

Desenvolvendo equipamentos para a avaliação eletrofisiológica

PEDRO DE LEMOS MENEZES

2011

Introdução

Potenciais evocados auditivos (PEA) e Miogênicos vestibulares (VEMP)

Método objetivo considerado eficiente na observação da integridade da via e detecção dos limiares auditivos e vestibulares.



Introdução

Avaliação do PEA e do VEMP

Domínio do tempo	• Topodiagnóstico
Domínio das frequências	• Limiar auditivo por frequência

Potenciais evocados

Avaliação no domínio do tempo

Latência

Curta	Média	Longa
• Até 15 ms	• 15 - 50 ms	• Acima 50 ms

Potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE)

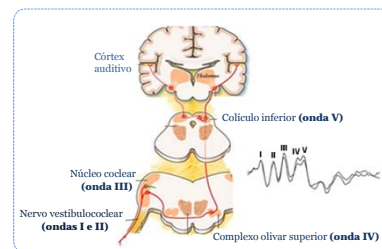
Curta latência

Avaliação

- Tronco encefálico
- Topodiagnóstico

Características

- Ondas I-V
- Amplitude < 1µV



Potencial miogênico evocado vestibular (VEMP)

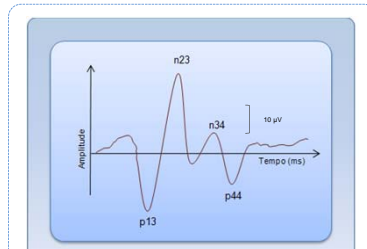
Média latência

Avaliação

- A partir do sáculo
- Resposta no músculo

Características

- Ondas p13 e n23
- Amplitude > 25µV




Potencial miogênico evocado vestibular (VEMP)

Exame de VEMP

Estimulação

- 200 estímulos/s
- *Toneburst*
- Baixa frequência
- 250 ou 500 Hz



Potenciais evocados


Avaliação no domínio das frequências

Potencial evocado auditivo de estado estável



Modelo

Potencial evocado auditivo de estado estável



Modulação

Tipo de Modulação

Amplitude	Frequência	Fase
• Alteração da amplitude da portadora	• Alteração da frequência da portadora	• Alteração da fase da portadora

Modulação em Amplitude

Estímulo amplitude modulado (AM)

Portadora

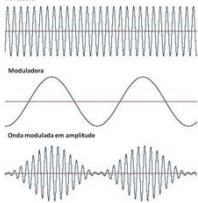
- Frequência do som

Moduladora

- Onda que irá alterar a portadora

Resultante

- Onda modulada em amplitude
- Espectro alterado



Modulação em Amplitude

Portadora

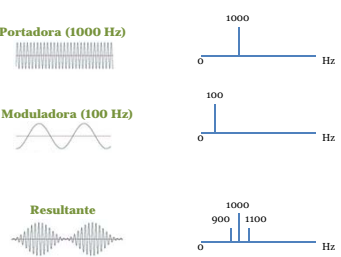
- Frequência do som

Moduladora

- Onda que irá alterar a portadora

Resultante

- Onda modulada em amplitude
- Espectro alterado



Modulação em Amplitude

Portadora

- Frequência do som

Moduladora

- Onda que irá alterar a portadora

Resultante

- Onda modulada em amplitude
- Espectro alterado

Modulação em Frequência Estímulo frequência modulado (FM)

Portadora

- Frequência do som

Moduladora

- Onda que irá alterar a portadora

Resultante

- Onda modulada em amplitude
- Espectro alterado

Modulação em Fase Estímulo fase modulado (PHM)

