *sentado* ou em *p*, obtendo uma preciso de at 98,1%.

C. Microsoft Kinect

O *Kinect* se tornou uma ferramenta extremamente utilizada em aplicaes de computao visual por seus componentes robustos que permitem a captura de imagens com informao de profundidade mesmo em ambientes escuros, por fazer uso de infravermelho. Diversos estudos fizeram uso dessa ferramenta com o objetivo de detectar quedas. As tcnicas mais utilizadas foram a da anlise da distncia em relao ao cho, o uso do clculo da velocidade do corpo em direo ao cho [20] ou ambas as tcnicas [21] e [22]. Dois dos sistemas encontrados [23] [24] utilizam tanto o *Kinect* quanto um sensor de deslocamento para realizar as deteces. Ao se analisar a literatura existente em relao aplicao do *Kinect* na resoluo deste problema no se encontrou nenhum estudo que utilizasse o desenvolvimento de um conjunto de regras para construir um sistema especialista capaz de detectar quedas, ao mesmo tempo ignorando situaes que poderiam gerar um falso positivo.

IV. MATERIAIS E MTODOS

Identificado este problema, foram analisadas as tecnologias e ferramentas disponveis para serem utilizadas na resoluo do problema. Existem diversos aparelhos, inclusive de baixo custo, que realizam a captura de imagens, entre eles it Arduinos com mdulos acoplados, *smartphones*, *webcam* e outros tipos de dispositivos. A melhor ferramenta encontrada foi o *Kinect* da *Microsoft* por possuir as caractersticas requisitadas para o desenvolvimento deste trabalho, sendo a mais importante delas a preciso no reconhecimento de movimentos realizados por humanos em frente as suas lentes. Tambm

Figura 2. Sensores do *Kinect* [26]

um ponto a favor do *Kinect* o fato de possuir um *SDK* que extremamente utilizado no mercado atual e sua prototipao mais acessvel devido a esse fato.

Foram descartados outros aparelhos que tem o preo mais acessvel por no terem a mesma confiabilidade quando utilizadas em um aplicao que reconhece movimentos (como o aparelho *Xtion* [25]). O *Kinect* foi tambm julgado como sendo um aparelho com custo relativamente baixo quando se leva em considerao que o foco de utilizao do sistema proposto neste trabalho seria em instituies especializadas no tratamento e acompanhamento de idosos.

O *Kinect* foi desenvolvido pela *Microsoft* como um aparelho complementar ao seu console, o *Xbox 360*, seu sucesso foi instantneo sendo um novo meio de interao com os jogos de videogame; deve-se ressaltar que era novo apenas no sentido de ser lanado no mercado pois prototipos que tinham o mesmo objetivo ja tinham sido criados mas nenhum com performance, preciso e usabilidade suficientes para alcançar a confiabilidade de um produto pronto para o mercado.

O *Kinect* um aparelho com diversos sensores como mostrado na figura 2 tendo um array de quatro microfones para um boa captura de voz minimizando rudos, recurso que no cabe a proposta deste projeto utilizar. Possui tambm um emissor de luzes infravermelhas que so utilizados em conjunto com o componente de sensor infravermelho de profundidade e por ltimo um sensor de cores.

A base do seu funcionamento a utilizao de uma nuvem de pontos como mostrado na Figura 3 que projetada nos objetos pelas luzes infravermelhas projetadas pelo emissor, e reconhecidas pelo sensor de profundidade, tornando possvel assim a distino entre quais objetos so pessoas e quais no so. Permite tambm realizar a reproduo detalhada de imagens do ambiente por possuir o sensor de cores.

Com base em um modelo de estrutura de um corpo humano como o mostrado na Figura 4 so definidos um conjunto de pontos posicionados pelo esqueleto que possibilitam a representao mais fiel possvel com o nvel de tecnologia existente no *Kinect*. O aparelho capaz de monitorar o esqueleto de 6 pessoas em paralelo, cada um sendo mapeado com 20 juntas.

O hardware ser integrado com um software que fara a parte da anlise do esqueleto reconhecido e ser responsvel por tomar uma ao apropriada caso ocorra uma queda de um idoso, no caso de instituies a ao apropriada seria acionar a enfermeira para que o risco de uma sequela seja minimizado por um rpido atendimento mdico.

