



***INVESTIGAÇÃO DA HABILIDADE AUDITIVA CENTRAL  
DE INTERAÇÃO BINAURAL EM METALÚRGICOS  
COM E SEM PERDA AUDITIVA***

*Maysa Tibério Ubrig\**

*Fátima Cristina Alves Branco-Barreiro\*\**

**Introdução**

O ruído ocupacional sempre representa um risco à saúde dos trabalhadores e, portanto, merece uma atenção especial dos profissionais da saúde. O fato de a audiometria ser hoje o único teste obrigatório por lei para trabalhadores expostos a ruído ocupacional pode significar uma limitação para a identificação de alterações auditivas iniciais. Desta forma, as ações voltadas à proteção dos trabalhadores podem estar comprometidas, na medida em que a maioria das iniciativas

---

\* Fonoaudióloga clínica; especializanda de voz do Centro de Estudos da Voz (CEV).

\*\* Doutora em Neurociências e Comportamento pelo Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo; professora dos cursos de graduação em fonoaudiologia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e da Universidade Bandeirante de São Paulo.

parte da constatação de um problema auditivo decorrente da exposição a ruído. Assim, a possibilidade de se utilizar um outro instrumento complementar pode ser não só de grande aplicação clínica na identificação precoce de uma alteração, mas também pode colaborar para a diminuição da incidência de Perdas Auditivas Induzidas por Níveis de Pressão Sonora Elevados (PAINPSE) relacionada ao trabalho ao longo dos anos (Fiorini, 2000).

De acordo com Schochat (1994), a audição envolve estruturas periféricas intactas e mecanismos de decodificação central também intactos. O maior interesse da avaliação das habilidades auditivas é a limitação das informações obtidas sobre a capacidade de comunicação individual que a audiometria tonal convencional fornece.

Uma questão levantada pela mesma autora é discutir até que ponto as PAINPSE podem ser consideradas periféricas ou se já possuem algum comprometimento central; dado este muito importante quando se trata de (re)adaptação, (re)habilitação e prognóstico que se pode dar a esses indivíduos, já que aparelhos de amplificação sonora individual (AASI) podem apenas tentar compensar a perda auditiva periférica, não compensando os déficits centrais da audição.

O objetivo principal do presente estudo foi investigar a habilidade auditiva central de interação binaural por meio da determinação do Limiar Diferencial de Mascaramento – *masking level difference* (MLD), em trabalhadores da indústria metalúrgica, com e sem perdas auditivas; comparando os resultados obtidos aos de um grupo de indivíduos com audição normal e sem exposição a ruído.

### Revisão da literatura

Segundo Costa (1992), a PAINPSE tem início insidioso, evolução silenciosa e progressão lenta, podendo, por isso, passar despercebida por muito tempo, sem que o indivíduo lesado se dê conta do problema. Perdas auditivas nas frequências altas comprometem a compreensão da fala em condições ambientais desfavoráveis, principalmente quando atinge a faixa de 3000 Hz.

Em relação à exposição a ruído e suas conseqüências no sistema auditivo como um todo, a literatura apresenta dados contraditórios. Alguns estudos referem que o desempenho de indivíduos expostos a ruído, em testes comportamen-

tais de processamento auditivo central, é semelhante ao de indivíduos normais como propõem Findlay e Denneberg (1977), e Ochs, Humes, Odhe e Grantham (1989). Por outro lado, estudos como os de Humes, Schwarts e Bess (1979), Dirks, Morgan e Dubno (1982), e Humes (1983) constataram que o desempenho de indivíduos portadores de PAINPSE nesses testes é pior do que o de indivíduos “normais”, independentemente do material de fala utilizado, do grau de deficiência auditiva e da configuração audiométrica da mesma.

De acordo com Miltenberger, Dawson e Raica (1978), os testes de processamento auditivo central são sempre afetados pela existência da alteração auditiva periférica, a qual influenciará em maior ou menor grau, dependendo do material de fala e do tipo de tarefa envolvida no teste.

O Limiar Diferencial de Mascaramento (MLD) é a diferença em dB necessária para manter constante a performance do ouvinte quando são introduzidas mudanças nas condições interaurais de escuta (Jeffress, 1965).

