

## ANÁLISE EXPERIMENTAL PARA INTERFACES DE ALTO DESEMPENHO BASEADAS NA ECOLOCALIZAÇÃO HUMANA

F. R. Martins\*, S. Nomura\*, J. H. G. Costa\* e M. T. F. Tannús\*\*

\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

\*\*Universidade do Estado de Minas Gerais, Ituiutaba, Brasil

e-mail: felipe.rmartins@outlook.com

**Resumo:** Este trabalho propõe uma análise experimental da influência do tipo de som para o desenvolvimento de interfaces de alto desempenho no reconhecimento de ecos. Foram realizados experimentos com voluntários por meio de um aparato constituído de um dispositivo emissor e receptor de sinais ultrassonoros. O dispositivo permite a escolha entre dois tipos de sons com diferentes características. Dois protocolos foram preparados para se avaliar experimentalmente o tipo de som mais adequado para aumentar o desempenho dos voluntários em suas tarefas de classificação de três objetos-alvo com formatos diferentes colocados à frente do dispositivo a uma distância fixa. Basicamente, os voluntários puderam apenas ouvir (com a visão bloqueada) os sons contendo as características do objeto para responderem o formato deste alvo em teste. Os resultados experimentais comprovaram que o tipo de som escolhido (tipo 1) pelo voluntário como sendo o melhor para a classificação. Assim, confirmou-se a hipótese de que o tipo de som influencia no aumento do desempenho de interfaces baseadas nas técnicas de ecolocalização humana.

**Palavras-chave:** Dispositivos Sonoros, Ecolocalização, Metodologia, Protocolo, Sinais Sonoros.

**Abstract:** *This work proposes an experimental analysis of sound type influence for the development of high performance interfaces on recognizing echoes. The experiments with subjects have been performed through an apparatus constituted by a device that transmits and receives ultrasound signals. The device allows the choice between two types of sounds with different features. Two protocols have been prepared to experimentally evaluate the most appropriate type of sound to increase the performance of subjects in tasks for classifying three target objects with different shapes placed at a fixed distance in front of the device. Basically, the subjects could only hear (without using the vision) the sounds containing the features of the object for answering the shape of this target in test. The experimental results have shown that the sound type (type 1) has been chosen by the subject as the best for the classification. Then, the hypothesis that the sound type influences the performance increase of interfaces based on human echolocation techniques was confirmed.*

**Keywords:** *Audible Devices, Echolocation, Methodology, Protocol, Sound Signals.*

### Introdução

Algumas espécies de mamíferos, como morcegos e golfinhos, utilizam um sistema próprio de detecção de presas e obstáculos, em que o eco de estímulos sonoros permite realizar um mapeamento do local. Este fenômeno é conhecido como ecolocalização. Ecolocalizar significa ser capaz de interpretar ecos de sons autoproduzidos ou de sons do ambiente. Os seres humanos também possuem uma habilidade semelhante [1] e são capazes de perceber a presença de objetos próximos e desviar deles [2].

Dentre algumas das obras que envolvem o tema, o trabalho realizado por Kish [3] discorre a respeito da ecolocalização desde seu surgimento até o presente, explicitando os parâmetros envolvidos. Já no estudo de Juurmaa [4] os participantes deveriam caminhar e tentar parar a 0,5m de um alvo especificado. Verificou-se que os voluntários que apresentaram melhor desempenho no começo da pesquisa tiveram menor progresso do que os outros. Isso mostra que aqueles que progrediram menos no início do experimento tinham muito mais a aprender do que aqueles que obtiveram melhor desempenho inicial. Esses estudos indicam que se a ecolocalização pode ser aprendida passiva ou ativamente sob certas condições. Assim, sob condições apropriadas, a ecolocalização pode ser ativamente ensinada [3].