A aplicao tem o dever de distinguir entre diferentes situaes, existindo a possibilidade de ocorrerem cenrios similares a queda mas que seriam falsos-positivos como por exemplo a possibilidade de um idoso abaixar para pegar algo no cho, um

Figura 3. Nuvem de pontos emitida pelo *Kinect* [27]

Figura 4. Modelo de estrutura de um corpo humano [28]

Figura 5. Primeiro passo: Reconhecimento apenas no eixo y [3]

funcionrio da instituio abaixar para realizar a limpeza do local ou casos parecidos. Inicialmente o plano desenvolver regras constituindo um sistema especialista que consigam fazer uma anlise correta da situao.

Na fase inicial de desenvolvimento os algoritmos de deteco levariam em considerao apenas o posicionamento no eixo y, vide Figura 5. Os testes soro em ambientes controlados, com o aparelho na altura de aproximadamente 2 metros e com um ngulo de 27 graus, e na segunda fase seriam feitos ajustes necessrios para que o sistema leve em considerao a movimentao da pessoa no eixos x e z como indicado na Figura 6. Um outro problema que deve ser resolvido durante o andamento do projeto a necessidade de monitorar o esqueleto mesmo com a pessoa se posicionando lateralmente para a cmera.

O desenvolvimento desta aplicao faria com que o atendimento de emergncia fosse realizado o quanto antes (at dois minutos), pois seria um monitoramento realizado sem interrupes e que ficaria ativo continuamente, com o intuito de evitar as possveis sequelas e com a utilizao do *Kinect* evitar tambm os incmodos e fraquezas de outros mtodos existentes, pois no depende de nenhuma ao direta do idoso para ser ativado e tambm no necessita da utilizao de dispositivos fsicos junto ao corpo do idoso.

V. RESULTADOS DE IMPLEMENTAO

A. Sistema Especialista

Desenvolvidos a partir de uma especializao derivada da Inteligncia Artificial, os Sistemas Especialistas foram criados para emular um conhecimento especfico, visando reproduzir a tomada de deciso, julgamentos e evoluo nessa cincia, que seriam protagonizados por um especialista da rea, enquanto comprometem-se a buscar a mxima fidelidade em tal reproduo. Um comparativo interessante seria citar que, enquanto os sistemas tradicionais focam-se no processamento e anlise de valores numricos, um Sistema Especialista, enquanto predominantemente declarativo e "orientado ao conhecimento", trabalha com a anlise de valores no-numricos como regras, fatos e inferncias lgicas.

Para [29], um Sistema Especialista "uma forma de sistema baseado no conhecimento especialmente projetado para emular a especializao humana de algum domnio especfico", fazendo com que seja timas ferramentas para o apoio de deciso, treino, instruo e educao [30].

Figura 6. Segundo passo: Reconhecimento levando em considerao a movimentao [3]

As características mais marcantes desses sistemas residem na existência de um componente responsável pela representação e centralização de todo o conhecimento especialista e na capacidade autônoma, em teoria, de progresso, evolução e adaptação do conhecimento residente. Denominada Base de Conhecimento, esse componente armazena os fatos e regras que moldam o saber específico, além das heurísticas, estratégias e padrões para a manipulação e ampliação desse saber. Intenções dos Sistemas Especialistas a busca pela auto-suficiência enquanto entidades habéis a aprendizagem, mostrado dessa forma a suas fortes razões de IA.

Uma das principais aplicações para os sistemas especialistas são os sistemas de diagnóstico. Esses sistemas são capazes de deduzir possíveis problemas a partir de observações ou sintomas.

Apesar das limitações das máquinas, possível a construção de sistemas especialistas com alto grau de desempenho, dependendo da complexidade de sua estrutura e do grau de abrangência desejado, sendo a arquitetura mais comum a que envolve regras de produção (*production rules*).

B. Implementação

O passo inicial foi a escolha pelas ferramentas de desenvolvimento. Apesar de existirem implementações open source das bibliotecas do *Kinect*, essas se encontram com pouca documentação e sem manutenção há tempos, por esse motivo foi escolhido utilizar as bibliotecas oficiais, propriedades de desenvolvimento e com isso o sistema operacional *Windows 8*. Foi utilizada o ambiente de desenvolvimento Visual Studio para a linguagem C#, desenvolvido pela *Microsoft*, em conjunto com o *Software Development Kit* (SDK) do *Kinect*. A configuração do ambiente de desenvolvimento foi realizado seguindo instruções encontradas no site oficial da *Microsoft*. Através de simulações de quedas realizadas pelos integrantes da equipe foram coletadas informações referentes ao comportamento do corpo humano no momento das quedas. As informações referentes às quedas que seriam improváveis de ocorrer com idosos foram descartadas por não se enquadrarem no problema.

