

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA ECOLOCALIZAÇÃO EM SERES HUMANOS

Ariane Ferreira Novato, Ingrid Wutke Oliveira, Mateus Alberone Mesquita Arantes, Guilherme Henrique Ferreira Ribeiro, Marina Melo Brandão, Shigueo Nomura

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia-MG,
arianefnovato@hotmail.com, ingridwutke@gmail.com, mateusalberone@gmail.com, guihfr@hotmail.com,
melobrandao@hotmail.com, shigueonomura@feelt.ufu.br

Resumo – Este trabalho propõe uma análise experimental da viabilidade de se desenvolver interfaces baseadas nas técnicas de ecolocalização de seres humanos. Para essa análise, foram realizados experimentos com um aparato constituído de um dispositivo que emite e recebe sinais ultrassonoros que refletem dos objetos. Para a realização dos experimentos foram convidados voluntários com e sem deficiência visual. A tarefa desses voluntários consistia em ouvir os sinais ultrassonoros convertidos em sinais audíveis e associá-los aos formatos de objetos (alvos) que se localizavam à sua frente. Cada voluntário seria submetido a uma sessão de treinamento e teste para os experimentos. Na sessão de teste, a quantidade de acertos em relação à quantidade total de alvos apresentados durante o experimento foi definida como sendo a eficiência do voluntário. De posse dos resultados experimentais relacionados à eficiência de cada voluntário, foi possível concluir que o desenvolvimento de interfaces baseadas na ecolocalização de seres humanos é viável. Verificou-se ainda que é possível de se desenvolver equipamentos inovadores que possam melhorar a acessibilidade dos deficientes visuais e de pessoas idosas.

Palavras-Chave - Acessibilidade, Deficientes Visuais, Dispositivos Sonoros, Ecolocalização, Locomoção.

EXPERIMENTAL ANALYSIS ON ECHOLOCATION FOR HUMAN BEINGS

Abstract - This work proposes an experimental analysis on the feasibility of developing interfaces based on human echolocation techniques. For this analysis, experiments were performed with an apparatus consisting of a device that emits and receives reflected ultrasound signals from the objects. Visually impaired and no visually impaired subjects have been invited to participate in those experiments. The task of those subjects was to hear the ultrasound signals converted into audible signals and associate them to the object shapes (targets) located to in front of them. Each subject would be submitted to training and test sessions for the experiments. In the test session, the amount of correct answers in relation to the total number of targets

presented during the experiment was defined as the subject efficiency. Based on the experimental results related to the efficiency of each subject, it was possible to conclude that the development of interfaces based on human echolocation techniques is feasible. Also, it was found the possibility of developing innovative equipments that can improve the accessibility of visually impaired and elderly people.

Keywords - Accessibility, Audible Devices, Echolocation, Mobility, Visually Impaired.

I. INTRODUÇÃO

Existem alguns mamíferos, como morcegos e golfinhos, que utilizam um sistema próprio e diferenciado para capturar suas presas. Eles apresentam um processo sensorial bastante dinâmico, no qual estímulos sonoros são emitidos para realizar um mapeamento do local e assim localizar suas presas. Tal fenômeno é conhecido como ecolocalização e os seres humanos possuem uma habilidade semelhante [1].

Ecolocalizar significa ser capaz de se locomover com o auxílio do som, ou seja, por meio de sons autoproduzidos ou por sons do ambiente. Deste modo, uma pessoa é capaz de perceber a presença ou a ausência de objetos e, conseqüentemente, se desviar dos mesmos [2].

Porém, o ato de ecolocalizar não é uma ação simples. James Jerome Gibson, um famoso psicólogo americano e especialista no campo da percepção visual, criou o termo *affordance*, que se refere às oportunidades de ação pertinentes a um objeto ou a um ambiente [2].

Teoricamente, cada objeto se refere a uma *affordance* específica, ou seja, cada objeto foi criado e desenvolvido para um determinado fim. Porém, os seres humanos tendem a interpretá-la conforme suas necessidades. Assim, além de perceber a presença de um objeto, é necessário interpretar toda a gama de ações que tal objeto tem sobre as pessoas, e tudo que podem fazer sobre os objetos [2].