Existem no mercado dispositivos que foram criados utilizando princípios de ecolocalização. *Tom Pouce* é um dispositivo conectável à bengala que faz vibrar nos dedos do deficiente visual conforme este se aproxima de um obstáculo. A intensidade de vibração é tanto maior quanto mais próximo estiver o obstáculo. O *Télétac* é outro dispositivo que, além do alerta vibratório, apresenta também um alerta sonoro para indicar proximidade de objetos [5]. Há ainda o dispositivo chamado *The vOICe* mostrado na Figura 1, que é capaz de traduzir a imagem captada por uma câmera em sons que podem ser ouvidos pelo usuário por meio de fones auriculares, auxiliando o deficiente visual a se locomover no ambiente onde se encontra inserido [6].

Investigações mostram que existem diversas interfaces que detectam a presença ou ausência de obstáculos. No entanto, não existem interfaces como as propostas neste trabalho que assistam os seres humanos no reconhecimento de ecos associados a formatos de objetos. Partindo deste princípio, a originalidade deste trabalho está em analisar a influência do tipo de som

para o desenvolvimento de interfaces de alto desempenho no sentido de se melhorar a capacidade de ecolocalização. O objetivo é comprovar que existem sons apropriados para cada situação de maximização do reconhecimento dos ecos, começando com formatos elementares dos objetos encontrados nos cenários reais.



Figura 1: Dispositivo The vOICe [7].

### Materiais e métodos

Para a realização do procedimento experimental, três aspectos importantes foram levados em conta: os materiais a serem utilizados, o processo de seleção dos voluntários e a metodologia a ser seguida durante os experimentos. O projeto de pesquisa envolvendo voluntários foi aprovado por comitê de ética, sendo que o parecer de aprovação tem número 266/11 para o protocolo de registro CEP/UFU 029/11.

**Materiais** – A escolha dos materiais utilizados priorizou o baixo custo, a praticidade da pesquisa e sua eficiência. Dos materiais escolhidos, apenas o ‘K’ Sonar (Figura 2) foi importado da Nova Zelândia.



Figura 2: Dispositivo ‘K’ Sonar.

O dispositivo ‘K’ Sonar emite continuamente sinais ultrassônicos de frequência modulada que refletem nos obstáculos e são captados por um receptor. Ainda, o dispositivo demodula e converte esses sinais ultrassônicos em sinais audíveis para os seres humanos. Esses sinais audíveis são transmitidos ao usuário através de fones de ouvido. O dispositivo permite ao usuário escolher entre dois tipos de som, sendo esta uma característica primordial para o trabalho proposto.

O primeiro tipo de som identificado na proposta como Som 1, é o tipo padrão. Esse som é tocado toda vez que o dispositivo é inicializado. Ele é caracterizado por possuir uma frequência audível mais baixa, ou seja, por ser mais grave que o segundo tipo. Através de um processamento por software em uma amostra coletada para fins de análise, foi utilizada a Transformada Rápida

de Fourier (FFT) e verificou-se que a frequência dominante do Som 1, em um objeto, é da ordem de 850 Hz. Ressalta-se que a amostra coletada é de sinais audíveis da saída do dispositivo. Um exemplo do Som 1 coletado é mostrado na Figura 3.

O segundo tipo de som denominado a partir de então como Som 2, possui maior frequência (é mais agudo que o primeiro tipo). O Som 2 é tocado quando se aperta um botão no dispositivo para escolhê-lo. Também para esse som fez-se uma análise preliminar com a FFT e foi possível verificar que a frequência dominante dele, referente ao mesmo objeto do Som 1, é da ordem de 2130 Hz. Um exemplo do Som 2 pode ser visto na Figura 3.

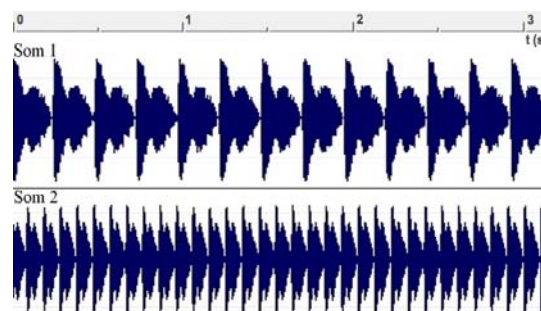


Figura 3: Formatos de sinais do Som 1 e do Som 2 coletados para um período de tempo da ordem de 3s.