A partir destas informações foi desenvolvido um conjunto de regras para se construir um sistema especialista que pudesse, com precisão aceitável, realizar a detecção da queda.

Em conjunto, as regras definidas para o funcionamento do sistema especialista analisam alguns padrões isolados que ocorrem durante uma queda para poder reconhecê-las. A movimentação da média dos pontos no eixo *y* no sentido negativo indicam que o esqueleto sendo acompanhado visualmente pelas câmeras do *Kinect* está se aproximando do chão. Este padrão obviamente sempre encontrado nas quedas mais comuns, mas também encontrados em outras situações muito comuns no dia a dia como, por exemplo, uma pessoa se agachando para pegar algo do chão. Pode-se ver então que o reconhecimento isolado de padrões é ineficiente, nesse caso que o sistema especialista demonstra sua importância. Movimentações no eixo *z* e no eixo *x* podem apenas acusar uma pessoa andando, mas acompanhadas do reconhecimento de movimentação no eixo *y* formam uma ferramenta mais robusta de detecção. A fim de garantir que movimentações voluntárias não fossem acusadas como sendo uma

Figura 7. Simulação de queda: Caindo na direção oposta ao *Kinect*

queda foi utilizada outra informação sobre o posicionamento da cabeça em relação à posição do ponto reconhecido da espinha momentos antes da queda.

Todos os cálculos, por analisarem a movimentação de um esqueleto em um certo espaço de tempo, foram feitos utilizando uma thread sendo executada em paralelo com a plotagem do esqueleto em dois instantes de tempo, sendo esses t e $t+0,5s$. Em primeiro lugar, a regra principal da solução desenvolvida foi a que trata a movimentação no eixo *y*. Para o instante t calcula-se a média dos valores dos pontos no eixo *y* e novamente feito esse cálculo ao se passar 500ms. Os valores obtidos em ambos os instantes de tempo são comparados pois uma movimentação superior a um valor de 0,2 em sentido negativo no valor da média seria um indicio de queda.

A regra acerca da movimentação no eixo *y* é a principal para a solução do problema, mas outros fatores devem ser considerados para se detectar com precisão uma queda. Devido a essa necessidade foram desenvolvidas regras que realizam o monitoramento de movimentações no eixo *x* e no eixo *z*. Quedas, diferentemente de um simples movimento de uma pessoa se agachando, ocorrem com uma deslocamento significativa em pelo menos um eixo além do eixo *y* sendo a criação das regras anteriormente citadas fundamentada neste fato.

A última regra desenvolvida faz uso de um simples fato comum a maior parte das quedas, a posição da cabeça se deslocava para um ponto abaixo daquele onde momentos antes se posicionava o ponto da espinha do esqueleto. As regras definidas no sistema foram pensadas com o objetivo de maximizar a precisão da detecção de quedas ao mesmo tempo que evitam a ocorrência de falsos positivos.

O sistema foi projetado para ficar continuamente em execução, emitindo um aviso caso uma queda seja detectada. Para que esse aviso pudesse ser emitido foi utilizada a classe *SpeechSynthesizer* do pacote *System.Speech* das bibliotecas *.NET*. De acordo com parâmetros passados para configurar o objeto instanciado dessa classe, chamado o método *speak*, sendo fornecida uma String, para realizar a conversão de texto em fala. Para confirmação visual e por motivos de testes um aviso escrito é impresso no console de debug avisando da ocorrência de uma queda.

VI. ANÁLISES DOS RESULTADOS

A meta inicial era utilizar o *Kinect* posicionado a uma altura de dois metros do chão, como mencionado anteriormente. No entanto após a realização de testes para avaliar a eficiência de detecção em duas posições diferentes, foi verificado que nesse posicionamento a um certo tipo de queda tinha falhas frequentes para ser analisada corretamente. A queda na orientação oposta à direção do *Kinect*, como mostrada na Figura 7 durante um teste realizado com outro posicionamento do aparelho, não reconhecida. Os resultados dos testes com o posicionamento original são mostrados na Tabela IV.