Também foi denominado Teste de Mudanças de Limiar Determinadas por Meio de Mascaramento, em português; entretanto, optamos por utilizar o termo Limiar Diferencial de Mascaramento, tendo em vista que melhor traduz o objetivo e o procedimento do teste. Não está disponível em *compact disc* no Brasil, mas pode ser encontrado na programação de alguns modelos de audiômetros.

O MLD é um teste de interação binaural e avalia a habilidade do sistema nervoso auditivo central para processar informações díspares, mas complementares, apresentadas às duas orelhas. Tem se mostrado sensível a disfunções ou lesões no tronco encefálico baixo (Katz, Stecker e Henderson, 1992; Bellis, 2003).

Segundo Bellis (2003), a interação binaural inclui a localização e a lateralização do estímulo auditivo, a detecção de sinais no ruído e a fusão binaural. Dessas funções, duas, particularmente, são mais importantes no dia-a-dia: a localização do estímulo auditivo e a detecção de sinais no ruído. A localização e a lateralização do estímulo auditivo necessitam de trabalho conjunto das duas orelhas, podendo ser significativamente afetadas pela presença de perda auditiva periférica, principalmente quando esta é assimétrica.

Os problemas que podem estar associados a alterações na interação binaural são: dificuldades de fala e escrita, dificuldade para ouvir e para compreender fala em ambiente ruidoso e lentidão para aprender (Branco, 1998).

Estudos com adultos norte-americanos com audição periférica normal mostram valores entre 10 e 15 dB para tom puro, dependendo da frequência investigada e das características do mascaramento. Esses resultados variam conforme o equipamento, o estímulo, o mascaramento e o protocolo utilizado (Berlin, 1976; Bellis, 2003). Outros autores, como Musiek, Baran e Pinheiro (1993), mostraram que o MLD inferior a 7 dB é considerado anormal para indivíduos adultos.

Olsen e Noffsinger (1976) aplicaram o MLD para tom puro de 500 Hz e para palavras espondáicas, em 48 pessoas, sendo 12 sem alterações otológicas ou neurológicas (normais), 12 com perdas nas frequências altas induzidas por ruído, 12 com diagnóstico de doença de Menière e 12 com alterações neurológicas diagnosticadas, como transtornos do sistema nervoso central. Quando os autores utilizaram o tom puro na frequência de 500 Hz e ruído de 60 dB NPS, observaram resultados variando entre 10 e 16 dB nos indivíduos com audição normal. Relataram também que os indivíduos com lesões cocleares (doença de Menière e perda auditiva induzida por ruído) e lesões de tronco encefálico apresentaram desempenho rebaixado.

### **Metodologia**

Foram avaliados 45 indivíduos do sexo masculino, com idades entre 20 e 45 anos, que procuraram o ambulatório médico do Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico de São Paulo, Mogi das Cruzes e região (S.T.I.M.M.E.S.P. – Mogi e região), para realização de avaliação audiológica no período de maio a setembro de 2001.

Esses indivíduos foram distribuídos em três grupos, segundo os seguintes critérios:

Grupo 1 (controle): 15 indivíduos sem exposição ocupacional a ruído e com limiares auditivos dentro da normalidade, ou seja, até 25 dB NA;

Grupo 2: 15 indivíduos com limiares tonais dentro da normalidade e exposição a ruído no ambiente de trabalho;

Grupo 3: 15 indivíduos com perda auditiva neurossensorial de no máximo 60 dB NA nas frequências altas (entre 3000 Hz e 6000 Hz), com melhora de

respostas em 8000 Hz de no mínimo 5 dB, e audição preservada nas frequências baixas e médias (entre 250 Hz e 2000 Hz), expostos a ruído no ambiente de trabalho (indústria metalúrgica).

Todos os indivíduos foram submetidos a uma anamnese clínica e ocupacional, a um questionário que continha perguntas que podiam indicar algum déficit nas habilidades do processamento auditivo, à avaliação audiológica completa e ao Limiar Diferencial de Mascaramento (MLD) para tom puro, nas frequências de 500 e 1000 Hz.

