

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

IGOR RAMOS CAMPOS

**METODOLOGIA COMPUTACIONAL PARA CLASSIFICAÇÃO DE POSTURA
BASEADA EM VÍDEOS**

SÃO LUÍS

2012

IGOR RAMOS CAMPOS

**METODOLOGIA COMPUTACIONAL PARA CLASSIFICAÇÃO DE POSTURA
BASEADA EM VÍDEOS**

Monografia apresentada ao Curso de
Ciência da Computação da Universidade Federal do
Maranhão, como parte dos requisitos necessários
para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da
Computação.

Orientador: Prof. Dr. Aristófanés Corrêa Silva

São Luís
2012

Campos, Igor Ramos.

Metodologia Computacional para Classificação de Postura Baseada em Vídeos /Igor Ramos Campos.

41f.

Impresso por computador (Fotocópia).

Orientador: Aristófanês Corrêa Silva.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Maranhão, Curso de Ciência da Computação, 2012.

1. Postura – Monitoramento – Metodologia Computacional 2. Subtração de Fundo 3. Detecção de Bordas I. Título

CDU 004.05:613.15


IGOR RAMOS CAMPOS

**METODOLOGIA COMPUTACIONAL PARA CLASSIFICAÇÃO DE POSTURA
BASEADA EM VÍDEOS.**

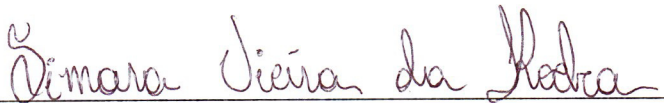
Monografia apresentada ao Curso de
Ciência da Computação da Universidade
Federal do Maranhão como parte dos
requisitos necessários para obtenção do grau
de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em 23/11/2012

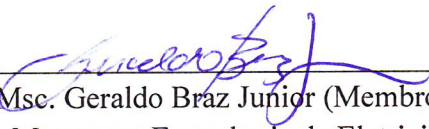
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Aristófanés Correa Silva (Orientador)
Doutor em Informática
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Msc. Simara Vieira da Rocha (Membro da Banca)
Mestre em Engenharia de Eletricidade
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Msc. Geraldo Braz Júnior (Membro da Banca)
Mestre em Engenharia de Eletricidade
Universidade Federal do Maranhão

*Dedicado a todos meus familiares e
amigos.*

AGRADECIMENTOS

A Jeová Deus, pois sem Ele absolutamente nada seria possível.

Aos meus familiares, por sempre me apoiarem na busca dos meus objetivos e contribuírem de maneira prática para que eu pudesse alcançá-los.

Ao Prof. Dr. Francisco Silva, pela oportunidade concedida de poder adentrar no ramo da Iniciação Científica.

Ao pessoal do LSD (Laboratório de Sistemas Distribuídos) pelo companherismo e convivência agradável durante a Iniciação Científica.

Ao Darlan Quintanilha pelo apoio e grande paciência em me ajudar e em dar dicas relevantes para o progresso deste trabalho.

Às minhas amigas Juliana, Vanessa, Mayanna, Melina e todos os outros pela amizade e por momentos de descontração durante esta longa caminhada.

Ao Prof. Dr. Aristófanés Corrêa Silva, pela paciência e orientação fornecida.

Aos professores da banca examinadora.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de propor uma metodologia computacional para a classificação postural de uma pessoa baseado em vídeo. Para atingir este objetivo foram utilizadas técnicas clássicas propostas pela literatura, tais como: subtração de fundo, limiarização e detecção de bordas da imagem. Posteriormente, para a validação da metodologia proposta, foram feitos vídeos em que o usuário adotou as posições em que o sistema se propõe a classificar. Os resultados obtidos foram satisfatórios, sendo que em quase 70% (setenta por cento) dos casos a metodologia proposta classificou de maneira correta a postura do usuário. Os dados coletados com a classificação da postura servem de base para sistemas mais avançados, que monitoram, avaliam e sugerem correções posturais quando necessário.

Palavras chave: *Postura. Subtração de fundo. Detecção de bordas.*

ABSTRACT

This work aims to propose a computational methodology for classifying posture of a person based on video. To achieve this goal we have used classical techniques proposed in the literature, such as background subtraction, threshold and contour finding. Subsequently, to validate the proposed methodology were made videos in which the user took positions that system proposes to classify. The results obtained were satisfactory, about 70% (seventy percent) of cases the methodology classified correctly the user position. The information collected with the classifying posture serves as basis for advanced systems, which monitor, evaluate and suggest postural corrections when is needed.

Key words: *Posture. Background Subtraction. Contour Finding. Image Processing.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1a – Figura normal; 1b – Figura em Escala de Cinza.	18
Figura 2a – Imagem Normal; 2b – Imagem após a limiarização.....	19
Figura 3a – Imagem Normal; 3b – Imagem após a subtração de fundo.....	20
Figura 4 - Diagrama Sequencial das etapas realizadas pela Metodologia.....	21
Figura 5 - Câmera Digital utilizada para a aquisição dos vídeos.	22
Figura 6 - Etapas do processamento dos frames 24	24
Figura 7 - Exemplo de uso da borda quadrada 25	25
Figura 8 - Pessoa em pé de frente para a câmera..... 28	28
Figura 9 - Pessoa sentada de frente para a câmera. 28	28
Figura 10 - Pessoa agachada de frente para a câmera 29	29
Figura 11 - Pessoa em pé com a lateral direita para a câmera..... 30	30
Figura 12 - Pessoa sentada com a lateral direita para a câmera 30	30
Figura 13 - Pessoa agachada com a lateral direita para a câmera..... 31	31
Figura 14 - Pessoa em pé com a lateral esquerda para a câmera..... 32	32
Figura 15 - Pessoa sentada com a lateral esquerda para a câmera 32	32
Figura 16 - Pessoa agachada com a lateral esquerda para a câmera..... 33	33
Figura 17 - Pessoa em pé de costas para a câmera 34	34
Figura 18 - Pessoa sentada de costas para a câmera..... 34	34
Figura 19 - Pessoa agachada de costas para a câmera 35	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Trabalhos Relacionados.....	12
1.3 Organizações do Trabalho	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Ergonomia.....	14
2.1.1 Antropometria	16
2.2 Definição do Processo de Segmentação	17
2.2.1 Escala de cinza	17
2.1.2 Limiarização.....	18
2.1.3 Filtro da Diferença	19
4 METODOLOGIA.....	21
4.1 Aquisição do vídeo	22
4.2 Pré-processamento dos Frames.....	22
4.3 Classificação Postural	24
4.3.1 Cálculo do Centro de Gravidade	25
4.3.2 Estimação da Postura	26
5 RESULTADOS	27
5.1 Testes	27
5.1.1 Teste 1 – Posição Frontal	27
5.1.2 Teste 2 – Posição Lateral Direita	29
5.1.3 Teste 3 – Posição Lateral Esquerda.....	31
5.1.4 Teste 4 – Posição de Costas	33
5.2 Análises dos Resultados.....	35
5.2.1 Testes com luminosidade	35
5.2.2 Testes com outras posturas.....	37
6 CONCLUSÃO.....	38
6.1 Dificuldades Encontradas	39
6.2 Trabalhos Futuros	39
7 REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Nas inúmeras atividades que efetuamos em nosso dia-a-dia executamos várias atividades que envolvem o levantamento de objetos ou uso considerável de força física, bem como ficar sentado durante longos períodos do dia, e não nos preocupamos em utilizar postura correta para a execução dessas atividades, atitude que pode contribuir muito para o aparecimento de doenças no sistema músculo-esquelético. Atualmente, existe uma porcentagem significativa da população mundial que sofre as conseqüências da execução inadequada deste ato.

Um exemplo disso pode ser visto na indústria metalúrgica (MAIA, 2008), que devido a sua natureza extremamente capitalista, está constantemente preocupada com o aumento de sua produtividade, deixando em segundo plano as boas condições de trabalho para os trabalhadores. Um monitoramento postural dos trabalhadores se faz bastante útil, identificando assim setores onde a incidência de doenças causada por má postura durante o trabalho pode ser maior e direcionando a aplicação de treinamento específico a fim de evitá-las.

Segundo (CARDOSO, 2006), os principais fatores presentes nas atividades relacionadas ao trabalho que desencadeiam as lesões ou sensações de desconforto são posturas inadequadas, necessidade de aplicação de força, velocidade e aceleração do movimento, repetição contínua, duração, tempo de recuperação, esforço dinâmico pesado e vibração localizada.

Desta forma, um sistema que adota uma metodologia de monitoramento postural dos funcionários a fim de se evitar doenças e lesões futuras, se torna necessário. Isso contribuirá para a preservação da saúde dos funcionários e redução dos custos que as empresas normalmente têm com faltas e licenças médicas dos funcionários.