No intuito de que a ecolocalização seja compreendida da melhor maneira, esse trabalho foi dividido em seções. Primeiramente tem-se a seção de trabalhos correlatos, onde os fundamentos teóricos pesquisados que serviram de base para o estudo realizado nesse artigo estão expostos. Na seção dos objetivos estão descritos os objetivos que o trabalho visa alcançar. Na proposta de trabalho, encontra-se o projeto prático escolhido para atingir os objetivos do trabalho, enquanto que no procedimento experimental estão relacionados os materiais utilizados na pesquisa e os voluntários que participaram no projeto. Após introduzir o projeto, tem-se a seção metodologia, que explicita o método utilizado durante todos os testes feitos. Posteriormente, a seção de experimentos mostrando como foram realizados os



XI CEEL – ISSN 2178-8308
25 a 29 de novembro de 2013
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

testes de acordo com a metodologia. Por conseguinte, a seção de resultados, cujos resultados colhidos nos experimentos são apresentados. Conseqüentemente, a seção de análise dos resultados expõe a interpretação do que foi obtido com os testes e por fim, a seção de conclusões, na qual é feito um fechamento do artigo, evidenciando os objetivos alcançados, as dificuldades encontradas e propostas para o futuro.

II. TRABALHOS CORRELATOS

Diversos trabalhos foram estudados, com o intuito de nos fornecer conhecimento básico para o desenvolvimento de um estudo específico acerca da ecolocalização.

O trabalho realizado por Kish [3], discorre a respeito da ecolocalização desde seu surgimento, até os dias atuais, explicitando todos os parâmetros que a envolvem. Ele percebeu que o ser humano tem a capacidade de se ecolocalizar da mesma forma que certos animais, como os morcegos e os golfinhos.

Porém ela é mais eficaz nos animais do que nos seres humanos, por dois motivos: primeiro, as exigências ambientais dos animais é muito menor que a do homem, visto que o ambiente que o homem vive é mais complexo [3].

Segundo, o sistema auditivo dos animais e dos humanos é diferente, pois os morcegos conseguem captar sinais ultrassonoros além de 70KHz, o que os permitem perceber objetos com mais detalhes. Por outro lado, o córtex auditivo humano é maior que o do morcego, o que sugere que somos capazes de processar sons mais complexos [3].

Deve-se ter uma noção bastante fundamentada, a respeito dos aspectos do som, uma vez que é ele quem vai fornecer a informação acerca do objeto. Porém, não basta se conhecer os parâmetros do som, sem saber como utilizá-los para uma ecolocalização eficiente [3].

Três componentes devem existir para a percepção dos ecos: o som, uma superfície e um observador com percepção auditiva. A qualidade em que os ecos são percebidos depende das características de cada um destes três componentes, da relação espacial e das interações entre eles [3].

Além disso, o som apresenta cinco características importantes, que devem ser estudadas, a fim de se ter um som ideal para ecolocalização. A direcionalidade, que é a direção entre a fonte de sinal e o eco percebido, de forma que ele é irradiado linearmente em várias direções, o passo que simplesmente se refere à frequência dominante do som, o timbre que se refere ao som original que faz algo. Tem-se também a intensidade, que mostra o quão alto é o som e a duração do mesmo, que é constituída de três momentos: tempo de subida, o tempo durante e o decaimento [3].

Percebe-se também que os parâmetros de energia refletida são diferentes dos de energia emitida, isso devido ao choque dessa onda com alguma superfície. Os parâmetros da onda incidente são afetados pelas propriedades físicas da fonte de som e os parâmetros do eco são afetados pelas propriedades físicas da causa da superfície [3].

Deve-se levar em consideração que o observador auditivo permanece com diversas informações relacionadas ao som e ao eco. Campos acústicos permeiam entre os ambientes urbanos, entre as configurações rurais e até em ambientes silenciosos, onde há o zumbido suave de fiação elétrica e o fluxo da respiração [3].

