

DESENVOLVIMENTO DE UMA BENGALA ELETRÔNICA PARA LOCOMOÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Danilo Ribeiro de Gouveia Santos, danilo.ribilo@gmail.com¹
Werley Rocherter Borges Ferreira, werley_meca@hotmail.com¹
Marco Aurélio Borges, m.aurelioborges@gmail.com¹
Rogério Sales Gonçalves, rsgoncalves@mecanica.ufu.br¹

¹Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, CEP 38400-902, Uberlândia – MG – Brasil.

Resumo: Neste trabalho será apresentado o desenvolvimento de uma bengala eletrônica para auxiliar na locomoção das pessoas com deficiência visual. A grande dificuldade de locomoção destas pessoas está relacionada com a presença de obstáculos na altura do tórax e cabeça como, por exemplo, cabines telefônicas, caixas de correio, caçambas de caminhões, lixeiras e placas. A bengala convencional é um bastão que, mesmo com todo avanço tecnológico, se traduz como o mais eficiente meio de locomoção para pessoas com deficiência visual ou com baixa visão. Esta funciona como uma extensão tátil que permite transmitir a pessoa às informações do terreno como se ela tivesse passando a mão no solo permitindo a identificação de obstáculos como, por exemplo, desníveis, buracos, obstáculos no chão e pessoas que se encontrem na linha de caminhada. Desta forma este trabalho apresenta uma bengala, de baixo custo, que agrega um sensor ultra-sônico para identificação de obstáculos acima da cintura informando a existência de obstáculos por vibrações na bengala. A construção da bengala utiliza um mecanismo telescópico para facilitar o transporte da bengala dentro de carros e ônibus. Primeiramente são apresentados os mecanismos de auxílio a locomoção das pessoas com deficiência visual e ilustrado as principais técnicas de locomoção com bengala que permitem o estudo detalhado da posição do sensor para identificação dos obstáculos acima da linha da cintura. Após é apresentado o projeto mecânico e eletrônico da bengala. Finalmente são apresentados os testes experimentais.

Palavras-chave: *Bengalas eletrônicas, Bengala inteligente, Sensores, Locomoção de pessoas com deficiência visual.*

1. INTRODUÇÃO

A orientação e a mobilidade estão presentes na vida de todos nós. A orientação é a capacidade de perceber o ambiente e identificar onde estamos. A mobilidade é a capacidade de nos movimentar. A visão, normalmente, é o sentido que mais diretamente colabora para a nossa orientação e mobilidade.

A orientação para o deficiente visual é o aprendizado no uso dos sentidos para obter informações do ambiente. Saber onde está, para onde quer ir e como fazer para chegar ao lugar desejado. A pessoa pode usar a audição, o tato, a cinestesia (percepção dos seus movimentos), o olfato e a visão residual (quando tem baixa visão) para se orientar. A mobilidade é o aprendizado para o controle dos movimentos de forma organizada e eficaz.

A bengala é um sistema de orientação e mobilidade no qual a pessoa com deficiência visual depende apenas de si mesmo para se deslocar pelo ambiente. A bengala é um simples bastão que, mesmo com todo o avanço tecnológico, ainda se traduz como o mais eficiente instrumento para dar independência à mobilidade de pessoas com deficiência visual ou com baixa visão. A bengala funciona como uma extensão tátil-cinestésica para transmitir à pessoa uma riqueza de informações tal e qual ela teria se caminhasse passando a mão no solo. É possível desenvolver a percepção para detectar desníveis, buracos e outros obstáculos ao nível do chão. A bengala também será um anteparo eficiente para possíveis choques contra objetos e pessoas que se encontrem na linha de caminhada da pessoa com deficiência visual, pois auxilia no equilíbrio da pessoa. A bengala longa pode ser usada em conjunto com outras formas de mobilidade, ou seja, com uma pessoa guia, com um cão-guia e com as ajudas eletrônicas (Felippe e Silveira, 2001).

Existem muitos modelos de bengalas para deficientes visuais sendo a mais comum a dobrável. As bengalas são divididas nas seguintes partes básicas: luva, gomos e ponteira. A luva serve para a pessoa segurar a bengala, os gomos constituem o corpo da bengala e a ponteira é a parte que fica em contato com o chão.

Entretanto as bengalas convencionais não são capazes de detectar obstáculos acima da linha da cintura como: placas de sinalização, caixas de correio, caçambas de caminhões, lixeiras e cabines telefônicas. Além disso, as bengalas

convencionais possuem um alcance de apenas 0,5 metros. Por isso, novos tipos de bengalas, bengalas eletrônicas, têm sido desenvolvidas visando diminuir esses tipos de acidentes, que por mais leves que sejam, podem causar danos ao usuário da bengala.

Além das bengalas, existe o cão-guia, que cumpre muito bem o seu trabalho, uma vez que recebe um treinamento especial. Além de ajudar na locomoção, o cão-guia atua também na inclusão social de seu dono, vantagem não oferecida pelas bengalas. Outras vantagens como prever acidentes e encontrar pontos de referências, como escadas, portas, cadeiras e elevadores também são oferecidas pelo cão-guia. Apesar de já existir uma instituição para o treinamento de cães-guia no Brasil, sua maior desvantagem é o preço elevado, chegando a custar em torno de R\$ 25.000,00 (Oliveira e Anderlini, 2009) e, além disso, possui manutenção elevada e algumas pessoas não toleram cachorros.

Aparelhos com sistema GPS (Global Positioning System) também estão na lista dos aparatos criados para auxiliar os deficientes visuais a se locomoverem nas cidades ou em áreas rurais. O aparelho é sugerido para ser utilizado como complemento, não sendo dispensável o uso do cão-guia ou de uma bengala.