As lesões por esforço repetitivo relacionados ao trabalho têm sido apontadas nos últimos anos como um dos principais grupos de doenças relacionadas ao trabalho. São chamadas de grupo de doenças, pois em função da região afetada e do tipo de ocupação poderão surgir doenças descritas como Tenossinovite, Tendinite, Epicondilite, Bursite, Síndrome do túnel carpal, Síndrome do desfiladeiro torácico dentre outras (CARDOSO, 2006).

Este trabalho tem por objetivo propor uma metodologia computacional que seja capaz de classificar a postura atual de uma pessoa tendo por base um vídeo. Essas informações

servirão de *feedback* para outros sistemas de monitoramento postural, alertando e propondo correções na postura a fim de se evitar doenças no sistema músculo-esquelético.

1.1 Trabalhos Relacionados

Nesta seção estão relacionados alguns trabalhos que foram realizados utilizando-se técnicas de processamento de imagens, objetivando detectar pessoas e avaliar diversas características (andando, carregando objeto, interagindo com outras pessoas etc.), dentre elas estimarem a postura de uma pessoa, que é o foco principal deste trabalho. Esses trabalhos serviram como base de referência para o desenvolvimento desta monografia.

PFinder (WREN et al., 1997) foi desenvolvido para recuperar uma descrição 3D de uma pessoa situada em uma sala larga com amplo espaço sendo usado em muitas aplicações. O sistema é utilizado para efetuar o rastreamento de pessoas em cenas complexas onde há apenas uma pessoa para se rastrear e uma câmera fixa, utilizando uma arquitetura de análise de imagens 2D com dois procedimentos complementares para inicialização e rastreamento em 2D. Spfinder (AZARBAYJANI, 1996) é uma extensão do PFinder no qual uma câmera estéreo *widebaseline* é usada para a obtenção de modelos 3D. Spfinder tem sido usado em ambientes pequenos de escritório para uma captura precisa em 3D de movimentos da cabeça e das mãos.

KidRooms (BOBICK et al., 1996) é um sistema de rastreamento baseado em regiões fechadas. Regiões fechadas são regiões de espaço e tempo onde o contexto específico do que há nessas regiões é previamente conhecido. Elas são rastreadas em domínios de tempo real onde a movimentação dos objetos não é suavizada e onde vários objetos estão interagindo continuamente.

Smart Kiosk (REHG, 1997) é uma aplicação que tem por objetivo detectar e rastrear pessoas em frente a um quiosque. O sistema usa informações coloridas, padrões de cores de pele humana utilizados no mecanismo de detecção de faces. Entretanto, quando as pessoas se posicionam muito perto do quiosque, o programa pode apenas rastrear uma única pessoa por vez.

W⁴ (HARITAOGLU, 2000) é um sistema de vigilância visual de tempo real para detecção e rastreamento de múltiplas pessoas e suas atividades em um ambiente externo. Ele manipula frames de vídeo em escala de cinza, ou em imagens de uma câmera de

infravermelho. W^4 emprega uma combinação de análise de formas e rastreamento para localizar pessoas e suas respectivas partes do corpo (cabeça, mãos, pés e dorso) e criar modelos de aparências de pessoas para que eles possam ser rastreados através de interações, tais como oclusões.

W^4 pode determinar quando uma região em primeiro plano contém várias pessoas e pode segmentar regiões em que elas estão inseridas e rastreá-las, determinando também quando estas pessoas estão carregando objetos, e segmentar esses objetos de suas silhuetas, criando assim um modelo de aparência que pode ser identificado em frames subsequentes. W^4 pode reconhecer eventos entre as pessoas e objetos, tais como depositar um objeto no chão, trocar bolsas, ou remover um objeto de determinado lugar.

1.3 Organizações do Trabalho

O trabalho está organizado em mais quatro capítulos. No Capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica necessária à compreensão da metodologia proposta bem como das técnicas que foram adotadas. As seções deste capítulo falam sobre as técnicas de processamento e de segmentação de imagem que foram utilizadas. No Capítulo 3, a metodologia é explicada, exibindo a aplicação das técnicas, citadas no Capítulo 2, sobre as imagens. O capítulo 4 mostra os resultados obtidos com a aplicação da metodologia em casos de teste selecionados e o capítulo 5 exibe a conclusão obtida com os resultados do trabalho realizado e sugere melhorias que podem ser feitas em trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentadas as técnicas necessárias à compreensão da metodologia deste trabalho, eles abordam: Ergonomia, males relacionados à má postura e as etapas de segmentação utilizadas para a extração das informações necessárias.

2.1 Ergonomia

A ergonomia é “o conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do homem em atividade, a fim de aplicá-los à concepção de tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção” (LAVILLE, 1977). Possui como objetivo básico melhorar as condições de trabalho a partir da análise do que é efetivamente realizado pelo trabalhador.

O desenvolvimento de um bom trabalho, onde as metas são alcançadas sem que a saúde do trabalhador seja comprometida durante as atividades executadas, depende diretamente de um conjunto harmonioso composto pelo trabalhador, equipamentos e locais adequados para realização de tarefas. Estes fatores integrados irão determinar um melhor desempenho das atividades, bem como, uma melhor utilização dos recursos disponíveis (PROENÇA et al., 1996).

Assim, através da análise ergonômica do trabalho é possível, não somente categorizar as atividades dos trabalhadores, como também estabelecer a narração dessas atividades permitindo, conseqüentemente, modificarem o trabalho ao mudar a tarefa buscando a adaptação do trabalho ao homem (MONTMOLLIN, 1982). A mesma tarefa realizada por diferentes trabalhadores, nem sempre é realizada segundo um único protocolo. Possivelmente em função da natureza da tarefa, das diferentes formas de executá-la e de interagir com a organização do trabalho, alguns indivíduos apresentam problemas de saúde que podem se manifestar de diferentes formas, como as doenças do sistema músculo esquelético entre elas as posturais (DUL et al., 1998).

Segundo (KANDEL et al., 1991), a postura pode ser definida como a posição e a orientação espacial globais do corpo e seus membros relativamente uns aos outros, assim cada tipo de trabalho possui uma postura específica adequada. As posturas são fundamentais para a

execução bem sucedida dos movimentos, uma vez que os movimentos surgem a partir da desestabilização tanto da posição dos segmentos corporais quanto do equilíbrio quase estático global do corpo. Assim, uma postura adequada será sempre necessária para a execução bem sucedida de um determinado movimento (AMADIO, 1996).

Qualquer desvio na forma da coluna vertebral pode gerar solicitações funcionais prejudiciais, desta forma (OLIVER, 1999) define a boa postura como a atitude que uma pessoa assume “utilizando a menor quantidade de esforço muscular e, ao mesmo tempo, protegendo as estruturas de suporte contra traumas”.

Segundo (GUÉLAUD et al., 1975) posturas desfavoráveis ocasionam um aumento de fadiga no trabalhador e leva ao longo do tempo a lesões graves. As principais consequências de determinadas posturas habituais são: postura de pé prolongada – congestão das pernas, formação de edemas ou varizes e deformação dos pés; postura sentado curvado – compressão dos órgãos internos prováveis distúrbios digestivos; postura curvado (de pé, sentado, ajoelhado) – desvios da coluna vértebras, afecções e lesões dos discos intervertebrais; postura ajoelhado – deterioração dos meniscos e irritação das bolsas sinoviais das articulações. As posições em falsas ou a cristação de determinados grupos musculares podem provocar endurecimento dos músculos e dos pontos de fixação dos tendões principalmente na região da nuca e espáduas.

As pesquisas na área da ergonomia epidemiológica têm crescido, buscando identificar os fatores de risco para o desenvolvimento das doenças relacionadas ao trabalho bem como as lesões por esforço repetitivo. O trabalho de CANDEIAS em 1998 realizou um estudo com 452 metalúrgicos no estado de São Paulo, sobre problemas de saúde e riscos ambientais identificaram 5 principais problemas na seguinte ordem de importância: 1) barulho/ dor de ouvido; 2) dor/inchaço nas pernas, joelhos e pés; 3) fumos e poeiras; problemas nos pulmões, gripes, irritação no nariz e garganta; 4) problemas de estômago e alimentação; 5) dor nas costas.

A “dor nas costas”, decorrente de posturas inadequadas no local de trabalho, é uma das desordens ocupacionais mais encontradas pelos pesquisadores. Desta maneira, a adoção de posturas inadequadas assumidas para a realização de determinados trabalhos, associada com outros fatores de risco existentes no posto de trabalho constituem-se, segundo (COUTO, 1995), “numa das maiores causas de afastamento do trabalho e de sofrimento humano”.

2.1.1 Antropometria

A antropometria trata sobre adquirir e documentar as medidas físicas do corpo humano (LIDA, 1990). Aparentemente, medir as pessoas seria uma tarefa fácil, bastando para isso ter uma régua, trena e balança. Entretanto, isso não é assim tão simples, quando se deseja obter medidas confiáveis de uma população que contém indivíduos dos mais variados tipos. Além disso, as condições em que essas medidas são realizadas (com roupa ou sem roupa, com ou sem calçado, ereto ou na postura relaxada) influem consideravelmente nos resultados.