Os objetos utilizados no experimento como alvos para o ‘K’ Sonar possuem três formatos diferentes: triangular côncavo, circular convexo e triangular convexo conforme a Figura 4.

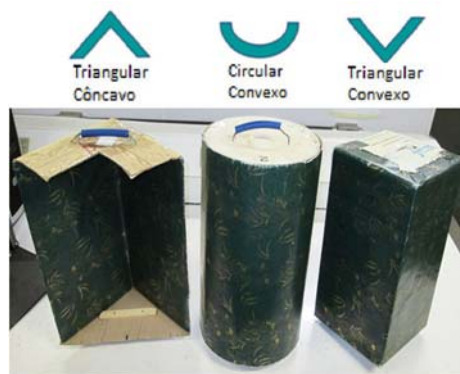


Figura 4: Objetos utilizados e seus respectivos formatos.

**Seleção dos voluntários** – Para a seleção dos voluntários, utilizou-se um formulário composto por questões que pudessem de alguma forma influir nos resultados do experimento, como por exemplo uso de medicamentos controlados. A partir das informações coletadas, foram criados critérios de exclusão tais como histórico de lesão nos ouvidos, labirintite, ou qualquer outro tipo de condição que pudesse dificultar a audição.

Os voluntários foram convidados para responder à entrevista elaborada e foram selecionados para participar do experimento aqueles que não se encaixaram em nenhum dos critérios de exclusão estabelecidos.

**Metodologia** – A metodologia objetivou estudar a ecolocalização humana para evidenciar a influência do tipo de som em tal habilidade.

A Figura 5 mostra a vista superior da plataforma utilizada na pesquisa. O dispositivo ('K' Sonar) está montado em uma das extremidades e pode ser girado horizontalmente para um lado e para outro, obedecendo a um ângulo máximo ( $\alpha$ ). Na outra extremidade um dos três objetos-alvo pode ser fixado em uma posição determinada por meio de pinos que guiam seu exato posicionamento. O voluntário realizava o experimento de olhos vendados, conectado ao 'K' Sonar pelo fone de ouvido, conforme mostrado na Figura 6.

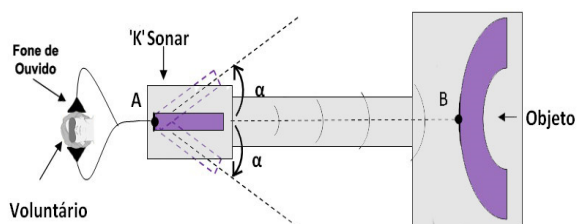


Figura 5: Vista superior da plataforma.



Figura 6: Plataforma utilizada nos testes com o objeto e com o voluntário devidamente posicionados.

Utilizando a opção de dois tipos de som pré-programados no 'K' Sonar, foram criados dois protocolos (A e B) para os experimentos, de forma a garantir que a ordem de adoção dos tipos de som não influenciasse nos resultados. O protocolo A começa utilizando o Som 1 e em seguida o Som 2. Já no protocolo B acontece o contrário, primeiro o Som 2 e depois o Som 1.

O experimento foi dividido em duas partes, sendo a primeira de treinamento seguida da de teste com as trocas de objetos. O objetivo do treinamento era fazer com que os voluntários pudessem aprender a associar o som ouvido com o respectivo objeto-alvo. Nessa parte, cada objeto era apresentado ao voluntário identificando-se por um número (1, 2 ou 3). Os formatos associados aos números foram: triangular côncavo (1), circular convexo (2) e triangular convexo (3). A tarefa do voluntário era ouvir o som refletido de cada objeto usando um dos dois tipos de sons (Som 1 ou Som 2) de acordo com o protocolo em teste (A ou B). Então, na parte de teste eram feitas trocas aleatórias entre os três formatos de objetos com o voluntário fazendo a varredura sobre eles. Após ouvir o som, o voluntário devia dizer qual era o número do objeto posicionado à sua frente. Eram reali-

zadas 18 trocas na primeira etapa de teste com o primeiro tipo de som.