Dentre os novos tipos de aparatos desenvolvidos para auxiliar na locomoção dos deficientes visuais, destacam-se as bengalas eletrônicas. Existem bengalas com sensores semelhantes a um sonar, que avisam por meio de vibrações no próprio cabo ou alertas sonoros sobre a presença e localização de obstáculos; bengalas que respondem a sinais de rádio de um transmissor, enviando de volta informações de localização e identificação; e também bengalas cuja localização dos objetos é feita por meio de sensores ultra-sônicos, ou seja, o aparelho emite ondas inaudíveis para humanos e verifica como elas foram refletidas.

Entre as bengalas eletrônicas destacam-se: a Smart Cane desenvolvida por estudantes da Universidade de Michigan. Esta bengala consegue reconhecer etiquetas de identificação por radio frequência localizadas ao longo do caminho, Fig. (1a), (RFIDNews, 2009). Apesar do baixo custo das etiquetas a colocações destas em grandes regiões se torna inviável.

Outro exemplo de bengala eletrônica, comercial, é a Ultracane que permite a identificação de obstáculos ao nível dos pés, pernas, tronco e cabeça. Devido à quantidade de sensores seu custo é elevado em torno de R\$ 2.500,00 (UltraCane, 2010), Fig. (1b).

Existe também uma bengala eletrônica capaz de detectar obstáculos acima da cintura e identificar os ônibus que estão passando. Esta bengala foi projetada para ter seu custo em torno de R\$ 400,00 e seu módulo é adaptável a várias bengalas convencionais (Rohan et al., 2007), Fig. (1c).

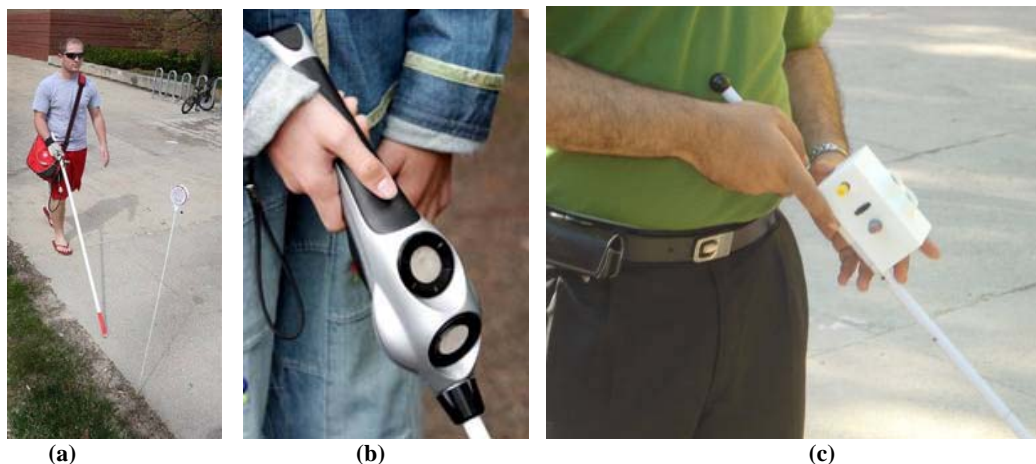


Figura 1. (a) Voluntário testando a bengala Smart Cane; (b) Foto da bengala Ultracane; (c) Aparato de Rohan et al. (2007).

O preço das bengalas convencionais variam entre R\$20,00 e R\$50,00 para as mais simples. As bengalas telescópicas e dobráveis chegam a custar em torno de R\$90,00. Já as bengalas eletrônicas existentes possuem preços entre R\$ 400,00 a R\$ 2500,00.

Existem também equipamentos com sensores ultra-sônicos que são acoplados ao corpo tentando eliminar a necessidade da bengala (Gontijo, 2009). A grande dificuldade da utilização destes equipamentos é a falta de segurança dos usuários devido à ausência da bengala que auxilia o equilíbrio e permite a clara identificação que a pessoa é deficiente visual.

Com o intuito de melhorar a qualidade de locomoção dos deficientes visuais este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma bengala eletrônica que possa auxiliar deficientes visuais com a utilização de um sensor que detecte os obstáculos acima da cintura e que seja de baixo custo. O fato da utilização de apenas um sensor, para identificação de obstáculos acima da cintura, é devido ao fato que as pessoas com deficiência visual conseguem muito bem identificar os obstáculos com a bengala abaixo da cintura como buracos, meios fios, paredes, objetos rasteiros. Em compensação as bengalas convencionais não conseguem identificar obstáculos acima da cintura como placas, cabines

telefônicas, lixeiras, caixas de correio, barras horizontais e caçamba de veículos automotivos. Estes objetos podem causar acidentes sérios. A utilização deste sensor também permite a identificação de objetos antes da colisão da bengala com pessoas e carros. Esta bengala será telescópica para facilitar seu transporte dentro de ônibus e carros. Atualmente já existem muitos objetos com essa finalidade, porém nem todos possuem eficácia apreciável ou um preço acessível para a população sendo sua grande maioria importados.

Na seqüência será apresentado o mecanismo de locomoção das pessoas com deficiência visual utilizando bengalas convencionais o protótipo da bengala eletrônica e os testes experimentais controlados e com voluntários.

2. PRINCÍPIO DE LOCOMOÇÃO POR BENGALA

Os meios de locomoção da bengala convencional envolvem movimentos de varredura, técnica diagonal, técnica de toque e técnica de deslize. Este estudo foi realizado para verificar a posição da colocação do sensor na bengala. Um dos objetivos deste trabalho é desenvolver uma bengala eletrônica que possa ser utilizada independentemente da técnica de locomoção utilizada e da forma da pessoa deficiente visual segurar, conduzir, a bengala.