A partir da década de 40 começou a haver necessidade de medidas antropométricas cada vez mais detalhadas e confiáveis devido às necessidades da produção em massa (LIDA 1990). No projeto de um carro, por exemplo, um dimensionamento de alguns centímetros a mais, sem necessidade, pode provocar um aumento considerável nos custos de produção, sendo considerada a série de centenas de milhares de carros produzidos. Outro exemplo ainda mais dramático é o da indústria aeroespacial, onde cada centímetro ou quilograma tem uma influência significativa no desempenho e economia da aeronave.

Por outro lado, surgiram muitos sistemas de trabalho complexos, como centros de controle operacional de usinas siderúrgicas, onde o desempenho humano é crítico, sendo indispensável tomar todos os cuidados durante o projeto desses sistemas.

Assim, até a década de 40, as medidas antropométricas visavam determinar apenas as grandezas médias da população como pesos e estaturas médias (LIDA, 1990). Depois se passou a determinar as variações e os alcances dos movimentos. Hoje, o interesse maior se concentra no estudo das diferenças entre grupos e a influência de certas variáveis como etnias, regiões e culturas. Com o crescente volume do comércio internacional, pensa-se hoje em determinar os padrões mundiais de medidas antropométricas.

Neste trabalho, a antropometria tem um papel muito importante, pois fornece dados sobre medidas do corpo humano que são indispensáveis à utilização da metodologia proposta para classificação postural. Devido à escassez de dados antropométricos da população brasileira, e os dados existentes não serem de disponibilização gratuita, utilizamos dados da população norte-americana, que são descritos na tabela a seguir:

Tabela 1 - Medidas de antropometria estática da população norte-americana, baseadas em uma amostra de 52.744 – Homens de de 18 a 79 anos e 53.343 milhares de 18 a 79 anos realizada entre 1960 e 1962 (US Public Health Publication no. 1000 series 11 – 1965)

MEDIDAS DE ANTROPOMETRIA ESTÁTICA (cm)	MULHERES			HOMENS		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
1.0 PESO	47	62	90	57	75	98
1.1 ESTATURA, CORPO ERETO	149,9	159,8	170,4	161,5	173,5	184,9
2.1 ALTURA DACABEÇA, SENTADO, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	78,5	84,8	90,7	84,3	90,7	96,5
2.1 ALTURA DA CABEÇA, SENTADO, A PARTIR DO ASSENTO, NATURAL	75,2	82,0	88,1	84,3	86,6	93,0
2.4 ALTURA DO COTOVELO, A PARTIR DO ASSENTO, ERETO	18,0	23,4	27,9	18,8	24,1	29,5
2.5 ALTURA DO JOELHO, SENTADO	45,5	49,8	54,6	43,0	54,4	59,4
2.6 ALTURA POPLÍTEA (PARTE INFERIOR DA COXA)	35,6	39,9	44,5	39,4	43,9	40,0
2.8 COMPRIMENTO NÁDEGA-POPLÍTEA	43,2	48,0	53,3	43,9	49,5	54,9
2.8 COMPRIMENTO NÁDEGA-JOELHO	51,8	56,9	63,5	54,1	59,2	64,0
2.11 LARGURA DAS COXAS	10,4	13,7	17,5	10,9	14,9	17,5
2.12 LARGURA ENTRE COTOVELO	31,2	38,4	49,0	43,8	41,9	50,5
2.13 LARGURA DOS QUADRIS, SENTADO	31,2	36,3	43,4	31,0	35,6	40,4

2.2 Definição do Processo de Segmentação

2.2.1 Escala de cinza

Alguns filtros, como o filtro da diferença, necessitam que a imagem de entrada esteja em tom de cinza, pois se baseiam na intensidade luminosa para gerar a imagem de saída. Por esse motivo a conversão para a escala de cinza é uma etapa necessária para aplicação de alguns filtros. A imagem monocromática (nível de cinza) tem apenas um componente, diferente do modelo RGB que utiliza três componentes (vermelho, verde e azul) (PRATT, 1991).

Segundo o autor (GONZALEZ, 2000), cada um desses componentes é quantizado por um número de bits. Em processamento de imagens digitais costuma-se assumir que essa quantidade seja de oito bits (1 Byte), ou seja, $2^8 = 256$ possibilidades de tons diferentes neste componente (escala de cinza), variando do preto ao branco (0 a 255). Para o RGB que contém três componentes, as possibilidades de valores diferentes seriam $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24}$ totalizando mais de 16 milhões de cores possíveis.

A conversão da imagem em cores para a escala de cinza pode ser feita pixel a pixel, somando uma porcentagem de cada uma das três cores e atribuindo novamente este valor para o pixel. Conforme (PRATT, 1991), os valores que multiplicam as 3 cores para se obter a porcentagem são: para vermelho 0,299, para o verde 0,587 e para o azul 0,114. A porcentagem obtida representa a luminosidade de cada uma dessas cores. A Figura 1 demonstra o processo da conversão, onde a primeira imagem contém os tons RGB e a segunda é a imagem convertida para a escala de cinza.



Figura 1a – Figura normal; 1b – Figura em Escala de Cinza.

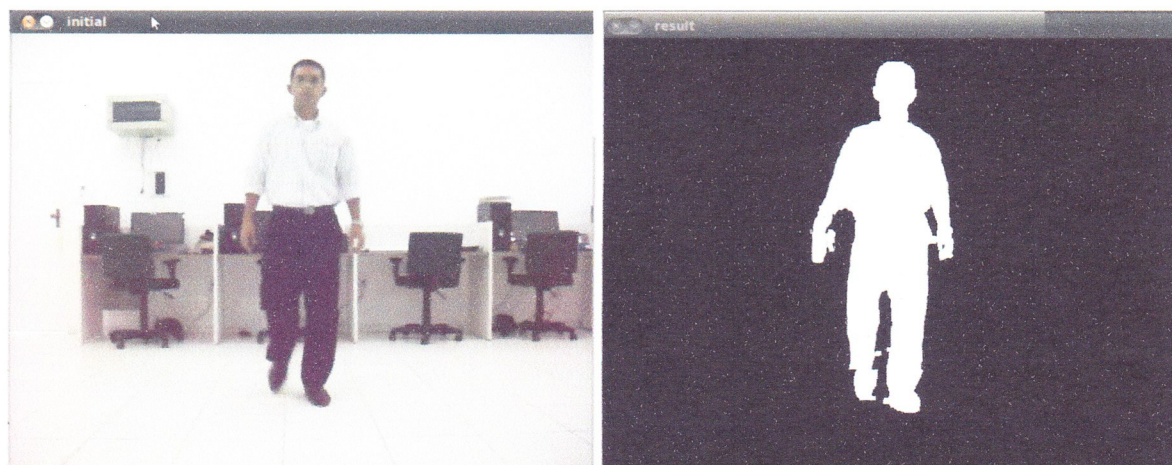
2.1.2 Limiarização

Suponhamos que uma imagem seja composta por objetos de maneira que os pixels do objeto e os do fundo tenham seus níveis de cinza agrupados em dois grupos dominantes e relativamente distintos.

A limiarização é realizada varrendo-se toda a matriz de pixels pertencente à imagem, onde cada pixel é classificado ou como pertencendo ao objeto a ser segmentado ou como pertencente ao fundo da imagem, dependendo se o nível de cinza daquele pixel for maior ou menor que T , segundo (PRATT, 1991). T é o parâmetro de corte, onde cada pixel com valor inferior a T será preto e os com valor superior serão brancos.

O resultado será uma imagem com dois níveis de cores, sendo ou preto ou branco, o que em processamento de imagens é o conceito de imagem binarizada. Com este resultado temos uma imagem com objetos separados de seu fundo (segmentada), facilitando assim possíveis reprocessamentos futuros em busca de informações. A Figura 2 demonstra o

resultado obtido do processo de limiarização de uma imagem, destacando o objeto em movimento do fundo estático do ambiente.



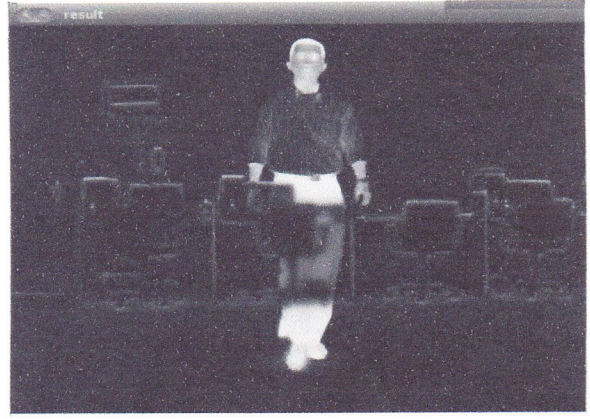
(a)

(b)

Figura 2a – Imagem Normal; 2b – Imagem após a limiarização.