Foi utilizado o audiômetro Interacoustics AC-40 para a avaliação audiológica e para a realização do MLD.

Um ruído de banda estreita (R-ruído) foi apresentado nas duas orelhas do indivíduo por meio de fones TDH-39, em intensidade confortável, que foi determinada em 40 dB NA. Ao mesmo tempo, foi introduzido um tom pulsátil (S-sinal) de 500 Hz, em 60 dB NA. Os indivíduos foram orientados a manter a mão levantada enquanto ouvíssem o estímulo (tom puro) e a abaixá-la ao deixarem de ouvi-lo. Foi determinado, então, o limiar auditivo para o tom pulsátil na presença de ruído, na mesma fase nas duas orelhas (condição homofásica – SoRo). Em uma segunda etapa, determinou-se o limiar auditivo para o tom pulsátil em fase invertida em uma das orelhas (S $\bar{o}$ ), na presença do ruído na mesma fase nas duas orelhas (Ro). Por último, foi determinado o limiar auditivo para o tom pulsátil na mesma fase nas duas orelhas (So), na presença do ruído em fase invertida em uma das orelhas (Rp). O limiar obtido nas condições antifásicas, ou seja, nas duas últimas etapas do procedimento, foi subtraído do limiar obtido na condição homofásica (primeira etapa) para determinar a quantidade de melhora (*release*) em dB. O equipamento, automaticamente, calculou o Limiar Diferencial de Mascaramento (MLD), baseado nas operações realizadas. O mesmo procedimento foi utilizado para a obtenção do MLD para um tom pulsátil de 1000 Hz.

O teste para comparação das médias das variáveis utilizadas no presente estudo foi a Análise de Variância (ANOVA) e as Comparações Múltiplas, para comparar os grupos em questão. Foram considerados valores de significância aqueles abaixo de 5% (0,050).

## Resultados e discussão

**Tabela 1 – Distribuição do MLD em 500 e 1000 Hz nos grupos 1, 2 e 3. Significância desses resultados entre si**

	Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3				Estatística
	Mín.	Máx.	Média	D.P	Mín.	Máx.	Média	D.P	Mín.	Max.	Média	D.P	p
MLD 500 Hz	7 dB	13 dB	9,47 dB	2,10	4 dB	11 dB	8,47 dB	2,20	3 dB	12 dB	6,93 dB	2,22	0,10
MLD 1000 HZ	7 dB	10 dB	7,87 dB	0,99	3 dB	13 dB	6,80 dB	2,51	2 dB	11 dB	6,27 dB	2,52	0,125

Com relação ao desempenho do grupo controle no MLD na frequência de 500 Hz, foi encontrada a média de 9,47 dB. Esses resultados são discretamente inferiores aos encontrados por Berlin (1976) e Bellis (2003), como esperados para indivíduos com audição periférica normal e sem exposição a ruído ocupacional. Uma possível justificativa para a diferença entre os resultados desta amostra brasileira e dos estudos americanos seria a exposição a línguas diferentes, que exigem habilidades auditivas também diferentes.

Na frequência de 1000 Hz, foi encontrada a média de 7,87 dB nos indivíduos do grupo controle. Esses achados estão de acordo com o padrão de normalidade proposto por Musiek, Bran e Pinheiro (1993), mas também são inferiores aos referidos por Berlin (1976) e Bellis (2003). Pode-se observar, na Tabela 1, que a média dos valores obtidos no MLD na frequência de 500 Hz no grupo controle foi superior quando comparada ao MLD na frequência de 1000 Hz nesse mesmo grupo.

Com relação ao desempenho do Grupo 2 no MLD, foi observada a média de 8,47 dB em 500 Hz e de 6,8 dB em 1000 Hz. Não foram encontrados trabalhos na literatura que tivessem estudado o MLD em indivíduos expostos a ruído, mas sem perda auditiva. Apesar de a diferença entre os valores obtidos no grupo controle e no Grupo 2 não ter sido significativa, pode-se notar que a média obtida no Grupo 2 foi inferior à média obtida no grupo controle. Esse dado mostra que

apesar de os limiares audiométricos estarem dentro da normalidade no Grupo 2, o fato de esses indivíduos trabalharem expostos a ruído pode ter contribuído para uma redução da média do MLD.