A técnica de varredura permite uma exploração imediata e completa do terreno na área próxima ao seu corpo. Após decidir a direção a seguir o deficiente visual posiciona a bengala na linha média do seu corpo, com a bengala na vertical e a ponteira próxima as extremidades dos seus pés, Fig. (2a). Em seguida o usuário desliza a bengala a sua frente em linha reta e descreve semicírculos concêntricos realizando o procedimento de varredura retornando a bengala ao ponto inicial de partida (Felippe e Silveira, 2001).

Na técnica diagonal o deficiente visual detecte diferenças de níveis e objetos. Nesta técnica o deficiente visual segura a bengala de forma que esta represente uma extensão do seu dedo indicador e com a movimentação do punho a ponteira da bengala descreve um arco de tal forma que o centro deste coincide com a linha média do corpo da pessoa. Ao caminhar a pessoa deve deslocar a bengala sempre para o lado oposto do pé em movimento. A bengala pode ou não permanecer em constante contato com o terreno, Fig. (2b).

Já na técnica de deslize o deficiente visual também pode explorar detalhadamente o terreno a sua frente permitindo a detecção de desníveis, Fig. (2c). A ponteira da bengala permanece em contato com o solo permanentemente, deslizando-a para ambos os lados formando um arco de proteção constante durante o procedimento de varredura.

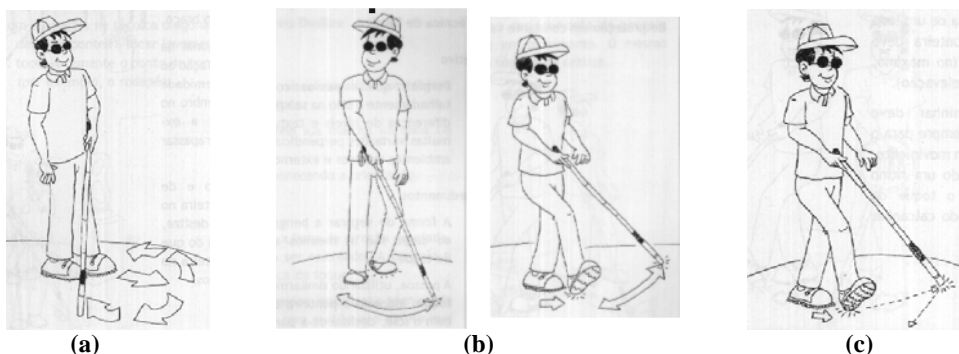


Figura 2. (a) Procedimento de Varredura; (b) Técnica de toque; (c) Técnica de deslize (Felippe e Silveira, 2001).

Em todos os casos a ponteira da bengala pode ser dotada com rolamento. Isto impede que a bengala se enrosque nas emendas, reentrâncias, pequenos buracos e falhas da calçada que dificultam a movimentação da bengala.

Desta forma, devido às técnicas de movimentação das bengalas estas formam diferentes ângulos com o solo com pequenas variações durante a locomoção. A Figura (3) mostra as principais formas de conduzir a bengala: bengala inclinada para frente, Fig. (3a); bengala inclinada lateralmente, Fig. (3b) e bengala na vertical, Fig. (3c).

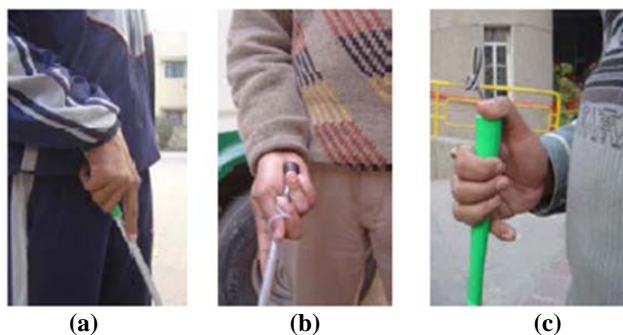


Figura 3. Formas de conduzir a bengala. (a) inclinada para frente; (b) inclinada lateralmente; (c) bengala na vertical (Felippe e Silveira, 2001).

Segundo estudo realizado por Rohan et al. (2007) a bengala forma um ângulo agudo em relação ao solo com ângulo de 55°. Devido às técnicas de movimentação descritas neste item este ângulo sofre uma pequena variação de 50 a 60°.

Assim, como existem diferenças entre as formas de segurar a bengala o sistema proposto neste trabalho deve ser funcional para todas as formas de conduzir a bengala, desta forma à pessoa com deficiência visual não necessitará de reaprender a conduzir a bengala.

3. OBSTÁCULOS EXISTENTES ACIMA DA CINTURA

A Figura (4) mostra os principais obstáculos presentes no dia-a-dia do deficiente visual brasileiro que pode vir a causar acidentes sérios como cabines telefônicas, Fig. (4a); caçambas de caminhões elevadas, Fig. (4b); caixas de correio, Fig. (4c); lixeiras, Fig. (4d). Ainda existem outros obstáculos como barras horizontais, placas de sinalizações, árvores e pedestres.