Tabela IV
RESULTADOS COM KINECT POSICIONADO A DOIS METROS DO CHO

Queda	Esquerda	Direita	Frontal	Traseira
1	Detecta	Detecta	Detecta	Falha
2	Detecta	Detecta	Detecta	Falha
3	Detecta	Falha	Falha	Falha
4	Detecta	Detecta	Falha	Falha
5	Detecta	Detecta	Falha	Falha
6	Falha	Falha	Detecta	Falha
7	Detecta	Detecta	Detecta	Falha
8	Detecta	Detecta	Falha	Falha
9	Detecta	Falha	Detecta	Falha
10	Falha	Detecta	Detecta	Falha

Tabela V
RESULTADOS COM KINECT POSICIONADO A UM METRO DO CHO

Queda	Esquerda	Direita	Frontal	Traseira
1	Detecta	Detecta	Detecta	Detecta
2	Detecta	Detecta	Detecta	Falha
3	Detecta	Falha	Falha	Detecta
4	Detecta	Detecta	Detecta	Detecta
5	Detecta	Detecta	Detecta	Falha
6	Detecta	Detecta	Detecta	Falha
7	Detecta	Detecta	Falha	Detecta
8	Falha	Detecta	Detecta	Falha
9	Detecta	Detecta	Detecta	Detecta
10	Detecta	Detecta	Detecta	Detecta

Com o intuito de ter dados em outro posicionamento para comparar com o que foi encontrada anteriormente foram realizados testes com a altura de um metro em relao ao cho. Com o *Kinect* nesta segunda posio, conforme a Tabela V, o problema verificado anteriormente amenizado. Foi possvel verificar com esses dados que altura mais indicada para o intuito do sistema de aproximadamente um metro.

Foram analisados mais trs tipos de queda alm do exemplificado na figura 7. A queda simulada em direo as lentes do *Kinect*, mostrada na Figura 8, e tambm quedas laterais em ambas as direes, sendo a queda para a esquerda do sistema de monitoramento ilustrado nas figuras 10 e 9. Novamente analisando as tabelas IV e V, apesar de ambos os posicionamentos conseguirem resultados parecidos nas quedas lateral, foi constatada uma ocasional falha na deteco quando houve queda em que a pessoa cai de joelho, como exemplificado na Figura 10, tendo isso ocorrido nas duas alturas testadas. O motivo que produz a falha um embaralhamento aleatrio nos pontos do esqueleto devido a um fator de limitao da capacidade do *Kinect* de plotar corretamente o esqueleto em certas situaes devido a diversos fatores externos como distncia da cmera, quantidade de objetos encontrados no campo de viso de suas lentes entre outros.

Com relao ao fator da capacidade limitada do *Kinect*, como nas situaes mencionadas anteriormente, apresentado uma falha

ocasional que ocorre quando a pessoa sai do campo de foco do mesmo. Perde-se a referncia do esqueleto, este plotado em um lugar diferente da tela e o sistema, devido as regras definidas, detectam uma queda indevidamente. Acredita-se que o *Kinect* do *Xbox One*, recém lanado na poca desta pesquisa, apresentaria um algoritmo mais eficiente e hardware mais avanado, diminuindo essas limitaes.

Para a proposta deste projeto, trabalhando com apenas um aparelho em uma sala de uma casa residencial, foi observado que o campo de foco deste aparelho no suficientemente abrangente para monitorar um ambiente inteiro.

VII. DISCUSSO

Este trabalho teve sucesso no desenvolvimento de um sistema de deteco de quedas que no sofresse das mesmas desvantagens que os dispositivos acionveis, que dependem da interao do idoso para funcionar atravs do pressionamento de um boto [17] [18] [19], pois o sistema autnomo proposto dispe de uma maior confiabilidade no caso de quedas que resultem em desmaios e fraturas que impossibilitem esta interao. J em sistemas que h a necessidade do idoso ser monitorado atravs de sensores de deslocamento presos ao corpo [4] [24] [23] apresentam algumas desvantagens, por serem desconfortveis e adicionarem mais uma preocupao ao idoso que tem o dever de nunca esquecer de levar o dispositivo consigo, estas evitadas pelo sistema descrito neste estudo j que os indicadores de queda so analisados atravs de informaes extradas pela captura de vdeo do *Kinect*.