2.1.3 Filtro da Diferença

Este filtro calcula a diferença absoluta entre duas imagens. Uma das abordagens mais simples para a detecção de mudanças entre duas imagens é a comparação das duas imagens pixel a pixel (PRATT, 1991). Essas imagens devem ter as mesmas dimensões, o que torna este processo recomendável para frames de um mesmo vídeo. A diferença é feita subtraindo o valor de cada pixel da primeira imagem com o pixel correspondente da segunda imagem. O resultado será a imagem da diferença, onde os pixels que não foram alterados não aparecem, exibindo apenas as diferenças. A Figura 3 ilustra o resultado do processo de subtração de imagem, onde o objeto em movimento ganha destaque. O resultado deste processo serve de entrada para a limiarização da imagem, onde teremos somente o objeto em movimento.



(a) (b)
Figura 3a – Imagem Normal; 3b – Imagem após a subtração de fundo.

4 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a metodologia desenvolvida durante este trabalho. Primeiro, é capturado um vídeo que contenha a pessoa que estamos querendo classificar sua postura. Para efeito de calibração do sistema, a pessoa deve ser primeiramente filmada em sua postura em pé, assim teremos a medida de sua altura e poderemos calcular o centro de gravidade de seu corpo de maneira mais eficaz.

Este trabalho irá utilizar na etapa de segmentação um método baseado em movimento, que tem por base uma imagem de referência do ambiente, de onde será efetuada a subtração de fundo, restando apenas o objeto que queremos estudar. O fato de este método possuir uma implementação simples e concisa comparada a outros que utilizam inteligência artificial, como por exemplo, segmentação baseada em “clusterização”, onde é necessária a análise de cada objeto visando agrupá-los por similaridade, foi decisivo para a sua escolha.

A base para o funcionamento do método escolhido é a imagem que serve de referência do ambiente, onde não havendo esta, não é possível a aplicação do método. Este fato geralmente ocorre em casos que existe apenas uma única imagem e se deseja realizar a segmentação, onde não existe uma imagem que possa representar o ambiente. Já em fluxo de vídeo, a aplicação deste método é mais propícia, pois é possível capturar uma imagem de referência do ambiente antes do aparecimento do objeto e assim posteriormente aplicar o filtro da diferença que é à base da subtração de fundo de uma imagem.

Em seguida, a medição da distância do centro de gravidade em relação aos pés da pessoa é monitorada de forma constante, pois este é o mecanismo principal adotado por esta metodologia para a classificação postural da pessoa. A Figura 3 ilustra todo o processo de classificação postural realizado pela metodologia.



Figura 4 - Diagrama Sequencial das etapas realizadas pela Metodologia

4.1 Aquisição do vídeo

A aquisição dos vídeos foi feita com uma câmera digital Samsung SC-DX103/XAZ LCD 2,7in Zoom Digital 1200x /Óptico 34x em um ambiente comum onde não houve um controle de luminosidade. Isto foi feito tentando representar ao máximo as condições ambientais em que a metodologia possa ser futuramente empregada.

Os vídeos gerados para este trabalho têm por único objetivo testar a metodologia proposta para classificação postural e assegurar que o mesmo sirva para ser usado em aplicações de tempo real.

A câmera fica posicionada a mais ou menos 1m de altura do solo sobre um apoio fixo, de frente para a pessoa que ela irá filmar. O modelo descrito anteriormente pode ser mais bem visualizado a partir da Figura 4:



Figura 5 - Câmera Digital utilizada para a aquisição dos vídeos.

4.2 Pré-processamento dos Frames

Como já citado anteriormente, este método utiliza uma imagem de referência, que representa o ambiente, capturada em um tempo pré-definido, onde podemos defini-la como:

$$I = f(x, y, t_i) \quad (1)$$

onde I é a uma imagem na escala de cinza (intensidade luminosa) no posição (x,y) no instante de tempo t_i pré-definido. A ação do método é destinada a calcular a diferença entre a imagem de referência com a imagem capturada em tempo real (quadro atual), sendo:

$$I = f(x, y, t_j) \quad (2)$$

As duas equações anteriores representam duas imagens que são capturadas em um vídeo em tempos distintos, t_i e t_j , possibilitando assim verificar distinções entre as duas imagens. Como o autor (CARDOSO, 2006) cita, esta diferença pode ser definida como:

$$D_{ij}(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |f(x,y,t_i) - f(x,y,t_j)| > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

A definição acima indica que o valor nas coordenadas $f(x,y)$ só será 1 se a diferença entre os níveis de cinza das duas imagens é significativamente diferente naquelas coordenadas, conforme especificado pelo limiar T . Dessa forma, a segmentação é realizada ao aplicar 255 para os valores das coordenadas que resultaram em um valor maior que o limiar pré-definido e 0 para os demais (considerando a intensidade de cor do canal de 8 bits) (PRATT, 1991). O resultado é o fundo preto e os objetos brancos, ou vice-versa. Essa diferença resultante mantém características dimensionais e geométricas dos objetos, que se extraídas, auxiliam na decisão da classificação de objetos. O sequência de imagens a seguir ilustrado pela Figura 5 mostra a aplicação dos filtros citados até o momento:

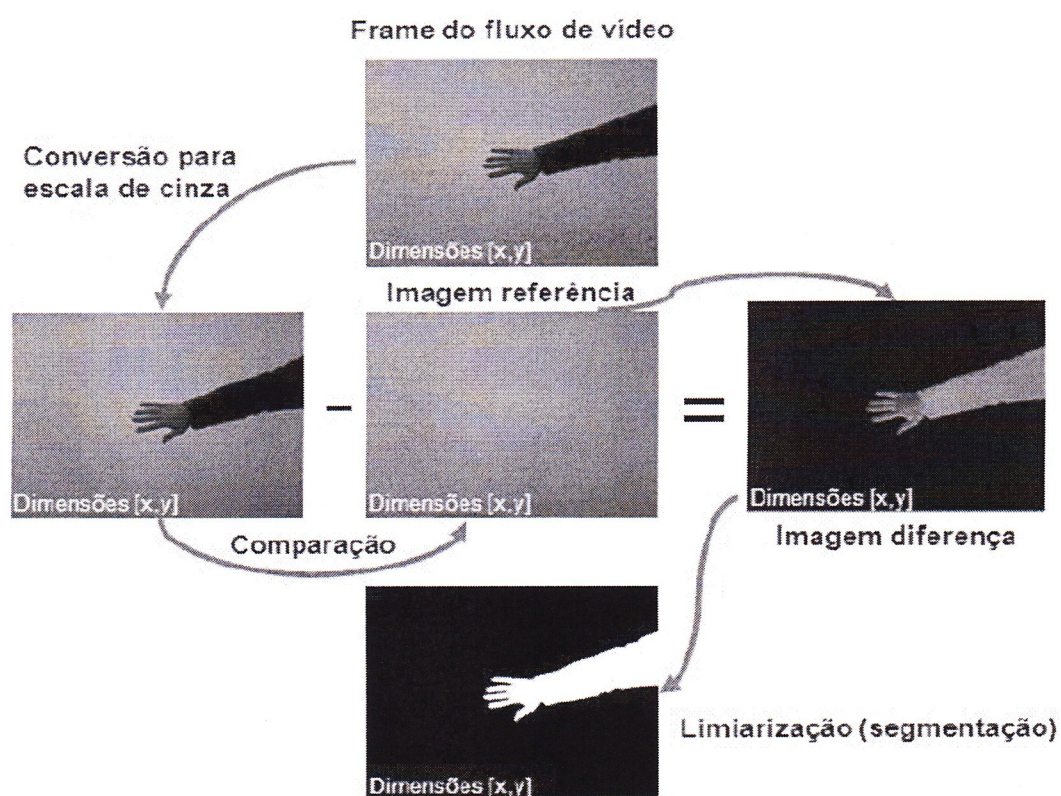


Figura 6 - Etapas do processamento dos frames

4.3 Classificação Postural

Nesta seção será mostrado como é feito a estimação da postura da pessoa analisando os frames do vídeo. Após os devidos processamentos feitos em cima dos frames como foi discutido no tópico anterior, foi realizado o cálculo do ponto onde estava o Centro de Massa (CM) da pessoa e este ponto foi monitorado, pois foi utilizado para cálculos de medidas antropométricas que foram essenciais para a classificação postural.

4.3.1 Cálculo do Centro de Gravidade

O equilíbrio corporal é hoje uma das capacidades físicas mais estudadas. Os estudos direcionados a esse tema buscam identificar as causas dos desequilíbrios, a prevenção de quedas, às estratégias de manutenção da postura e, a interação dos sistemas sensoriais envolvidos na estabilidade. Em estudos realizados (LEMOS et. al., 2009) uma das constatações desses autores está no fato de que diversos fatores podem ser considerados como intervenientes na manutenção do equilíbrio corporal, sendo um deles o centro de gravidade (CG) e/ou Centro de Massa (CM). No corpo humano o Centro de Gravidade (CG) coincide com o Centro de Massa (CM). Com essas informações em mente, foi escolhido o Centro de Gravidade (CG) como ponto referencial no cálculo das distâncias antropométricas.