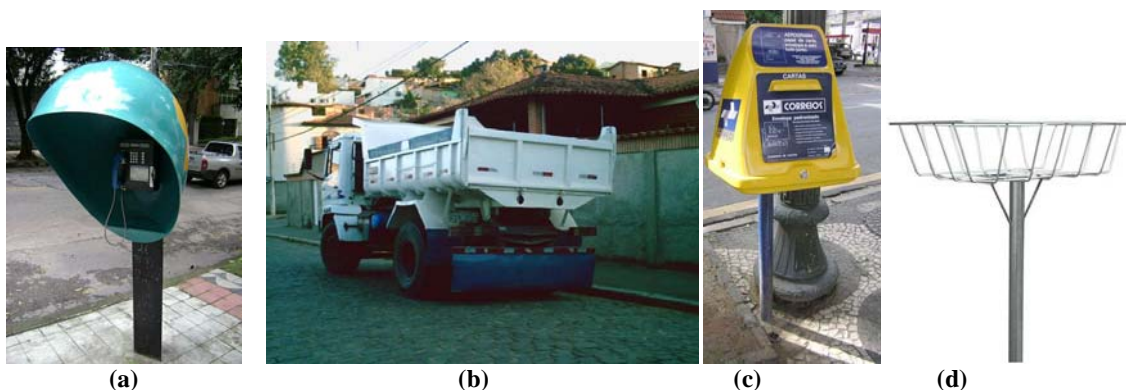


Figura 4. Obstáculos ao deficiente visual. (a) cabine telefônica; (b) caçambas de caminhões; (c) caixa de correio; (d) lixeiras.

4. DESCRIÇÃO DA BENGALA ELETRÔNICA

Na Figura (5) são ilustrados os elementos da bengala eletrônica.

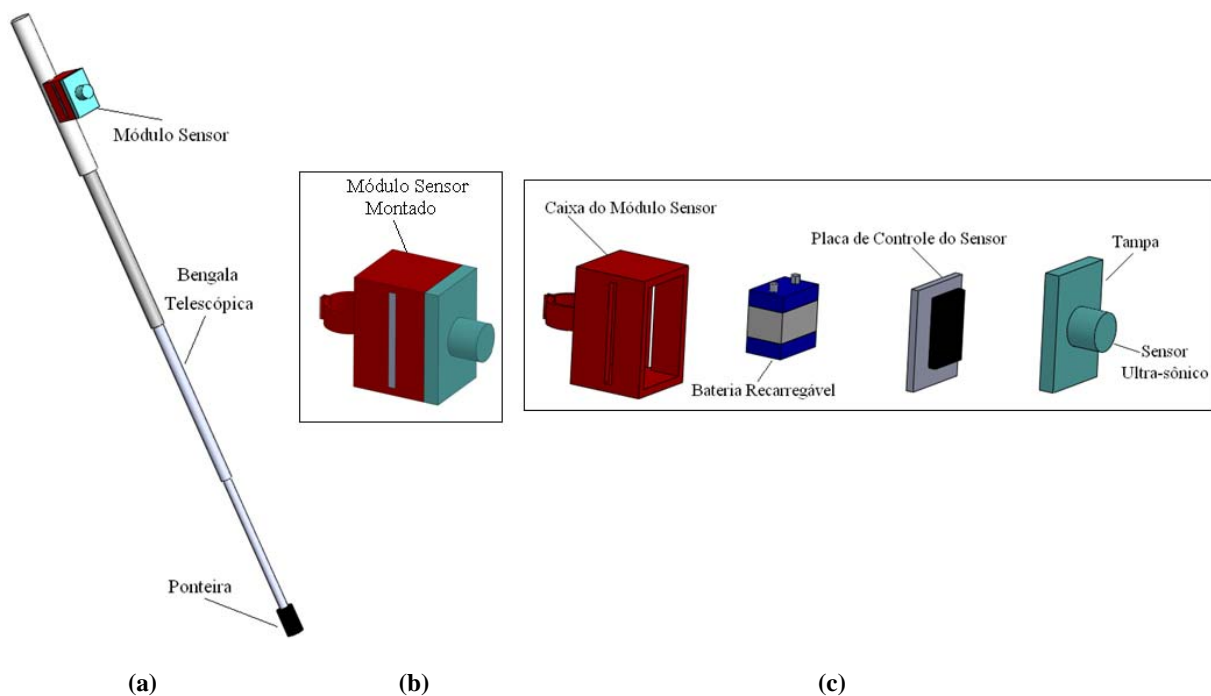


Figura 5. (a) Bengala Eletrônica Telescópica; (b) Módulo Sensor; (c) Vista explodida do Módulo Sensor.

A Figura (5a) mostra uma representação tridimensional da bengala eletrônica. Está sendo proposta neste trabalho a utilização de uma bengala telescópica formada por segmentos de fibra de carbono, com uma ponteira de borracha na extremidade. A utilização da bengala telescópica ou da bengala dobrável facilita o transporte desta dentro de carros e ônibus. Na Figura (5b) é mostrado o Módulo Sensor que possui uma dobradiça ajustável para fixação nas bengalas convencionais. A vista explodida do Módulo Sensor é mostrada na Fig. (5c). Este módulo é composto por uma caixa para fixação dos elementos, por uma bateria recarregável, uma placa de controle do sensor e uma tampa que contém o sensor ultra-sônico. Além destes elementos o Módulo Sensor possui um botão de liga-desliga com inscrições em Braille e a tampa é dotada de um ajuste de ângulo em função da forma da pessoa conduzir a bengala, conforme Fig. (8).