Katz (1994) refere que o MLD pode mostrar anormalidades residuais, mesmo quando outros testes sugerem função normal. O fato de os resultados do MLD em 500 Hz e em 1000 Hz no Grupo 2 serem inferiores aos do grupo controle sugere que o MLD pode mostrar diferenças entre indivíduos com e sem exposição a ruído, mesmo quando a audiometria tonal está dentro dos padrões de normalidade.

Com relação ao desempenho do Grupo 3 no MLD na frequência de 500 Hz, foi encontrada a média de 6,93 dB e, em 1000 Hz, de 6,27 dB. A diferença dos resultados encontrados no grupo controle e no Grupo 2 em relação aos obtidos no Grupo 3 mostrou-se significativa ( $p=0,01$ ). As médias dos resultados obtidos no Grupo 3 mostraram-se abaixo da normalidade proposta por Musiek, Baran e Pinheiro (1993). Os resultados obtidos no Grupo 3 concordam com os encontrados por Olsen e Noffsinger (1976).

O desempenho inferior dos indivíduos com PAINPSE no MLD, em comparação ao de indivíduos normais sem exposição a ruído, concordou com os estudos de Humes, Schwarts e Bess (1979), Dirks, Morgan e Dubno (1982) e Humes (1983).

No Grupo 2, o tempo de carreira dos indivíduos variou de seis meses a 22 anos. A média do tempo de carreira foi de 12,4 anos, com desvio-padrão encontrado de 7,172.

No Grupo 3, o tempo de carreira variou de quatro a 28 anos. A média encontrada foi de 15,4 anos, com desvio-padrão de 7,209.

A diferença entre o tempo de carreira dos grupos 2 e 3 não foi significativa, ou seja, não houve diferença no tempo de carreira entre os grupos ( $p = 0,541$ ) e, portanto, não influenciou os resultados do MLD nas frequências de 500 e 1000 Hz ( $p = 0,068$  e  $p = 0,566$  respectivamente).

Apesar de a perda auditiva observada nos trabalhadores (Grupo 3) avaliados neste estudo ser nas frequências altas e de o teste MLD ter sido realizado em frequências baixas (500 Hz) e média (1000 Hz), encontrou-se a funcionalidade do sistema auditivo desses indivíduos prejudicada de alguma forma, tendo

em vista os resultados inferiores aos do grupo controle. Mesmo os trabalhadores que não apresentavam perda auditiva nas frequências altas (Grupo 2) apresentaram desempenho inferior ao do grupo controle.

Em relação às dificuldades possivelmente relacionadas às habilidades auditivas centrais, verificamos que a queixa mais frequente foi a dificuldade de ouvir/entender na presença de um ruído competitivo. Essa informação confirma a proposta do teste MLD e os valores obtidos nesse estudo para esses grupos.

Os trabalhadores metalúrgicos tiveram dificuldade para detectar o estímulo (tom puro) nas duas frequências, na presença de um ruído mascarante competitivo, quando introduzidas mudanças nas condições binaurais e apresentaram, portanto, níveis inferiores de MLD em comparação aos indivíduos sem exposição ocupacional ao ruído.

Sendo assim, a queixa de dificuldade de compreensão de fala na presença de um ruído competitivo, referida por esses indivíduos na anamnese, pode estar associada à dificuldade de interação binaural da informação auditiva.

O MLD mostrou-se um instrumento válido na detecção precoce de alterações na função auditiva central, mais especificamente nas habilidades auditivas de interação binaural, em indivíduos expostos a ruído, quando a audiometria tonal ainda se encontra dentro dos padrões de normalidade.

A exposição a ruído parece ter comprometido não só a função auditiva periférica, mas também a função auditiva central na população estudada.