Terminada a primeira etapa de teste, o tipo de som era alterado (novamente de acordo com o protocolo em teste) e o procedimento era repetido. Nesta segunda etapa, eram realizadas mais 18 trocas aleatórias de objetos, totalizando 36 trocas por voluntário.

Finalizada a parte de teste, os voluntários respondiam ao questionário elaborado para saber suas impressões a respeito do experimento, bem como quais pistas ou métodos utilizaram para classificar os objetos.

## Resultados

Para se obterem os resultados experimentais, foram feitos experimentos com seis voluntários cujas impressões e desempenhos sobre os tipos de sons se encontram descritos na Tabela 1. A última coluna da Tabela 1 refere-se ao som que possibilitou o melhor desempenho de cada voluntário mostrado no gráfico da Figura 7.

Tabela 1: Descrição da amostra de voluntários.

Vol.	Idade	Sexo	Preferência	Desempenho
1	18	M	Som 1	Som 1
2	17	F	Som 1	Som 1
3	21	M	Som 2	Som 1
4	20	M	Som 1	Som 1
5	18	M	Nenhuma	Som 2
6	22	M	Som 1	Som 1

Os experimentos foram realizados alternando-se entre os protocolos A e B conforme descritos na seção de Metodologia. Os voluntários 1, 3 e 5 seguiram o protocolo A e os voluntários 2, 4 e 6 seguiram o protocolo B.

A execução de cada protocolo levou em média 30 minutos, sendo que o tempo gasto para arquivar os dados coletados também foi contabilizado. Para fins de análise da eficiência de cada voluntário, calculou-se a razão entre o total de acertos e a quantidade total de apresentações dos objetos a serem classificados.

A Figura 7 mostra o gráfico de eficiências dos voluntários nos protocolos A e B, para o Som 1 e Som 2. Os voluntários 1, 3 e 5 seguiram o protocolo A, que começou apresentando o Som 1 e em seguida utilizou o Som 2. Os voluntários 2, 4 e 6 seguiram o protocolo B, sendo este o que começou utilizando o Som 2 e seguiu-se com o Som 1.

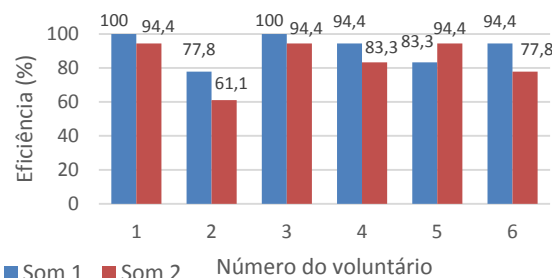


Figura 7: Resultado dos testes com os voluntários seguindo os protocolos A e B.

A Figura 8 apresenta o índice de acertos para cada objeto. O gráfico compreende os resultados de ambos os protocolos, considerando que um objeto foi apresentado a cada voluntário (total de seis) por seis vezes usando um tipo de som dentre dois disponíveis e totalizando, portanto, o número máximo de 36 acertos para cada tipo de som. Assim, para cada objeto, o número máximo de acertos seria de 72 considerando os dois tipos de som.

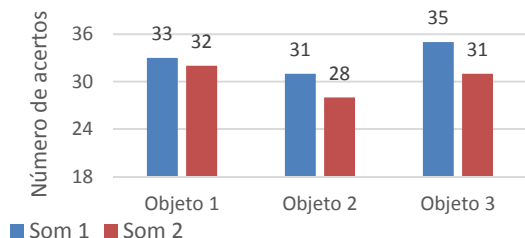


Figura 8: Total de acertos de todos os voluntários por objeto a ser classificado.

Finalmente, a Figura 9 mostra a eficiência média por tipo de som, levando em consideração os dois protocolos e os três formatos de objetos apresentados.