Na Figura (6) é representado o princípio de funcionamento da bengala eletrônica. O sensor ultra-sônico (modelo LV-MaxSonar-EZ1), localizado no Módulo Sensor, é composto por três partes principais: emissor de ondas ultra-sônicas, receptor e circuito eletrônico composto por um microcontrolador. Quando o emissor emite a onda, simultaneamente é acionado um *timer* no microcontrolador, assim que o receptor detecta parte da onda refletida por um obstáculo o *timer* é desativado. Com o intervalo de tempo entre emissão e recepção da onda, o microcontrolador calcula a distância que o objeto se encontra do sensor e posteriormente insere na saída do sistema a tensão correspondente à distância. Sendo a sensibilidade do sensor (9,8mV/in), dado fornecido pelo fabricante (Tato, 2010), foi construído um sistema composto por sensor ultra-sônico, circuito eletrônico composto por um microcontrolador e um motor de corrente contínua com massa excêntrica. Este sistema adquire e processa os dados do sensor ultra-sônico. No processamento é analisado se a distância lida pelo sensor está dentro dos limites de segurança estabelecido, conforme Fig. (10). Se for identificado um obstáculo em uma distância menor que a permitida, o microcontrolador aciona o motor com massa excêntrica. O resultado do acionamento do motor é uma vibração no corpo da bengala que alerta a presença de um obstáculo, Fig. (6). A placa de controle do sensor, Fig. (7), é formada pelos componentes: PIC16F877A; Resistências de 10 Ω , 220 Ω e 2200 Ω ; diodo; Transistor BC337 e motor de corrente contínua com massa excêntrica (*Vibracall* de celular).

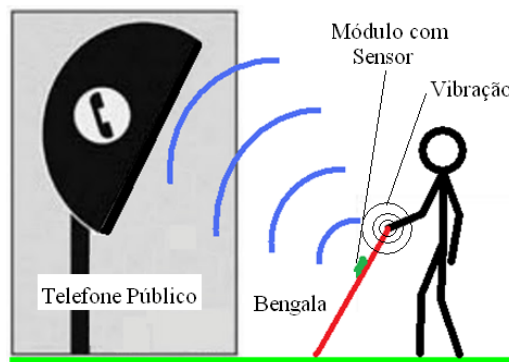


Figura 6. Esquema do funcionamento da bengala eletrônica.

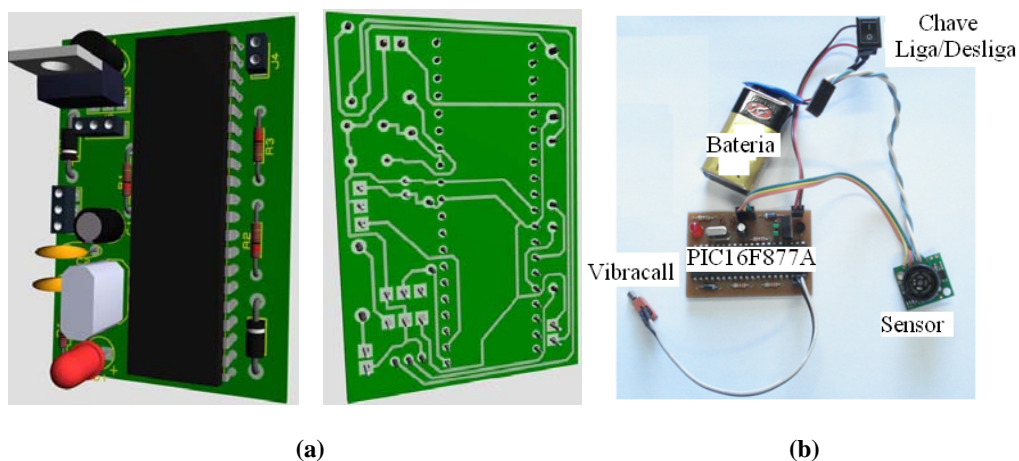


Figura 7. (a) Modelo da Placa confeccionada; (b) Partes do protótipo da placa de controle do sensor.

A bengala eletrônica desenvolvida neste trabalho é dotada de apenas um sensor ultra-sônico que permite a detecção de obstáculos acima da cintura. Para o correto funcionamento do Módulo Sensor foi realizado o estudo do posicionamento deste no corpo da bengala levando-se em consideração a forma de locomoção e empunhadura da bengala pelo deficiente visual, Fig. (8).

A Figura (8a) representa o usuário com a bengala eletrônica e o feixe do sensor ultra-sônico identificando a cabine telefônica. Este feixe, S , possui um ângulo de abertura θ variável em função do cone do sensor (Tato, 2010).

O parâmetro principal utilizado para o posicionamento do Módulo Sensor na bengala foi a distância horizontal de segurança da ponta da bengala com o solo até o obstáculo, x , Fig. (8b). Na Figura (8b) estão representados os parâmetros para modelagem: S é o alcance do sensor ultra-sônico simplificado como sendo a linha mediana do cone do sensor; β é o ângulo formado entre a bengala e o solo (que é em função da forma de locomoção e empunhadura da bengala); L_1 é a posição do Módulo Sensor ao longo da bengala; ϕ é o ângulo formado pela linha central do feixe do sensor ultra-sônico com a bengala; H é a altura do obstáculo detectado em função do alcance regulado do sensor ultra-sônico e φ é um ângulo auxiliar.