Há também o fato de que os objetos na vida real raramente têm uma geometria perfeita com superfícies planas sempre bem apresentadas para o observador para a detecção ideal. Os objetos nem sempre se encontram em uma posição frontal em relação ao observador, de forma que uma pequena variação na relação espacial entre observador e alvo pode causar diferença da percepção de um mesmo objeto [3].

Um estudo realizado por Clarke, Pick e Wilson [4], investigou o efeito que o grau de obliquidade causa na ecolocalização. Eles perceberam que em uma distância de 1 metro, uma placa de 90 cm de largura tornou-se indetectável em um ângulo de aproximadamente 20 graus, pois os raios incidentes foram dispersados, ao invés de refletidos.

Já Kohler percebeu que uma ligeira inclinação de um papelão levou ao desaparecimento das altas frequências, enquanto a inclinação deveria ser bem maior para que o papelão não fosse detectado por baixas frequências [5].

A capacidade de perceber objetos utilizando ecolocalização não é uma dádiva que pode ser apreciado por poucos indivíduos. Diversos estudos sugerem que qualquer pessoa que tem capacidade auditiva é capaz de interpretar ecos em algum grau, por aprendizagem passiva ou ativa [3].

Dallenbach [6] percebeu melhora nos participantes de sua pesquisa depois que os participantes tiveram consciência do que prestar atenção e de como fazer o percurso escolhido.

No estudo de Jurmaa [7], eles fizeram os participantes caminharem e tentarem parar a 0,5m antes de atingir o alvo. Foi constatado que aquele com melhor desempenho no começo da pesquisa fez menor progressão do que os outros. Isso mostra que aqueles que não progrediram nada no começo, tinham muito mais a aprender do que aqueles que obtiveram certo desempenho inicialmente.

Assim, se ecolocalização pode ser aprendida passiva ou ativamente sob certas condições, então sob condições apropriadas, a ecolocalização pode ser ativamente ensinada [3].

Existem diversos dispositivos que foram desenvolvidos com base na ecolocalização. Primeiramente surgiu o Tom Pouce (Figura 1) que é um aparelho conectado à bengala e apresenta um sistema de funcionamento que vibra nos dedos do deficiente visual, conforme ele se aproxima de um obstáculo. Assim, quanto mais próximo o usuário estiver de um alvo, mais forte é a vibração nos dedos do deficiente visual. Há também o Télétac que é análogo ao Tom Pouce, porém, além de vibrar, ele apresenta um sistema sonoro pra passar a informação do objeto, ou seja, quanto mais próximo de um alvo, ele também escutará notas musicais diferentes que representam distâncias diferentes [8].



Fig. 1. Dispositivo Tom Pouce [8].

Há também um software chamado *The vOICe* que é capaz de traduzir a imagem captada por uma câmera em sons que serão ouvidos pelo usuário através de fones de ouvidos,

auxiliando o deficiente visual a se locomover e a entender o ambiente que o cerca (Figura 2) [9].

A câmera a ser utilizada, possui baixa qualidade de resolução, uma vez que a capacidade do ouvido de “vibrar” para compreender um estímulo sonoro é bem menor que a quantidade de informação que uma imagem em alta qualidade carrega, ou seja, o cérebro não compreenderia a informação e a quantidade de estímulos sonoros, se fosse utilizada uma câmera com boa resolução [9].



Fig. 2. Aparelho *The vOICe* [9].

Portanto, percebe-se a necessidade de novos estudos acerca da ecolocalização. Abaixo se encontram os objetivos a serem alcançados com essa pesquisa.

III. OBJETIVO

Investigações apontam que não existe interface que auxilie os seres humanos a reconhecerem formatos dos objetos por meio da ecolocalização.

Assim, esse trabalho visa estudar a capacidade de ecolocalização nos seres humanos, principalmente nos deficientes visuais, fazendo-os perceber características dos objetos de uma forma não usual e não visual.