Para a realização do cálculo do CG, foi inserida uma borda retangular ao redor do contorno da pessoa que foi conseguido após a realização da subtração do fundo. Este procedimento pode ser mais bem entendido com a visualização da Figura 6:

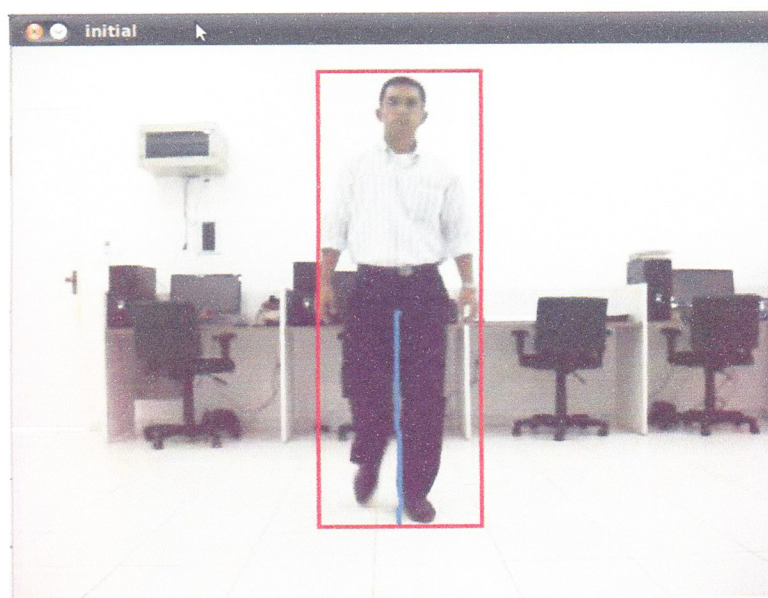


Figura 7 - Exemplo de uso da borda quadrada

Em seguida, é calculado o ponto central da borda quadrada verificando a altura e a largura da borda, pois as coordenadas do CG (Centro de Gravidade) encontram-se justamente na altura média e na largura média da borda quadrada.

Deve-se ressaltar que a perspectiva da pessoa em relação à câmera é um fator de forte influência para o cálculo do CG, pois é necessária que a pessoa esteja a uma distância adequada da câmera para que o CG possa ser estimado de maneira eficiente.

4.3.2 Estimação da Postura

Após a obtenção do CG da pessoa, podemos assim partir para a estimação da postura que ela adotou durante os vídeos. Para isso iremos utilizar os dados fornecidos pela Antropometria, onde monitoramos a distância do CG em relação ao solo.

Caso a distância do CG em relação ao solo fosse maior do que a distância dos joelhos em relação ao solo quando na posição sentado, dado fornecido pela Antropometria, a pessoa será classificada como estando na posição em pé. Se a distância fosse muito próxima à do joelho em relação ao solo na posição sentada, a pessoa será classificada como estando na posição sentada. Por fim, se a distância for menor, a pessoa será classificada como estando na posição agachada.

As equações em (4) demonstram o que foi dito anteriormente. Foi-se acrescentada uma folga de 10% para que a classificação pudesse ocorrer de forma mais flexível, ou seja, não apenas um valor exato determinaria a classificação, mas um pequeno conjunto de valores. Isto se mostrou apropriado devido à variação na localização do CG em cada pessoa e para compensar possíveis falhas nos frames devido à sua qualidade ruim.

$$\begin{cases} H > R * 1,1 & \text{(em pé)} \\ R * 0,9 < H < R * 1,1 & \text{(sentado)} \\ H < R * 0,9 & \text{(agachado)} \end{cases} \quad (4)$$

As equações em (4) mostram as condições para a classificação postural da pessoa em cada uma das posturas que a metodologia se propõe. Nelas H é a altura corrente do CG da pessoa e R é a distância obtida da Antropometria e usada como base do cálculo.

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão descritos os testes realizados para a validação da metodologia computacional proposta. Os testes foram feitos utilizando vídeos em que a pessoa assume as três posturas que a metodologia se propõe a classificar, a saber, em pé, sentada e agachada. Após a análise dos vídeos pela metodologia foram geradas algumas tabelas estatísticas para averiguar o grau de eficácia atingido pela metodologia.

5.1 Testes

Nesta seção vamos mostrar alguns testes que foram realizados para mostrar como é a atuação da metodologia proposta e vermos a sua eficácia em estimar a postura da pessoa (em pé, sentada e agachada) em um vídeo. Os testes que foram realizados foram quatro: teste na posição frontal, teste na posição lateral direita, teste na posição lateral esquerda e teste na posição de costas.

5.1.1 Teste 1 – Posição Frontal

Este teste consiste em uma pessoa passando em frente a uma câmera, onde ela irá ficar nas três posturas que a metodologia se propõe a classificar: em pé, sentado e agachado. No momento em que a pessoa estiver em frente à câmera, ela inicia a sua exibição inicialmente na postura em pé, pois isso possibilita que a metodologia calcule o CG (Centro de Gravidade) com base no contorno da pessoa que é extraído utilizando técnicas de processamento de imagens.

Assim, com o contorno da pessoa extraído do *frame*, o sistema engloba este contorno com uma borda quadrada de forma que englobe todo o contorno da pessoa. Após isso, calcula-se o ponto central desta borda quadrada que coincidirá com o CG (Centro de Gravidade) da pessoa. De acordo com a distância em que o CG esteja do solo, a metodologia

classifica a postura da pessoa em uma das três posturas pré-determinadas. As Figuras 7 a 9 a seguir irão mostrar exemplos do funcionamento da metodologia:



Figura 8 - Pessoa em pé de frente para a câmera



Figura 9 - Pessoa sentada de frente para a câmera.



Figura 10 - Pessoa agachada de frente para a câmera

5.1.2 Teste 2 – Posição Lateral Direita

Este teste consiste em uma pessoa passando em frente a uma câmera, onde ela irá ficar nas três posturas que a metodologia se propõe a classificar: em pé, sentado e agachado. Assim que a pessoa estiver em frente à câmera, posicionando-se com seu lado direito de frente para a mesma, ela inicia a sua exibição inicialmente na postura em pé, pois isso possibilita que a metodologia calcule o CG com base em seu contorno que é extraído do contorno da pessoa utilizando técnicas de processamento de imagens.

Assim, com o contorno da pessoa extraído do frame, o sistema engloba este contorno com uma borda quadrada de forma que englobe todo o contorno da pessoa. Após isso, calcula-se o ponto central desta borda quadrada que coincidirá com o CG da pessoa. De acordo com a distância em que o CG esteja do solo, o sistema classifica a postura da pessoa em uma das três posturas pré-determinadas. As figuras 10 a 12 a seguir irão mostrar exemplos do funcionamento da metodologia:



Figura 11 - Pessoa em pé com a lateral direita para a câmera

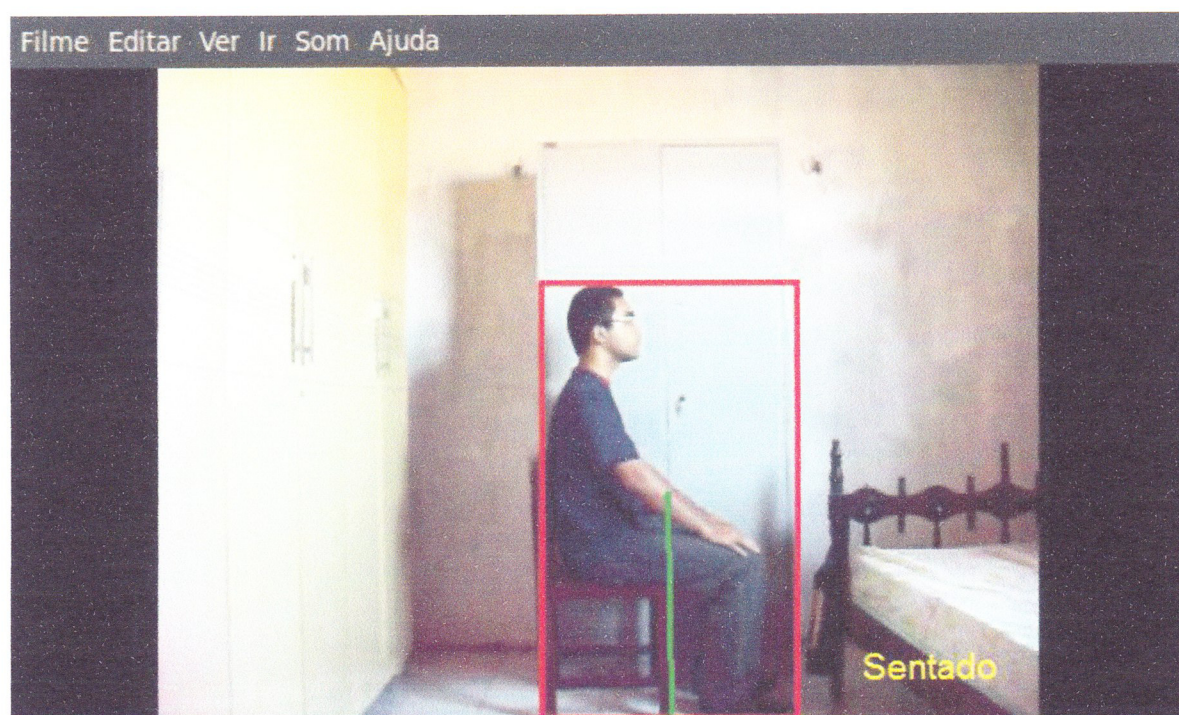


Figura 12 - Pessoa sentada com a lateral direita para a câmera



Figura 13 - Pessoa agachada com a lateral direita para a câmera

5.1.3 Teste 3 – Posição Lateral Esquerda

Este teste consiste em uma pessoa passando em frente a uma câmera, onde ela irá ficar nas três posturas que a metodologia se propõe a classificar: em pé, sentado e agachado. Assim que a pessoa estiver em frente à câmera, posicionando-se com seu lado esquerdo de frente para a mesma, ela inicia a sua exibição inicialmente na postura em pé, pois isso possibilita que a metodologia calcule o CG com base em seu contorno que é extraído do contorno da pessoa utilizando técnicas de processamento de imagens.

Assim, com o contorno da pessoa extraído do frame, o sistema engloba este contorno com uma borda quadrada de forma que englobe todo o contorno da pessoa. Após isso, calcula-se o ponto central desta borda quadrada que coincidirá com o CG da pessoa. De acordo com a distância em que o CG esteja do solo, o sistema classifica a postura da pessoa em uma das três posturas pré-determinadas. As figuras 13 a 15 a seguir irão mostrar exemplos do funcionamento da metodologia:

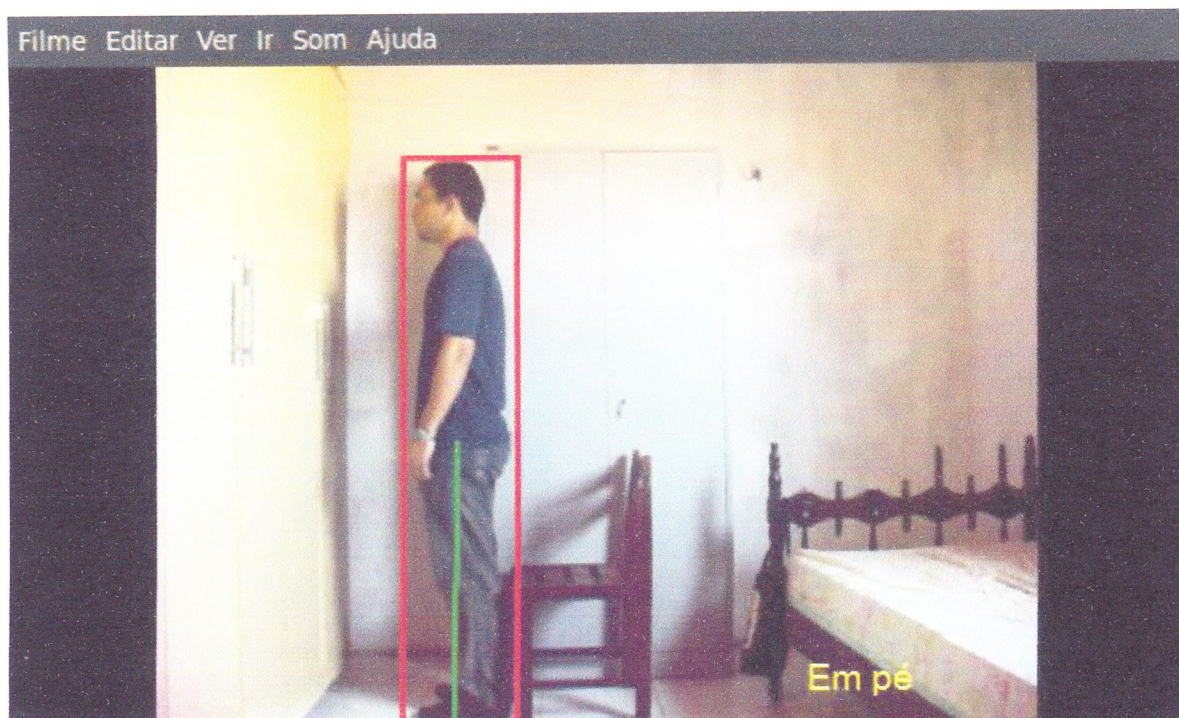


Figura 14 - Pessoa em pé com a lateral esquerda para a câmera

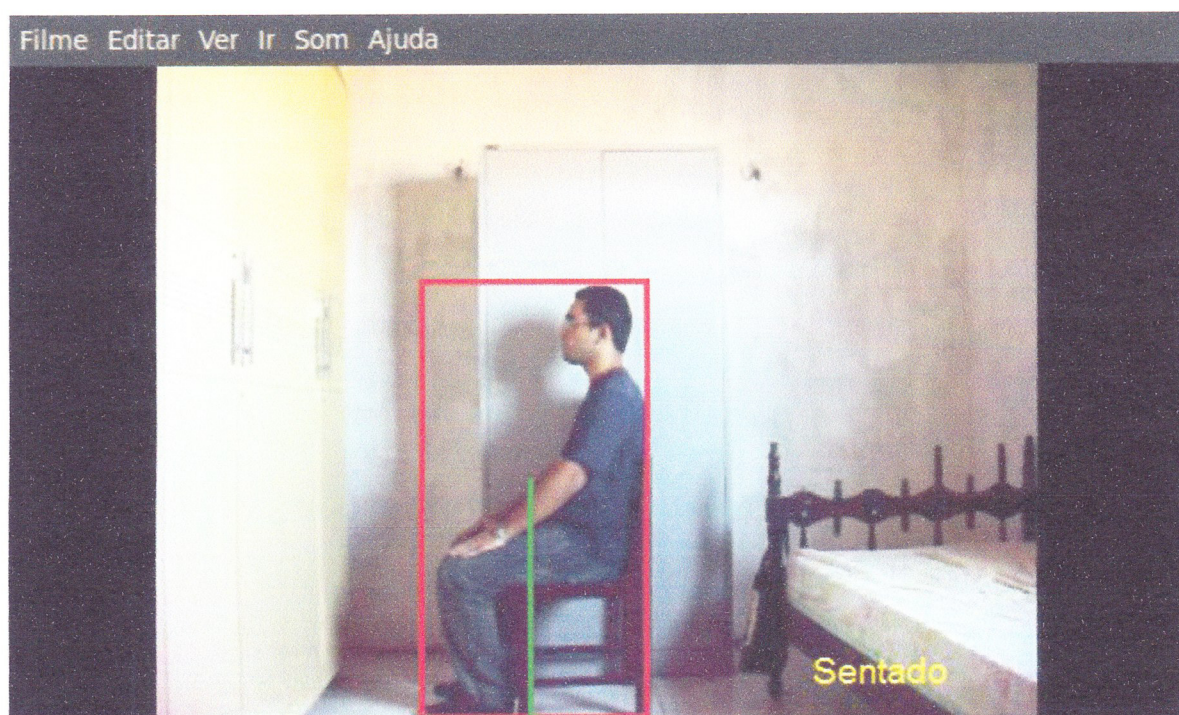


Figura 15 - Pessoa sentada com a lateral esquerda para a câmera



Figura 16 - Pessoa agachada com a lateral esquerda para a câmera

5.1.4 Teste 4 – Posição de Costas

Este teste consiste em uma pessoa passando em frente a uma câmera, onde ela irá ficar nas três posturas que a metodologia se propõe a classificar: em pé, sentado e agachado. Assim que a pessoa estiver em frente à câmera, posicionando-se de costas para a mesma, ela inicia a sua exibição inicialmente na postura em pé, pois isso possibilita que a metodologia calcule o CG com base em seu contorno que é extraído do contorno da pessoa utilizando técnicas de processamento de imagens.