Do triângulo ABC , Fig. (8b), pode-se escrever:

$$X = L_1 \cos \beta \quad (1)$$

$$h_1 = L_1 \sin \beta \quad (2)$$

O valor da altura do obstáculo, H , conhecido em função do obstáculo, é dado por:

$$H = h_1 + h_2 \quad (3)$$

$$h_2 = H - h_1 \quad (4)$$

Do triângulo CDE pode-se obter o ângulo auxiliar φ .

$$\text{sen } \varphi = \frac{h_2}{S} \rightarrow \varphi = \arcsen\left(\frac{h_2}{S}\right) \quad (5)$$

Finalmente a distância de segurança x pode ser calculada por:

$$x = \cos \varphi \ S - X \quad (6)$$

Sendo o ângulo ϕ dado por:

$$\phi = \beta + \varphi \quad (7)$$

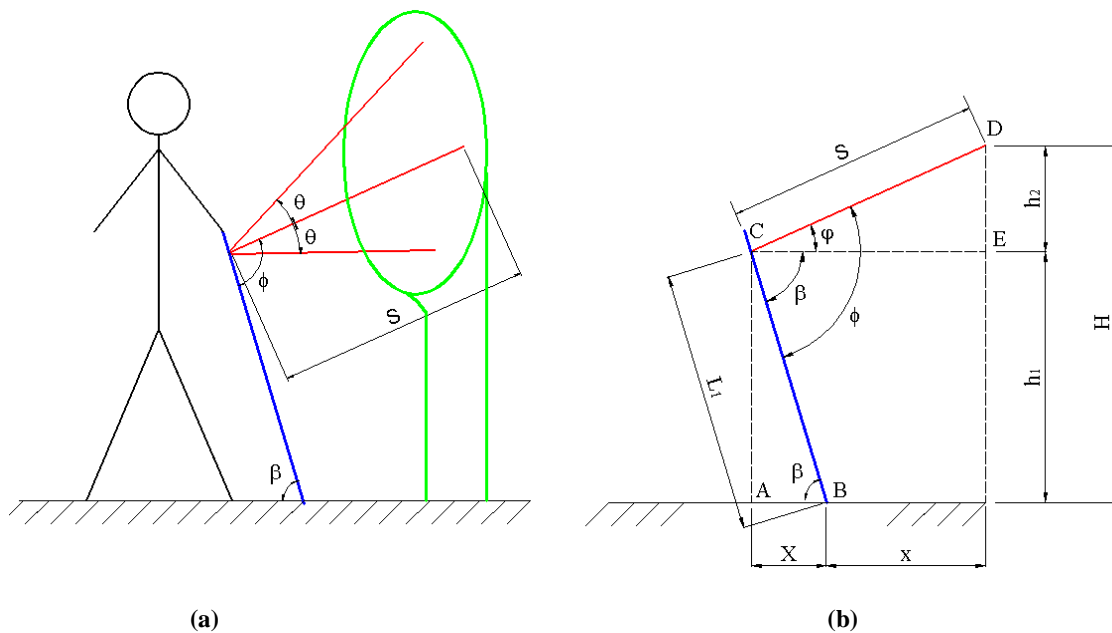


Figura 8. (a) Detecção de um obstáculo; (b) Parâmetros utilizados para modelagem da bengala eletrônica.

Assim, em função da distância de segurança x requerida e do modo do deficiente visual conduzir a bengala, valor de β , é possível determinar o ângulo ϕ de ajuste de inclinação do sensor ultra-sônico em função de cada pessoa com o intuito de otimizar a utilização do Módulo Sensor.

Deve-se destacar que o projeto desta bengala eletrônica é para a utilização em ambientes externos, pois para ambientes internos o deficiente visual utiliza técnicas específicas para locomoção e identificação. Desta forma o projeto da bengala eletrônica tem um botão liga/desliga com inscrições em Braille para o deficiente visual desabilitar o sensor em ambientes internos, dentro de ônibus e carros.

5. TESTES EXPERIMENTAIS

Em função do item 4 deste trabalho foi desenvolvido um protótipo inicial da bengala eletrônica. A bengala utilizada foi construída a partir de segmentos de fibra de carbono, formando uma bengala telescópica. Esta bengala possui o custo de R\$ 15,00, pois para sua construção foi utilizada uma vara de pesca comercial.

A foto da bengala eletrônica encolhida com o Módulo Sensor fixado é mostrada na Fig. (9). Este protótipo inicial foi construído de forma artesanal para realização dos primeiros testes experimentais. Para a confecção do Módulo Sensor foram gastos aproximadamente R\$ 150,00, sendo o componente eletrônico mais caro o sensor ultra-sônico (modelo LV-MaxSonar-EZ1) utilizado de R\$ 99,00.

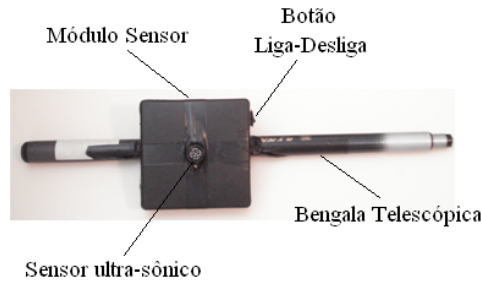
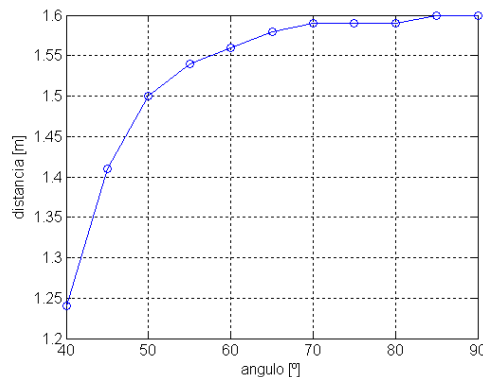


Figura 9. Protótipo inicial da bengala eletrônica.