A discusso focada ento nos trabalhos com propostas similares. Um mtodo muito utilizado com a aplicao do *Kinect* o clculo da distncia entre a pessoa e o cho [21] [22] [23], dependente de outros mtodos para evitar falsos positivos. Outro mtodo muito aplicado encontrado na literatura o clculo da velocidade [21] [22] [23], em um caso sendo aplicado de maneira interessante para estimar se houve uma queda ou no mesmo quando a pessoa estiver parcialmente oculta durante uma queda [20]. Foi o objetivo deste trabalho desenvolver um mtodo que no dependesse do reconhecimento da posio do cho e que aplicasse outros conhecimentos alm da velocidade para a deteco de quedas.

Analisando-se os resultados dos experimentos realizados neste estudo propoe-se um ponto de partida para a aplicao de sistemas especialistas onde so desenvolvidas regras com base no conhecimento humano sobre quedas para realizar deteces, sendo possvel a extenso deste conjunto de regras para elevar a preciso, diminuir falsos positivos e estimar quedas quando o esqueleto no plotado corretamente pelo *Kinect*.

Figura 8. Simulao de queda: Caindo em direo ao *Kinect*

Figura 9. Simulao de queda: Caindo lateralmente

Figura 10. Simulação de queda: Caindo de joelhos

VIII. CONCLUISE

Os resultados dos testes realizados para comprovar o funcionamento do sistema descrito e desenvolvido durante a realização deste trabalho foram positivos, porém sendo necessário ressaltar que tal sistema está longe de poder ser utilizado como solução para o problema abordado. O sistema pode ser aperfeiçoado de diversas maneiras em pesquisas futuras, desenvolvendo heurísticas mais robustas e extraindo mais informações de padrões encontrados em quedas, principalmente quedas de idosos que possivelmente apresentam diferenças sutis.

A utilização de uma ferramenta mais avançada que o *Kinect*, como por exemplo o *Kinect* do *Xbox One*, para a detecção dos objetos de interesse forneceria um caso de estudo interessante para constatar o impacto da eficiência da câmera nos resultados do projeto.