Assim, com o contorno da pessoa extraído do frame, o sistema engloba este contorno com uma borda quadrada de forma que englobe todo o contorno da pessoa. Após isso, calcula-se o ponto central desta borda quadrada que coincidirá com o CG da pessoa. De acordo com a distância em que o CG esteja do solo, o sistema classifica a postura da pessoa em uma das três posturas pré-determinadas. As figuras 16 a 18 a seguir irão mostrar exemplos do funcionamento da metodologia:

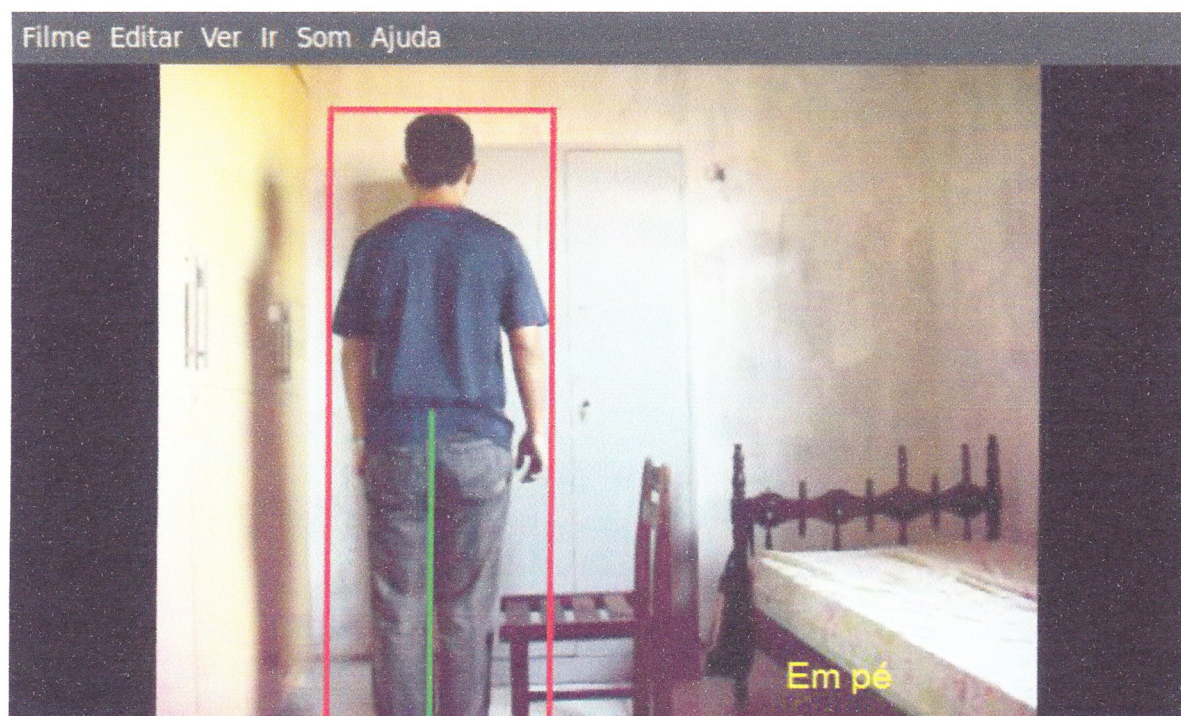


Figura 17 - Pessoa em pé de costas para a câmera



Figura 18 - Pessoa sentada de costas para a câmera

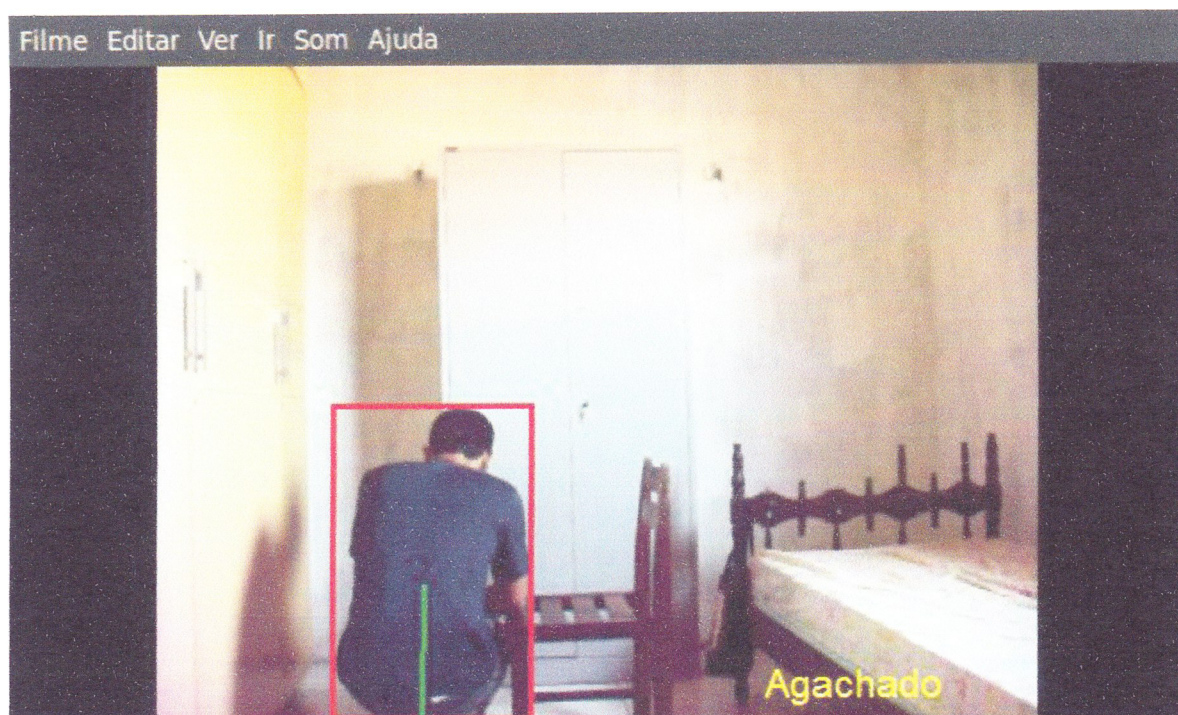


Figura 19 - Pessoa agachada de costas para a câmera

5.2 Análises dos Resultados

Nesta seção faremos uma análise dos resultados para a verificação da eficiência e eficácia da metodologia computacional proposta. Para isso fizemos vários testes com as posições informadas na seção anterior, sob condições diferentes de iluminação e postura para constatar a porcentagem de acerto.

5.2.1 Testes com luminosidade

Os testes com luminosidade constataram que a metodologia necessita de um prévio controle de luminosidade do ambiente de onde o vídeo será gravado, para que isso não afete o resultado final da classificação. Tanto níveis altos quanto níveis baixos de luminosidade se mostraram danosos para o processo de classificação que a metodologia computacional proposta adota.

Altos níveis de luminosidade são prejudiciais, pois dificultam a detecção da pessoa por meio das técnicas de processamento de imagens adotadas. Algumas dificuldades causadas

foram o surgimento de muitas sombras e o reflexo do corpo da pessoa em outras partes do ambiente. Tanto os reflexos quanto as sombras são considerados ruídos pela metodologia adotada e interfere de maneira significativa todo o processo de classificação postural, confundindo a metodologia sobre o que é para destacar e classificar.

Na tabela 1 é mostrado o percentual de eficiência da metodologia em relação à alta luminosidade. A coluna QUANTIDADE mostra quantos testes foram realizados em cada postura. A coluna ACERTOS mostra a quantidade de acertos obtidos pela metodologia. A coluna ERROS mostra a quantidade de erros cometidos. E a coluna % DE ACERTO mostra o percentual de acerto com base nos acertos e erros.

Tabela 1 - Percentual de acertos da classificação postural com 75% de luminosidade.

POSTURA	QUANTIDADE	ACERTOS	ERROS	% DE ACERTO
EM PÉ	10	7	3	70%
SENTADO	10	5	5	50%
AGACHADO	10	6	4	60%

Baixos níveis de luminosidade também são ruins, pois diminuem o nível de contraste entre a pessoa e o ambiente ao seu redor. Isto por sua vez impossibilita que a metodologia consiga “encontrar” e destacar a pessoa de forma adequada nos frames do vídeo.

Na Tabela 2 é mostrado o percentual de eficiência da metodologia em relação à baixa luminosidade. A coluna QUANTIDADE mostra quantos testes foram realizados em cada postura. A coluna ACERTOS mostra a quantidade de acertos obtidos pela metodologia. A coluna ERROS mostra a quantidade de erros cometidos. E a coluna % DE ACERTO mostra o percentual de acerto com base nos acertos e nos erros cometidos.

Tabela 2 - Percentual de acertos da classificação postural com 30% de luminosidade.

POSTURA	QUANTIDADE	ACERTOS	ERROS	% DE ACERTO
EM PÉ	10	8	2	80%
SENTADO	10	7	3	70%
AGACHADO	10	4	6	40%

Foi observado um desempenho ruim com relação à detecção e classificação da postura sentada durante a utilização de baixos níveis de luminosidade. Isto aconteceu devido ao fato da cadeira utilizada para os testes ter um tom escuro, o que causou confusão para a metodologia que por várias vezes destacava e classificava a cadeira, em vez da pessoa no vídeo.