Além disso, pretende-se criar uma base de estudos concreta, para o desenvolvimento de um dispositivo futuro, capaz de melhorar aqueles já existentes, permitindo maior liberdade de movimentação aos deficientes visuais.

Para isso, foi necessária a criação de uma proposta de trabalho, a qual foi descrita abaixo.

IV. PROPOSTA DE TRABALHO

Para atingir os objetivos citados, escolheu-se testar a capacidade de ecolocalização nos deficientes visuais por meio de um aparato que os possibilite, através dos ouvidos, perceber características de certos objetos e obter informações que os auxilie na identificação dos mesmos, de forma autônoma, sem que o aparelho diga o que está à sua frente.

As interfaces existentes tendem a utilizar processos artificiais como, por exemplo, o “*The vOICe*”, que por meio de uma câmera captura a imagem que está à frente do usuário reconhece e a converte em sons que posteriormente serão utilizados pelo mesmo para o reconhecimento do alvo.

Esses processos artificiais tornam-se cansativos e inviáveis para o usuário por realizar longas sessões de treinamento, além do alto valor para aquisição.

Dessa forma, este trabalho será essencial para a implementação de uma interface que realize todo o processo de forma objetiva, possibilitando aos deficientes visuais um acesso cada vez maior a tecnologia assistiva, além de melhorar a acessibilidade dos mesmos.

Para que isto ocorra, o procedimento experimental abaixo deve ser seguido.

V. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização do procedimento experimental, dois aspectos importantes foram levados em conta, os materiais a serem utilizados e o processo para a seleção dos voluntários. Os mesmos encontram-se enunciados nas seções a seguir de forma clara e objetiva.

A. Materiais

A escolha dos materiais utilizados foi feita de modo que priorizasse a eficiência e a praticidade da pesquisa, assim como o baixo custo. Dos materiais escolhidos apenas o K-Sonar (Figura 3), aparelho utilizado para se emitir e capturar sons, não existe no Brasil e foi importado da Nova Zelândia.

Este aparelho emite ondas ultrassônicas que refletem nos objetos que estão em seu raio de varredura, além de possuir também um receptor, que captará tais ondas refletidas e as transmitirá ao voluntário, através de fones de ouvidos, um som audível, o qual também foi convertido pelo aparelho. Vale ressaltar, que a variação da distância entre o alvo e o dispositivo resulta em sons diferentes, permitindo assim uma diferenciação, mesmo que sutil, das distâncias dos objetos.



Fig. 3. Aparelho K-Sonar.

Os objetos utilizados no experimento, como alvo do K-Sonar, eram de três formatos diferentes feitos de papelão (Figura 4 e 5). O objeto identificado como número 1 tinha o formato triangular côncavo, o objeto número 2 se apresentava na forma circular convexo e o objeto número 3 era triangular convexo.



Fig. 4. Vista superior dos objetos.



Fig. 5. Objetos utilizados e seus respectivos formatos, da esquerda para a direita: circular convexo, triangular convexo e triangular côncavo.

Com os materiais devidamente selecionados encaminhou-se para a seleção dos voluntários, a qual se encontra descrita a seguir.

B. Seleção dos Voluntários

Para a seleção dos voluntários utilizou-se um formulário composto por questões referentes à deficiência visual e a assuntos relacionados, como remédios.

Com os dados dos possíveis voluntários coletados, criaram-se critérios de exclusão para a efetiva seleção dos mesmos. Entre eles pode-se citar a existência de histórico de lesão nos ouvidos e a audição desbalanceada, o uso de antidepressivos e possuir patologias como labirintite. Estes critérios foram levados em conta por reduzirem a percepção dos voluntários em relação aos estímulos sonoros que serão apresentados aos mesmos durante a pesquisa.

Após a escolha dos voluntários com deficiência visual, alguns que não possuíssem tal tipo de deficiência também foram selecionados, tendo como critérios de inclusão a disponibilidade de tempo. Eles eram essenciais para se avaliar as habilidades de ecolocalização nos seres humanos. Para dar início aos testes, foi necessário desenvolver uma metodologia prática e útil, descrita na seção a seguir, composta por duas etapas principais, treinamento e testes, para auxiliar na coleta de dados e análise de resultados.