### **Conclusões**

A partir do estudo realizado concluímos que:

- em relação ao desempenho no teste MLD nas frequências de 500 e 1000 Hz, os indivíduos do Grupo 2 apresentaram desempenho inferior ao grupo controle, porém a diferença entre os resultados dos dois grupos não foi significativa;
- em relação ao desempenho no teste MLD nas frequências de 500 e 1000 Hz, os indivíduos do Grupo 3 apresentaram desempenho inferior ao grupo controle e os valores obtidos estão abaixo do valor considerado normal para adultos americanos;

- os valores obtidos no teste MLD na frequência de 500 Hz foram superiores aos obtidos em 1000 Hz, nos três grupos;
- não houve correlação significativa entre o tempo de exposição a ruído (tempo de carreira) e os valores de MLD nos grupos 2 e 3.

### **Resumo**

*O presente estudo teve como objetivo principal investigar o MLD – Limiar Diferencial de Mascaramento, em indivíduos expostos a ruído, com e sem perda auditiva e comparar os resultados obtidos aos de um grupo controle (1), com audição normal e sem exposição a ruído ocupacional. Todos os indivíduos foram submetidos à avaliação audiológica completa e ao teste MLD, nas frequências de 500 e 1000 Hz. Os trabalhadores metalúrgicos fizeram parte dos grupos 2 e 3. O grupo 2 foi composto de 15 indivíduos com avaliação audiológica normal e o grupo 3, de 15 indivíduos que apresentavam resultados compatíveis com perda auditiva neurossensorial nas frequências altas.*

*O desempenho dos grupos 2 e 3 no MLD em 500 Hz foi inferior ao grupo controle, e essa diferença se mostrou estatisticamente significativa quando comparamos os grupos controle e 3, e o valor obtido no grupo 3 nessa mesma frequência está abaixo da normalidade. O desempenho dos grupos 2 e 3 no MLD em 1000 Hz foi inferior ao grupo controle, porém a diferença dos valores não mostrou ser um resultado estatisticamente significativo e os resultados do grupo 2 e 3 mostraram-se abaixo da normalidade.*

*A exposição a ruído mostrou-se prejudicial de alguma forma à habilidade auditiva investigada no MLD (interação binaural) e ao sistema auditivo central dos indivíduos estudados.*

***Palavras-chave:** limiar diferencial de mascaramento; habilidade auditiva central; exposição a ruído; perda auditiva.*

### **Abstract**

*We investigated the masking level difference (MLD) in noise exposed workers, with and without hearing loss, and compared the results to a control group.*

*Group 1 was composed of 15 individuals with normal hearing thresholds and no exposition to occupational noise. 15 individuals with normal hearing thresholds and occupational noise exposition constituted group 2. Group 3 was composed of 15 individuals with occupational noise induced hearing loss. All subjects were submitted to the masking level difference for pure tones between 500 and 1000 Hz.*

*The performance of groups 2 and 3 were worse than the performance of group 1 for 500 Hz. Group 2 presented normal results and group 3 presented abnormal results.*

*The performance of groups 2 and 3 were worse than the performance of group 1 for 1000 Hz. Both group 2 and 3 presented abnormal results.*

*Noise exposition seems to interfere with the central hearing abilities tested in MLD.*

**Key-words:** *masking level differenc; central hearing abilities; noise exposition; hearing loss.*

### **Resumen**

*El presente estudio tuvo como objetivo principal investigar el MLD — Limiar Diferencial de Enmascaramiento, en individuos expuestos a ruido, con y sin pérdida auditiva y comparar los resultados obtenidos a los de un grupo de control (1), con audición normal y sin exposición al ruido ocupacional. Todos los individuos fueron sometidos a evaluación audiológica completa y al teste MLD, en las frecuencias de 500 y 1000 Hz. Los trabajadores metalúrgicos hicieron parte de los grupos 2 y 3. El grupo 2 fue compuesto de 15 individuos con evaluación audiológica normal y el grupo 3 de 15 sujetos que presentaban resultados compatibles con pérdida auditiva neurosensorial en las frecuencias altas.*

*El desempeño de los grupos 2 y 3 en el MLD en 500 Hz, fue inferior al grupo de control, y esa diferencia se mostró estadísticamente importante cuando comparamos los grupos control y 3, y el valor obtenido en el grupo 3 en esa misma frecuencia está abajo de la normalidad. El desempeño de los grupos 2 y 3 en el MLD*