5.2.2 Testes com outras posturas

Nos testes foram adotadas outras posturas além daquelas que a metodologia se propunha a classificar (em pé, sentado e agachado). Posturas tais como em pé com o tronco inclinado e deitado no chão foram usadas.

Em grande parte das posturas usadas para teste, a metodologia se mostrou indiferente na classificação, pois uma vez que ela considera o CG do corpo da pessoa e o calcula a partir de uma postura inicial em pé, inclinações no tronco bem como a postura dos braços são irrelevantes. A metodologia utiliza exclusivamente a altura do CG em relação ao solo para a classificação postural.

Na Tabela 3 é mostrado o percentual de eficiência da metodologia em relação a outras posturas adotadas, tais como em pé com o tronco em inclinação lateral, em pé com o tronco em inclinação frontal e deitado, além daquelas que a metodologia se propõe a classificar. A coluna QUANTIDADE mostra quantos testes foram realizados em cada postura. A coluna ACERTOS mostra a quantidade de acertos obtidos pela metodologia. A coluna ERROS mostra a quantidade de erros cometidos. E a coluna % DE ACERTO mostra o percentual de acerto com base nos acertos e nos erros cometidos.

Tabela 3 - Percentual de acerto da classificação postural utilizando outras posturas.

POSTURA	QUANTIDADE	ACERTOS	ERROS	% DE ACERTO
EM PÉ COM INCLINAÇÃO FRONTAL	10	8	2	80%
EM PÉ COM INCLINAÇÃO LATERAL	10	7	3	70%
DEITADO	10	4	6	40%

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma metodologia computacional para a classificação postural de uma pessoa baseada em vídeo, que tem por objetivo detectar a pessoa no vídeo, analisar sua postura e classificá-la em uma das três posturas propostas: em pé, sentado e agachado. Essa informação é de grande importância, pois serve de base para outras metodologias computacionais, tais como analisadores posturais, que monitoram constantemente a postura da pessoa em seu ambiente de trabalho e solicita correções caso o trabalhador adote uma postura que seja danosa ao seu sistema músculo-esquelético.

Posteriormente, foram adotadas técnicas de processamento de imagens bem conhecidas tais como subtração de fundo e limiarização para que fosse feita a detecção da pessoa no vídeo e o cálculo do CG (Centro de Gravidade) em seu corpo. Em seguida foram utilizadas informações sobre antropometria, o que possibilitou extrair dados relevantes do vídeo que contribuíram de forma significativa para a classificação postural da pessoa de maneira eficaz. Através do CG, foi possível o monitoramento de forma constante de sua distância em relação ao solo e assim, com base nesta informação, fomos capazes de determinar em qual postura a pessoa estava em determinado momento do vídeo.

Como parte final do trabalho, os testes foram feitos para validarmos os resultados obtidos bem como verificarmos a eficiência da metodologia computacional. Os testes consistiram em vídeos em que a pessoa adotava as posturas propostas para classificação bem como outras não previstas. Foi feito também a classificação em níveis diferenciados de iluminação para vermos o quanto o sistema era sensível à iluminação do ambiente. Os testes mostram que a metodologia obteve um resultado satisfatório em classificar de maneira correta a postura de uma pessoa em um vídeo.

6.1 Dificuldades Encontradas

Os itens a seguir, descrevem as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da metodologia computacional:

- Sensibilidade à iluminação ambiente.
- Câmera não deve sofrer nenhum movimento durante a aquisição dos vídeos.
- A pessoa deve estar a uma distância ideal da câmera, em torno de 2 (dois) metros a 2,5 (dois e meio) metros.

6.2 Trabalhos Futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, podemos enumerar algumas soluções para os problemas encontrados durante o desenvolvimento da metodologia que podem ser implementadas, aumentando assim a sua eficiência e até mesmo ampliando o escopo de posturas detectáveis são descritas a seguir:

- Detecção de Fundo dinâmico, onde o fundo do vídeo sofre alterações com o decorrer do tempo.
- Utilização de filtro HSV durante o processamento dos frames, o que pode reduzir a sensibilidade à iluminação ambiente.
- Detecção de outras partes do corpo humano, tais como pescoço, braços e pernas, possibilitando a classificação de uma maior variedade de posturas.
- Aplicação da lógica Fuzzy durante a classificação postural, o que possibilitaria a verificação da tendência da postura atual da pessoa para uma das posturas classificáveis pela metodologia.

7 REFERÊNCIAS

A. Azarbayjani, C. Wren, and A. Pentland, “**Real-Time 3D Tracking of the Human Body,**” Proc. IMAGE'COM, 1996.

A. Bobick, J. Davis, S. Intille, F. Baird, L. Cambell, Y. Irinov, C. Pinhanez, and A. Wilson., “**Kidsroom: Action Recognition in an Interactive Story Environment,**” Technical Report 398, M.I.T. Perceptual Computing, 1996.

AMADIO, Alberto Carlos (Coord.). **Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento Humano.** São Paulo: Laboratório de Biomecânica. EEFUSP, 1996.

C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland, “**Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body,**” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence vol. 19, no. 7, July 1997.

CANDEIAS, N. M. F. et al. “**Percepção de trabalhadores metalúrgicos sobre problemas de saúde e riscos ambientais**”. Revista da Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, v.32, n.3, p. 231-246, out.1998.

CARDOSO, Junior M. 2006. **Avaliação Ergonômica: Revisão dos Métodos para Avaliação Postural.** Revista Produção Online, 6(3).

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho – manual técnico da maquina humana.** Belo Horizonte-MG: Ergo, v. 1, 1995.

DUARTE M. **Análise Estabilográfica da postura ereta humana quasi-estática.** Tese de livre docência na área de biomecânica. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2000.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática.** São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

FUJIYOSHI, Hironobu., Lipton, Alan J., Kanade, T. **Real-Time Human Motion Analysis by Image Skeletonization.** Special Section on Machine Vision Applications, 2004.

GONÇALVES, Mauro. 1998. **Variáveis Biométricas Analisadas Durante o Levantamento Manual de Carga.** MOTRIZ, 4(2), 85-90.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E., **Processamento de Imagens Digitais.** São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher Ltda, 2000.

GUÉLAUD,F.; BEAUCHESNE, M.N.; GAUTRAT, J. e ROUSTANG, G. **Pour une analyse des Conditions du Travail Ouvrier dans l'Enterprise. Recherche du Laboratoire d'Economie et de Sociologie du Travail.** Paris:Librarie Armand Colin, 1975. 245 p.

I. Haritaoglu, member IEEE, D. Harwood, member IEEE and Larry S. Davis, fellow IEEE, “**W⁴: Real-Time Surveillance of People and Their Activities**”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 8, August 2000.

J. Rehg, M. Loughlin, and K. Waters, "Vision for a Smart Kiosk," Computer Vision and Pattern Recognition, 1997.

JAIMES, A., Liu, J. **Sit Striaght (and tell me what I did today): A Human Posture Alarm and Activity Summarization System.** FXPAL Japan, Corporate Research Group. Japan.

KANDEL, E.R.; SCHWARZ, J.H.; JESSEL, T.M. **Principles of Neural Science.** Elsevier, 1991.

KARHU, O., Härkonen, R., Sorvali, P., Vepsäläinen. **Observing working postures in industry: Examples of OWAS Application.** Applied Ergonomics, 1981.

LAVILLE, A. *Ergonomia.* São Paulo: EPÚ, 1977.

LEMOS LFC, TEIXEIRA CS, MOTA CB. **Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal.** R. bras. Ci. e Mov 2009;17(4):83-90.

LIAO, Tsung-Yen., Miaou, Shaou-Gang., Li, Yu-Ren. **A Vision-Based Walking Posture Analysis System without Markers.** 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS), 2010.

LIDA, Itiro. "Ergonomia: Projeto e Produção", São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

MAIA, Ivana. Fevereiro, 2008. **Avaliação das Condições Posturais dos Trabalhadores na Produção de Carvão Vegetal em Cilindros Metálicos Verticais.** M.Phil. thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MONTMOLLIN, M. **L'analysis du travail , l'ergonomic, la "qualité de la vie de travail les américains, et nous.** *Le Travail Humain*, Paris, v. 45, n.1, p. 119-124, 1982.

OLIVER, Jean. **Cuidados com as Costas: Um Guia para Terapeutas.** São Paulo: Manole. 1999.

PRATT, William K. (1991). **Digital Image Processing.** New York: John Wiley & Sons.

PROENÇA, R.P.C. e MATOS, C.H. **Condições de trabalho e saúde na produção de refeições em creches municipais de Florianópolis.** *Revista Ciências da Saúde*, v.15, n.1-2, p.73-84, 1996.

ZENI, L., Salles, R., & Benedetti, T. **Avaliação Postural pelo Método Owas.** Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/ergon/disciplinas/EPS3670/docs/owas%20art.doc>. Acessado em 30 Jun. 2012.