VI. METODOLOGIA

Foi desenvolvida uma metodologia para se estudar a ecolocalização, com conceitos bem fundamentados.

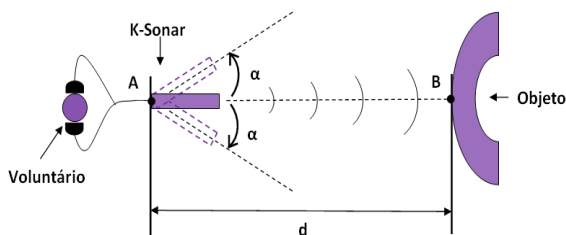


Fig. 6. Vista superior da plataforma.

A Figura 6 retrata a vista superior da plataforma a ser utilizada, composta pelo dispositivo ultrassônico (K-Sonar), pelo objeto em formatos específicos (circular convexo, triangular convexo e triangular côncavo) e pelo voluntário, o qual permanecerá de olhos vendados e conectado ao K-Sonar pelo fone de ouvido. Em relação à disposição da plataforma, o dispositivo foi fixado em uma das extremidades da estrutura de madeira, permitindo ao voluntário rotacioná-la nos sentidos horário e anti-horário a partir do eixo vertical, criado por meio dos pontos A e B. O ângulo limite de varredura do alvo, proporcionado pela rotação do K-Sonar, contados a partir do eixo vertical, será de alfa (α) radianos. Esta delimitação em relação ao ângulo foi proporcionada por pinos dispostos tanto à esquerda quanto à direita da base do dispositivo. Além disso, a velocidade angular, determinada pelo voluntário por meio de alças conectadas na base da plataforma do dispositivo para auxiliar na movimentação, foi específica a cada voluntário, de forma que melhor identificasse os alvos por meio de suas habilidades de ecolocalização (Figura 7).

Além disso, foram feitos furos na bancada e foram colocados pinos nos três alvos, para que estes pudessem ser inseridos sempre na mesma posição, permitindo que o som de um mesmo objeto não sofresse variações, padronizando assim seus posicionamentos e sons (Figura 8).



Fig. 7. Plataforma utilizada nos testes com o objeto e com o voluntário devidamente posicionados.



Fig. 8. Bancada com seus respectivos furos.

Com a plataforma devidamente montada e posicionada, as etapas de treinamento e testes foram realizadas sobre ela.

A etapa de treinamento tem como princípio ensinar os sons dos objetos aos voluntários, para que eles possam fazer a correspondência entre o som refletido e o respectivo alvo de forma intuitiva. Então, inicialmente cada objeto era apresentado por meio do tato aos voluntários, para que eles se inteirassem com relação ao formato, e em sequência, tinham a oportunidade de ouvir o som refletido. Este procedimento era realizado por duas vezes para que os voluntários se familiarizassem com sons.

Em relação à etapa de testes, inicialmente foram feitas 15 trocas aleatórias dos objetos, para que o voluntário tentasse intuitivamente acertar qual objeto estava diante de si. Então, realizou-se uma pausa no intuito de permitir que os voluntários escutassem novamente o som de cada objeto, com a finalidade de reafirmar os sons dos mesmos, dando início a etapa seguinte do teste. Na segunda etapa, foram realizadas mais 15 trocas de objetos aleatórias, onde o voluntário tentava novamente identificar os alvos, totalizando uma quantidade de 30 trocas por teste. Tais trocas foram estabelecidas de modo que cada objeto fosse apresentado 10 vezes ao voluntário.

Com a metodologia definida, foi possível realizá-la conforme a próxima seção.

VII. EXPERIMENTOS

Como os experimentos envolvem voluntários, o referido projeto de pesquisa obteve a aprovação do parecer pelo comitê de ética da Universidade Federal de Uberlândia sob o título "ANÁLISE FINAL Nº. 266/11 DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA PARA PROTOCOLO REGISTRO CEP/UFU 029/11".