Foram realizados testes experimentais controlados variando-se a inclinação da bengala eletrônica, ângulo β , e identificando a distância $X+x$, Fig. (8b) no instante da detecção do anteparo. O valor de L_1 é de 1,10 m, Fig. (8b). Foi utilizado como anteparo um boneco de madeira antropomórfico com 1,8 metros de altura e a variação do ângulo β foi obtida pelo acoplamento de um inclinômetro na bengala eletrônica. Na curva da Fig. (10) são mostradas as distâncias, $X+x$, de detecção do obstáculo em função da inclinação da bengala β . Assim, com o uso da bengala eletrônica os deficientes visuais, independentemente do formato de conduzir a bengala, possuem uma distância de segurança do obstáculo suficiente para evitar a colisão com obstáculos acima da linha da cintura, Fig. (10). Existe a possibilidade de falsas detecções do sensor, devido ao cone de detecção, como por exemplo, pessoas locomovendo-se paralelamente ao deficiente visual. Foram realizados testes experimentais controlados que identificaram a falsa detecção de obstáculos a 0,23 m, valor máximo, com uma inclinação da bengala de $\beta = 60^\circ$.



(a)

Figura 10. Curva ângulo por distância de detecção do obstáculo.

Os testes práticos foram realizados com duas pessoas 100% deficientes visuais, isto é, sem visão residual. Para auxiliar nos testes experimentais foi contada com a colaboração da ADEVIUDI, Associação dos Deficientes Visuais de Uberlândia. Nestes primeiros testes foram feitas algumas observações a respeito do protótipo da bengala eletrônica. O

seu peso é similar a bengala convencional e o aviso do obstáculo por vibração no corpo da bengala é facilmente perceptível. Foi identificada a preferência por somente um nível de vibração sem o seu aumento progressivo à medida que o obstáculo fica mais próximo para evitar desconforto ao usuário. Deve-se destacar que o deficiente visual não quer chamar a atenção de maneira desnecessária, desta forma foi optado pela utilização da vibração para informar a presença de um obstáculo acima da linha da cintura ao invés de alertas sonoros. Finalmente os deficientes visuais entrevistados afirmam que a bengala é necessária para locomoção e principalmente para identificação do deficiente visual evitando acidentes entre estes e os demais pedestres. Durante os testes experimentais realizados dentro da sede da ADEVIUDI os voluntários conseguiram desviar de caixas de som, portas e de pessoas, sem a colisão com estas, que transitavam pelo local. O problema detectado neste primeiro protótipo foi à dificuldade do usuário em manter o feixe do sensor ultra-sônico voltado para frente, pois devido às dimensões deste primeiro protótipo a bengala tendia a girar na mão do usuário desviando o feixe do sensor para as laterais. Visando sanar este problema o segundo protótipo terá uma guia anatômica no Módulo Sensor de tal forma que o deficiente visual consiga sempre manter o sensor na posição correta.

A Figura (11) mostra algumas fotos dos testes experimentais realizados com estudantes dentro do campus da Universidade Federal de Uberlândia. Apesar destes estudantes não serem deficientes visuais foram realizados testes para verificar o funcionamento do protótipo.

Os testes foram realizados em uma cabine telefônica, caixa de correio e com um pedestre. A Figura (11a) mostra a movimentação antes da detecção do obstáculo pela bengala eletrônica e a Fig. (11b) o instante da detecção. Em todos os testes experimentais o usuário da bengala eletrônica não colidiu com o obstáculo.



Figura 11. Testes experimentais. (a) Movimentação sem colisão; (b) Instante da detecção do obstáculo.

6. CONCLUSÕES

A bengala é um sistema de orientação e mobilidade no qual a pessoa com deficiência visual depende apenas de si mesmo para se deslocar pelo ambiente. A bengala convencional é um simples bastão que, mesmo com todo o avanço tecnológico, ainda se traduz como o mais eficiente instrumento para dar independência à mobilidade de pessoas com deficiência visual ou com baixa visão. A bengala funciona como uma extensão tátil-cinestésica para transmitir à pessoa uma riqueza de informações tal e qual ela teria se caminhasse passando a mão no solo. Entretanto as bengalas convencionais não são capazes de detectar obstáculos acima da linha da cintura como: placas de sinalização, caixas de correio, caçambas de caminhões, lixeiras, barras horizontais e cabines telefônicas. Desta forma este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma bengala eletrônica que permitiu a identificação de obstáculos acima da cintura do usuário.

Primeiramente foi realizado o estudo dos meios de locomoção com a bengala convencional e da forma de condução da bengala. Na maioria dos usuários a bengala forma um ângulo agudo em relação ao solo com ângulo de 55° e devido às técnicas de movimentação este ângulo sofre uma pequena variação de 50 a 60°.

Após, foi descrita a bengala eletrônica desenvolvida constituída por um corpo telescópico de fibra de carbono para facilitar o transporte desta dentro de carros e ônibus e o Módulo Sensor que possui uma dobradiça ajustável para fixação nas bengalas convencionais. Este módulo é composto por uma caixa para fixação dos elementos, por uma bateria recarregável, uma placa de controle do sensor e uma tampa que contém o sensor ultra-sônico.

Este protótipo da bengala eletrônica detecta os obstáculos a partir do sensor ultra-sônico e informa a presença deste por vibrações na mão do usuário. A identificação do obstáculo de maneira correta foi possível a partir da modelagem matemática da posição do Módulo Sensor na bengala que em função da distância de segurança, para não ocorrer a colisão com o obstáculo, e do modo do deficiente visual conduzir a bengala permite determinar o ângulo de ajuste de inclinação do sensor ultra-sônico em função de cada deficiente visual com o intuito de otimizar a utilização do Módulo Sensor.