Para trabalhos futuros que tem como objetivo colocar em prática um sistema fundamentado neste estudo, deve-se ressaltar a importância da utilização de mais de um aparelho de monitoramento. Foram constatadas nesse estudo as falhas decorrentes da dependência de apenas um aparelho para obter as imagens. Utilizando aparelhos posicionados em pontos estratégicos seriam reduzidos tanto os problemas de campo de visão quanto as ocorrências de falsos positivos. No entanto a implementação seria mais complexa com mais aparelhos trabalhando em paralelo pois exista a possibilidade de interferência entre as luzes infravermelhas emitidas pelos sensores, sendo esta uma proposta adequada para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Sousa, H. Galante, and D. Figueiredo, "Qualidade de vida e bem-estar dos idosos: um estudo exploratório na população portuguesa," *Rev Saúde Pública*, vol. 37, no. 3, pp. 364–71, 2003.
- [2] M. J. S.C.C.Fabricio, R.A.P. Rodrigues, "Causas e consequências de quedas de idosos atendidos em hospital público," *USP*, 2003.
- [3] Microsoft. (2014) Microsoft developer network - skeletal tracking. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973074.aspx/>
- [4] E. V. H. F. W. Ugulino, M. Ferreira, "Virtual caregiver: um sistema para apoiar a colaboração no acompanhamento de idosos," *IEEE*, 2012.
- [5] F. Júnior and O. da Silva, "Queda de idosos que motiva atendimento hospitalar de emergência pelo SUS em Uberlândia-MG: epidemiologia e consequências para a saúde," 2006.
- [6] S. Buksman, A. Vilela, S. Pereira, V. Lino, and V. Santos, "Quedas em idosos: Prevenção," *PROJETO Diretrizes. Associação Médica Brasileira/Conselho*, 2008.
- [7] E. d. S. F. Coutinho and S. D. da Silva, "Uso de medicamentos como fator de risco para fratura grave decorrente de queda em idosos medication as a risk factor for falls resulting in severe fractures in the elderly," *Cad. Saúde Pública*, vol. 18, no. 5, pp. 1359–1366, 2002.
- [8] S. R. Lord, J. A. Ward, P. Williams, and K. J. Anstey, "Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women," *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 42, no. 10, pp. 1110–1117, 1994.
- [9] G. González, P. P. Marín, and G. Pereira, "Características de las caídas en el adulto mayor que vive en la comunidad," *Revista médica de Chile*, vol. 129, no. 9, pp. 1021–1030, 2001.
- [10] D. R. Yuaso and G. T. Sguizzatto, "Fisioterapia em pacientes idosos," in *Gerontologia: a velhice eo envelhecimento em visão globalizada*. Atheneu, 2002, pp. 331–347.
- [11] R. W. Sattin, "Falls among older persons: a public health perspective," *Annual review of public health*, vol. 13, no. 1, pp. 489–508, 1992.
- [12] M. C. Nevitt, S. R. Cummings, and E. S. Hudes, "Risk factors for injurious falls: a prospective study," *Journal of gerontology*, vol. 46, no. 5, pp. M164–M170, 1991.
- [13] M. E. Tinetti, D. I. Baker, G. McAvay, E. B. Claus, P. Garrett, M. Gottschalk, M. L. Koch, K. Trainor, and R. I. Horwitz, "A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community," *New England Journal of Medicine*, vol. 331, no. 13, pp. 821–827, 1994.
- [14] L. Z. Rubenstein and K. R. Josephson, "The epidemiology of falls and syncope," *Clinics in geriatric medicine*, vol. 18, no. 2, pp. 141–158, 2002.
- [15] A. d. M. Carvalho, "Demência como fator de risco para queda seguida de fratura grave em idosos," 2000.
- [16] S. Brownsell and M. S. Hawley, "Automatic fall detectors and the fear of falling," *Journal of telemedicine and telecare*, vol. 10, no. 5, pp. 262–266, 2004.
- [17] "TeleHelp". "telehelp - sempre com voc". [Online]. Available: <http://www.telehelp.com.br/>
- [18] "IrisSenior". "iris senior". [Online]. Available: <http://www.irissenior.com.br/>
- [19] "Philips". "philips lifeline". [Online]. Available: <http://www.lifelinesys.com/>
- [20] G. Mastorakis and D. Makris, "Fall detection system using kinect infrared sensor," *Journal of Real-Time Image Processing*, pp. 1–12, 2012.
- [21] C. Rougier, E. Auvinet, J. Rousseau, M. Mignotte, and J. Meunier, "Fall detection from depth map video sequences," in *Toward Useful Services for Elderly and People with Disabilities*. Springer, 2011, pp. 121–128.
- [22] C. Kawatsu, J. Li, and C. Chung, "Development of a fall detection system with microsoft kinect," in *Robot Intelligence Technology and Applications 2012*. Springer, 2013, pp. 623–630.
- [23] M. Kepski and B. Kwolek, "Human fall detection using kinect sensor," in *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Recognition Systems CORES 2013*. Springer, 2013, pp. 743–752.
- [24] M. Kepski, B. Kwolek, and I. Austvoll, "Fuzzy inference-based reliable fall detection using kinect and accelerometer," in *Artificial Intelligence and Soft Computing*. Springer, 2012, pp. 266–273.
- [25] ASUS. Asus - xtion motion sensor. [Online]. Available: http://www.asus.com/Multimedia/Xtion_PRO_LIVE/
- [26] L. Correia. (2014, Feb.) Kinectando - o básico sobre o sensor kinect. [Online]. Available: <http://kinectando.com.br/o-basico-sobre-o-sensor-kinect/>
- [27] M. Souza. (2011, Nov.) Morphy - kinect-tou are the controller. [Online]. Available: <http://www.morphy.com.br/kinect-you-are-the-controller/>
- [28] M. Bonanni. (2011, Aug.) Morphy - kinect-tou are the controller. [Online]. Available: <http://codetailor.blogspot.com.br/2011/08/alla-scoperta-del-kinect-gli-scheletri.html/>
- [29] C. D. Flores, "Fundamentos dos sistemas especialistas," *Sociedades Artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas. Porto Alegre: Bookman*, p. 332, 2003.
- [30] M. A. Pereira *et al.*, "Sistema especialista on-line de auxílio ao diagnóstico de câncer de próstata," 2004.