Os experimentos, sendo estes constituídos das etapas de treinamento e de teste, foram feitos com 7 voluntários de diferentes graus de deficiência visual, variando de pessoas com médio grau de visão a nenhum grau de visão, e 7 voluntários sem nenhum grau de deficiência visual. Assim, foram realizadas as etapas de treinamento e testes com os voluntários, seguindo o método anteriormente citado na metodologia.

A realização dos experimentos levava, em média, 20 minutos, uma vez que as trocas eram feitas de forma ágil para que assim se obtivesse respostas mais instintivas dos voluntários. O tempo gasto para arquivar os dados coletados também foi contabilizado dentro do tempo cronometrado, reafirmando a importância da velocidade de realização do teste.

VIII. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A partir dos experimentos feitos e dos dados coletados do mesmo, obteve-se que os voluntários com deficiência visual na etapa antes da pausa tiveram uma eficiência média de 73,3%, sendo essa eficiência descrita pela divisão do número de acertos que o voluntário teve pelo número total de trocas de objetos, que no caso foram 15 (Figura 9).

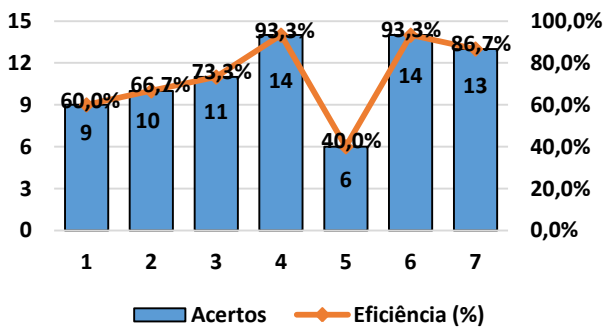


Fig. 9. Resultado dos testes com deficientes visuais na etapa antes da pausa. Gráfico do número de acertos por voluntário e sua respectiva eficiência.

Nos testes realizados antes da pausa em pessoas sem deficiências, a eficiência média encontrada foi de 90,5%. Os resultados encontrados são mostrados na Figura 10.

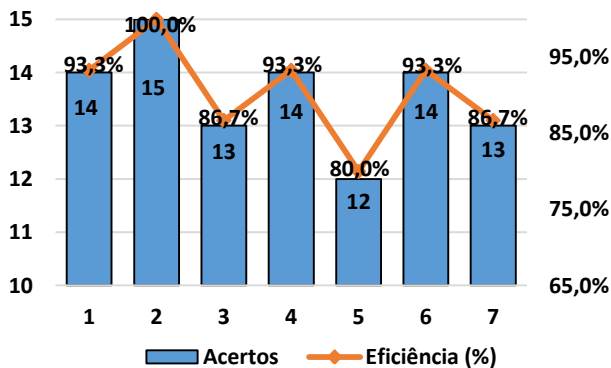


Fig. 10. Resultado dos testes com não deficientes na etapa antes da pausa. Gráfico do número de acertos por voluntário e sua respectiva eficiência.

Após a pausa feita entre a primeira e a segunda etapa, onde foi mostrado o som de cada objeto novamente a fim de que a pessoa reafirmasse os sons, a média de eficiência dos deficientes visuais foi de 82,8%. Os resultados dessa etapa podem ser observados na Figura 11.

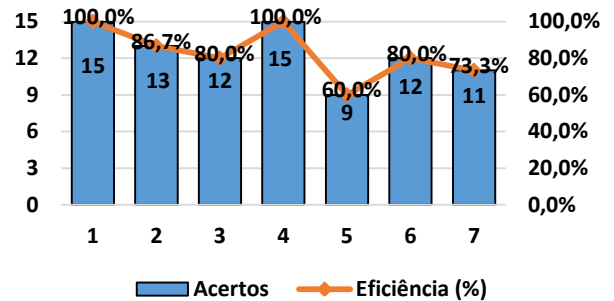


Fig. 11. Resultado dos testes com os deficientes visuais na etapa após a pausa. Gráfico do número de acertos por voluntário e sua respectiva eficiência.