Foram realizados testes experimentais com duas pessoas 100% deficientes visuais que conseguiram evitar os obstáculos sem colisão. Nestes testes os usuários conseguiram detectar caixas de som acima da linha da cintura, portas e pessoas que se locomoviam na sua direção.

Das visitas realizadas a ADEVIUDI ficou bem claro que o deficiente visual precisa da bengala para sua locomoção e sua identificação pelas outras pessoas evitando acidentes. Destacou-se também que a maioria dos acidentes eram com obstáculos acima da linha da cintura e que a bengala convencional não consegue identificar. Foi identificada também a necessidade de uma guia no projeto da bengala eletrônica para o correto posicionamento do sensor.

Testes experimentais controlados foram realizados mostrando que a bengala eletrônica desenvolvida é capaz de detectar obstáculos a uma distancia de segurança do usuário independentemente da maneira de conduzir a bengala. Foram realizados testes experimentais com voluntários que permitiram a verificação da detecção de obstáculos acima da linha da cintura como: cabines telefônicas, caixas de correio e pessoas. Em todos os testes o usuário detectou a presença dos obstáculos sem a colisão.

O custo deste primeiro protótipo foi de aproximadamente R\$ 150,00. O componente mais caro foi o sensor ultra-sônico utilizado com o custo de R\$ 99,00. Os custos podem ser diminuídos com a utilização de outro sensor ultra-sônico comercial mais barato. Dentre as bengalas eletrônicas existentes pesquisadas esta proposta neste trabalho é a que possui o menor custo. Deve-se destacar que atualmente já existem muitos objetos com essa finalidade, porém nem todos possuem eficácia apreciável ou um preço acessível para a população sendo sua grande maioria importados.

Outra vantagem deste protótipo é a possibilidade da fixação do Módulo Sensor em uma bengala convencional.

Os trabalhos futuros envolvem o estudo do consumo de bateria pelo Módulo Sensor, miniaturização do Módulo Sensor, testes estatísticos com uma população de deficientes visuais e a confecção de rotinas de detecção de obstáculos que permitam ao deficiente visual “saber” que tipo de obstáculo está a sua frente.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio concedido pelo CNPQ, CAPES, FAPEMIG e UFU/FEMEC. Especial agradecimento a ADEVIUDI pela realização dos testes experimentais iniciais e pelas informações técnicas.

8. REFERÊNCIAS

- Anderlini, G. O. S., 2009, “Cão-guia, muito mais do que uma companhia: Uma profissão”, Revista CFMV – Conselho Federal de Medicina Veterinária, pp. 8-12.
- Felippe, J. A. M., Silveira, S., 2001, “Caminhando Juntos Manual de habilidade básicas de Orientação e Mobilidade”. Disponível em: <<http://deficienciavisual2.com.sapo.pt/txt-caminhandojuntos.htm>>. Acesso em: 17/11/2009.
- Rohan Paul, Ankush Garg, Vaibhav Singh, Dheeraj Mehra, M. Balakrishnan, Kolin Paul, Dipendra Manocha. , 2007, “Smart'-Cane for the Visually Impaired: Technological Solutions for Detecting Knee-Above Obstacles and Accessing Public Buses”, In 11th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons (TRANSED 2007), Montreal, Canada.
- RFIDNews, 2009, “Students develop RFID-enabled Smart Cane to assist blind”, Disponível em: <<http://www.rfidnews.org/2009/08/05/students-develop-rfid-enabled-smart-cane-to-assist-blind>>. Acesso em: 17/11/2009.
- UltraCane, 2010, Disponível em: <http://www.ultracane.com>. Acesso em: 09/02/2010.

Gontijo, 2009, “Avanço: Sensores podem substituir bengalas para cegos”, Disponível: <<http://www.sistemaodia.com/noticias/avanco-sensores-podem-substituir-bengalas-para-cegos-49037.html>>. Acesso em: 12/02/2010.
Tato Equipamentos, 2010, Disponível: <<http://www.tato.ind.br/files/EZ1.pdf>>. Acesso em: 12/02/2010.

9. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

DEVELOPMENT OF A ELECTRONIC CANE FOR LOCOMOTION OF PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENT

Danilo Ribeiro de Gouveia Santos, danilo.ribilo@gmail.com¹
Werley Rocherter Borges Ferreira, werley_meca@hotmail.com¹
Marco Aurélio Borges, m.aurelioborges@gmail.com¹
Rogério Sales Gonçalves, rsgoncalves@mecanica.ufu.br¹

¹Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, CEP 38400-902, Uberlândia – MG – Brasil.

***Abstract.** This paper presents the development of an electronic cane to assist in locomotion of people with visual impairments. The difficulty of locomotion of these persons is related to the presence of obstacles above the waistline, for example, telephone booths, mailboxes, bucket trucks, garbage collector and signpost. The conventional cane is a stick that, despite all technological advances, translates as the most efficient means of locomotion for people with visual impairments or low vision. It operates as an extension of touch that allows the person obtain information to the ground as if she were stroking the ground allowing the identification of obstacles, for example, gaps, holes, obstacles on the ground and people. Thus this paper presents a cane, low cost, which adds an ultrasonic sensor to identify obstacles above the waistline stating the existence of obstacles to vibration on the electronic cane. The construction of the cane uses a telescoping mechanism to facilitate the transport of the cane in cars and buses. First is presented the mechanisms of assistance people with visually impaired and is illustrated the main techniques of locomotion with a cane that allow detailed study of the sensor position to identify the obstacles above the waistline. After is presented the electronic and mechanical design of the cane. Finally the experimental tests are presented.*

***Keywords:** Electronic Cane, Smart Cane, Sensors, Locomotion of people with visual impairment.*