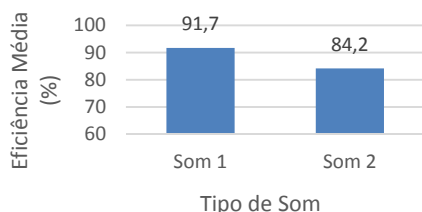


Figura 9: Eficiência média por tipo de som.

## Discussão

A análise dos resultados obtidos foi feita confrontando-se com o questionário pós-experimento respondido pelo voluntário. Foram detectados alguns aspectos relevantes quanto à influência do tipo de som no desempenho do reconhecimento de ecos pelos voluntários.

Da Tabela 1, com relação ao tipo de som preferido, os voluntários 1, 2, 4 e 6 responderam que o Som 1 é melhor, o voluntário 3 respondeu que o Som 2 é melhor e o voluntário 5 respondeu que não tem preferência.

Confrontando as respostas ao questionário dos voluntários com os seus respectivos desempenhos nos experimentos, verificou-se que o som preferido de cada voluntário contribuiu para o aumento do seu desempenho. Além disso, a maioria respondeu que os objetos 1 e 3 (triangular côncavo e triangular convexo, respectivamente) estavam mais fáceis de classificar e isso também refletiu nos resultados mostrados na Figura 8.

Por fim, levando-se em consideração ambos os protocolos, foi possível perceber um melhor desempenho dos voluntários utilizando o Som 1. Esse resultado leva a crer que o Som 1, que possui menor frequência dominante, possui características mais desejáveis para o reconhecimento de formatos de objetos nesta situação.

## Conclusão

De acordo com a proposta do trabalho e baseando-se na análise dos resultados experimentais obtidos, conclui-se que o tipo de som influencia positivamente no desempenho dos voluntários para classificação de objetos por meio de sons. Ressalta-se que os melhores índices de desempenho foram obtidos com o som preferido de cada um dos voluntários e foi o som do tipo 1.

Tendo em vista as características desse som previamente analisadas, conclui-se que para se desenvolver interfaces de alto desempenho baseadas na ecolocalização, não é necessário um dispositivo que emita sons em uma frequência muito alta. Dessa forma, os custos de um dispositivo capaz de otimizar a habilidade de ecolocalização humana poderiam ser reduzidos. O que seria uma grande vantagem para produzir uma tecnologia assistiva mais acessível à população com baixo poder aquisitivo, principalmente no Brasil, onde os recursos destinados à aquisição de tecnologias assistivas não são tão elevados quanto no exterior.

## Agradecimentos

Agradecemos à FAPEMIG por apoiar financeiramente este trabalho através do projeto de pesquisa TEC - APQ-01344-10.

## Referências

- [1] Thomas JA, Moss CF, Vater M. Echolocation in bats and dolphins. 1ª ed. Chicago: University Of Chicago Press; 2004.
- [2] Gibson JJ. The ecological approach to visual perception: the theory of affordance. 1ª ed. Lawrence Erlbaum Associates Inc; 1979.
- [3] Kish D. Echolocation: How humans can "see" without sight [internet]. 1995 [cited 2013 Jan 4]. Available from: <http://www.martinnaef.ch/index.php?menuid=39&reporeid=66>.
- [4] Juurmaa J. The effects of training on the perception of obstacles without vision, Part I. *New Outlook for the Blind*. 1968; 1(64):65-72.
- [5] Farcy R. Electronic Travel aids and electronic orientation aids for blind people: technical, rehabilitation and everyday life points of view. In: *Conference & Workshop on Assistive Technologies for People with Vision & Hearing Impairments Technology for Inclusion*; M.A. Hersh, Massachusetts. 2006.
- [6] Jones WD. Sight for sore ears. *IEEE Spectrum Magazine*. 2004; 41(2):13-14.
- [7] Augmented reality for the totally blind [internet]. 2014 Jun [cited 2014 Jul 7]. Available from: <http://www.seeingwithsound.com>.