Esta segunda etapa também foi realizada com os não deficientes que apresentaram uma eficiência média de 96,2%. Os resultados se encontram apresentados no gráfico da Figura 12.

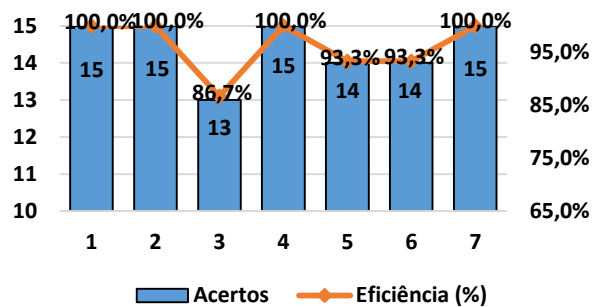


Fig. 12. Resultado dos testes com não deficientes na etapa após a pausa. Gráfico do número de acertos por voluntário e sua respectiva eficiência.

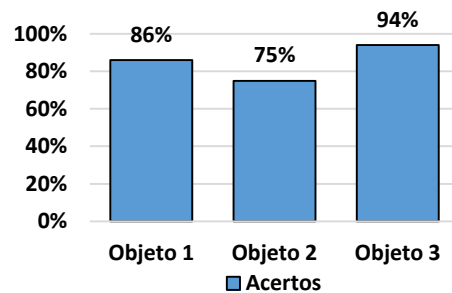


Fig. 13. Percentual de acertos por objeto.

Em relação aos objetos, constatou-se que o objeto 2 apresentou um percentual de acerto menor que os mostrados pelos objetos 1 e 3, sendo esta diferença de 13% em relação ao objeto 1 e de 19% em relação ao objeto 3 (Figura 13). Para o cálculo da porcentagem de acertos do objeto, foi dividido o número de vezes em que os voluntários obtiveram sucesso em identificar certo objeto, pelo número total de vezes que o mesmo objeto foi apresentado aos voluntários, que nesse caso foi um total de 140 vezes por objeto. Vale

relembrar que o objeto 1 é triangular côncavo, o objeto 2 é circular convexo e o objeto 3 é triangular convexo.

Assim, com o término dos testes e com todos os resultados obtidos arquivados em tabelas e gráficos, realizou-se a análise dos mesmos, sendo tal assunto tratado no tópico inferior.

IX. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos, confirmou-se a possibilidade de reconhecer objetos diferentes com o auxílio do som. O K-Sonar, particularmente, é útil para detectar a presença de objetos em um ambiente. Porém, de acordo com os voluntários, a interface apresentada pelo K-Sonar apresenta certa deficiência com relação à diferenciação dos sons e o modo em que este é transmitido para o ouvinte. Assim, a elaboração de uma nova interface que apresente parâmetros de diferenciação mais completos e de fácil interpretação, influenciaria positivamente nos resultados.

Além disso, percebeu-se um aumento da eficiência dos voluntários após a pausa feita. Acredita-se que isso tenha acontecido pelo fato de poder ouvir a resposta correta do formato associado ao som e assim, ter a oportunidade de corrigir equívocos antes de terminar toda a sessão de teste.

Verificou-se também, que o objeto cilíndrico foi menos identificado do que aqueles que possuíam um vértice no centro do aparato. Isso ocorreu, pois a variação do som entre o centro do aparato e suas extremidades eram suaves e difíceis de serem detectadas, enquanto que nos outros dois, a variação era brusca, evidenciando o objeto.

Também foi possível perceber que quando os voluntários respondiam aos sons, de maneira rápida e instintiva, o nível de acerto era maior. Isso indica que com o aprimoramento das técnicas e dispositivos utilizados, é possível reconhecer objetos pelo som de modo rápido e com pouco esforço mental, tornando o método viável.