*em 1000Hz fue inferior al grupo control, pero la diferencia de los valores no se mostró un resultado estadísticamente importante y los resultados del grupo 2 y 3, se mostraron abajo de la normalidad. La exposición al ruido se mostró perjudicial a la habilidad auditiva investigada en el MLD (interacción binaural) y al sistema auditivo central de los individuos estudiados.*

**Palabras claves:** *Limiar Diferencial de Enmascaramiento; habilidad auditiva central; exposición al ruido; pérdida auditiva.*

### Referências

- BELLIS, T. J. (2003). *Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting from science to practice*. 2 ed. Nova York, Thomson Delmar Learning.
- BERLIN, C. I. (1976). New developments in Evaluating Central Auditory Mechanisms. *Annals Otolaryngology*, v. 85, pp. 833-841.
- BRANCO, F. C. A. (1998). *Zumbido em adultos ouvintes normais: um estudo sobre o processamento central e o Handicap*. Dissertação de mestrado. São Paulo, Pontifícia Universidade Católica.
- COSTA, E. A. (1992). *Estudo da correlação entre audiometria tonal e o reconhecimento de monossílabos mascarados por fala competitiva nas perdas auditivas induzidas pelo ruído*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Pontifícia Universidade Católica.
- DIRKS, D. D.; MORGAN, D. E. e DUBNO, J. R. (1982). A procedure for quantifying the effects of noise on speech recognition. *J Speech Hearing Disorders*, v. 47, pp. 114-117.
- FINDLAY, R. C. e DENNENBERG, L. J. (1997). Effects of subtle mid frequency auditory dysfunction upon speech discrimination in noise. *Audiology*, v. 16, pp. 252-259.
- FIORINI, A. C. (2000). *O uso de registros de emissões otoacústicas como instrumento de vigilância epidemiológica de alterações auditivas em trabalhadores expostos a ruído*. Tese de doutorado. São Paulo, Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública.

- HUMES, L. E.; SCHWARTZ, D. M. e BESS, F. H. (1979). Two experiments on subtle – midfrequency hearing loss and its influence on word discrimination in noise exposed listeners. *Audiology*, v. 18, pp. 307-319.
- \_\_\_\_\_ (1983). Midfrequency dysfunction in listeners having high frequency hearing loss. *J Speech Hear Res*, v. 26, pp. 425-435.
- JEFFRESS, L. A. (1965). Binaural signal detection: Vector theory defense. University of Texas. *Research Lab. Acoustical report*, n. 245.
- KATZ, J.; STECKER, N. e HENDERSON, D. (1992). *Central Auditory Processing: A transdisciplinary View*. Saint Louis, Mosby Year Book.
- \_\_\_\_\_ (1994). “Psychoacoustic considerations in clinical Audiology”; “Nonspeech – based procedures”. In: *Han dBook of Clinical Audiology*. 4. ed. Baltimore, Williams & Wilkins.
- MILTENBERGER, G. E.; DAWSON, G. J e RAICA, A. N. (1978). Central auditory testing with peripheral hearing loss. *Archives of Otolaryngology*, v. 104, pp. 11-15.
- MUSIEK, F. E.; BARAN, J. A. e PINHEIRO, M. L. (1993). “Behavioral and electrophysiological test procedures”. In: *Neuro Audiology: Case Studies*. San Diego, Singular Publishing.
- OCHS, M. T.; HUMES, L. E.; OHDE, R. N. e GRANTHAM, D. W. (1989). Frequency discrimination ability and stop-consonant identification in normally hearing and hearing impaired subjects. *J Speech Hear Res*, v. 3, pp. 133-142.
- OLSEN, W. O. e NOFFSINGER, D. (1976). Masking level differences for cochlear and brain stem lesions. *Annals Otolaryngology Rhinology Laryngology*, v. 85, pp. 820-825.
- SCHOCHAT, E. (1994). *Percepção de fala: presbiacusia e perda auditiva induzida pelo ruído*. Tese de doutorado. São Paulo, Universidade de São Paulo.

Recebido em jun./03; aprovado em dez./03.

**Endereço para correspondência:**

Maysa Tibério Ubrig  
Rua Apiacás, 570 – apto 71  
Perdizes – São Paulo – SP  
E-mail: maubrig@hotmail.com