Além disso, pode-se confirmar que o reconhecimento de formatos e objetos a partir de sons é algo possível para os seres humanos, satisfazendo assim a hipótese de que, como em outros mamíferos, são capazes de utilizar a ecolocalização para diversas funções como identificar objetos, reconhecer ambientes, se locomover e outras.

X. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi proposta a análise experimental da habilidade de ecolocalização em seres humanos, inclusive deficientes visuais. Para a análise experimental com os voluntários, foi construído um aparato com dispositivo emissor e receptor de ultrassom para classificarem diferentes formatos de objetos por meio das técnicas de ecolocalização.

Os experimentos realizados com os voluntários geraram resultados bastante promissores com relação às habilidades de ecolocalização em seres humanos.

Surpreendentemente, a eficiência dos voluntários normais que não possuíam deficiência visual foi maior que a eficiência daqueles com deficiência visual, contrariando a hipótese de que os ouvidos dos que têm dificuldades de visão sejam mais apurados e possam ajudar na ecolocalização.

A análise dos resultados experimentais levou a constatar que mesmo através do uso de dispositivos não tão

sofisticados como o K-Sonar (originalmente utilizado para a detecção de obstáculos na locomoção de deficientes visuais) é possível de se desenvolver interfaces baseadas nas técnicas de ecolocalização para identificação de formatos de objetos.

Conclui-se que o trabalho realizado pode servir de base para o desenvolvimento de interfaces mais inovadoras que aproveitam as habilidades naturais de ecolocalização e que não exijam tantos esforços dos usuários em treinamentos exaustivos como acontecem com o *The vOICE*. Além disso, aumentou-se a expectativa de que a acessibilidade dos deficientes visuais e das pessoas idosas seja melhorada com esses novos conceitos de interfaces.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG por apoiar financeiramente este trabalho através do projeto de pesquisa TEC - APQ-01344-10. Também agradecemos à Associação dos Deficientes Visuais de Uberlândia (ADEVIUDI) que nos cedeu um espaço para a realização dos experimentos e a todos os voluntários que se disponibilizaram a participar desses experimentos. Por fim, agradecemos ao nosso professor orientador Shiguo Nomura, que nos apoiou durante todo o trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] J.A. Thomas, C.F. Moss, M. Vater, *Echolocation in Bats and Dolphins*, University Of Chicago Press, 1ª Edição, Chicago, 2004.
- [2] J.J. Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception: The Theory of Affordance*, Lawrence Erlbaum Associates Inc, 1ª Edição, 1979.
- [3] D. Kish, *Echolocation: How Humans Can "See" Without Sight*. Acessado em 04 de Janeiro de 2013, em: <http://www.martinnaef.ch/index.php?menuid=39&reporeid=66>.
- [4] N.V. Clarke, G.F., Pick, J.P. Wilson, "Obstacle Detection with and without the Aid of a Directional Noise Generator", *American Foundation for the Blind, Research Bulletin*, (29), pp. 67-85, 1975.
- [5] I. Kohler, *Facial Vision Rehabilitated*. In: R.G. Busnel (ed.) *Animal Sonar Systems. Biology and Bionics*: Jouyen-Josas, Laboratoire de Physiologie Acoustique, volume I, 89-114, 1967.
- [6] M.Cotzin, K.M. Dallenbach, *Facial Vision: The role of pitch and loudness in the perception of obstacles by the blind*. *American Journal of Psychology*, 63 (4), pp. 485-515, 1950.
- [7] J. Juurmaa, "The Effects of Training on the Perception of Obstacles without Vision, Part I", *New Outlook for the Blind*, 64, pp. 65-72, 1968.
- [8] R. Farcy, "Electronic Travel Aids and Electronic Orientation Aids for Blind People: Technical, Rehabilitation and Everyday Life Points Of View", *Conference & Workshop on Assistive Technologies for People with Vision & Hearing Impairments Technology for Inclusion*, M.a. Hersh, Massachusetts, 2006.
- [9] W.D. Jones, "Sight for Sore Ears", *IEEE Spectrum Magazine*, vol. 41, no 2, pp. 13-14, February 2004.