Portadora

- Frequência do som

Moduladora

- Onda que irá alterar a portadora

Resultante

- Onda modulada em amplitude
- Espectro alterado

Modulação

Portadora

- Frequência do som

Moduladora

- Onda que irá alterar a portadora

Resultante

- Onda modulada em amplitude
- Espectro alterado

Estimulação

Potencial evocado auditivo de estado estável

ESTÍMULO
Tom puro de 1.000 Hz

ESTÍMULO AM
Tom puro de 1.000 Hz modulado em 100 Hz

RESPOSTA BIOELÉTRICA

Região de resposta coalar mais eficiente em 1.000 Hz

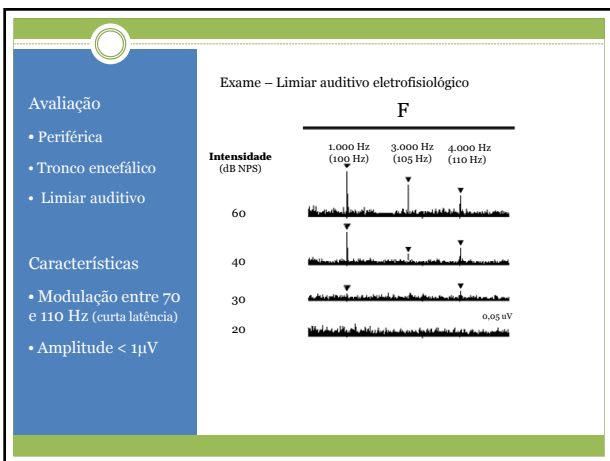
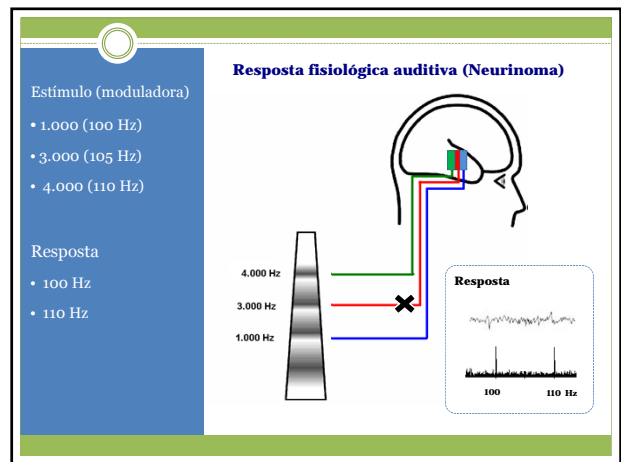
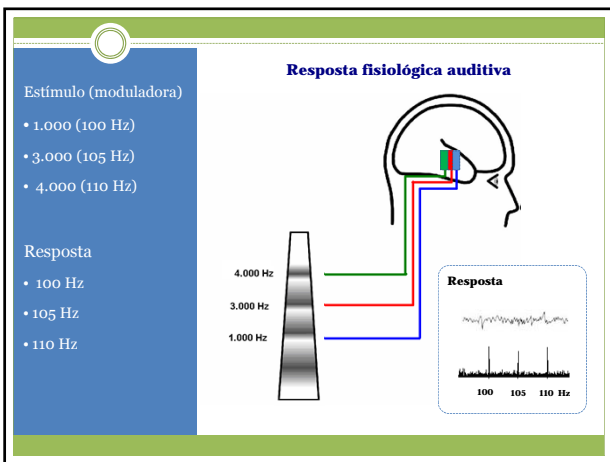
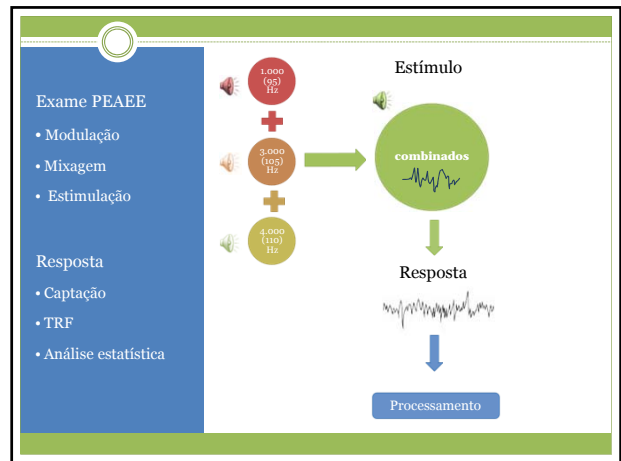
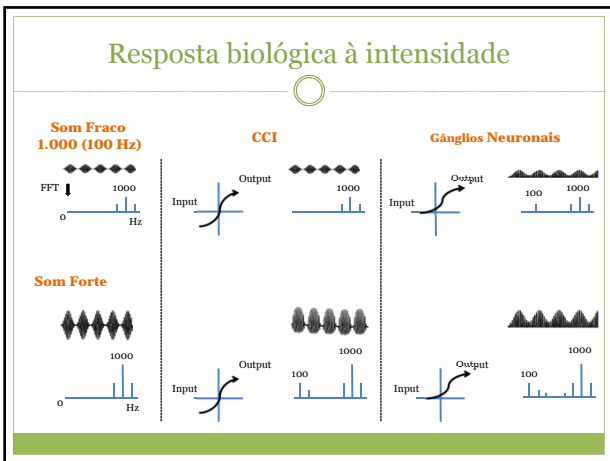
Não

Resposta máxima de frequência da Escala de 0-500 Hz

Respostas biológica

Estímulo acústico modulado

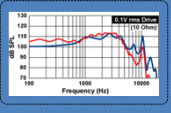
- 1. Estímulo**
 - Sinal original
- 2. CCI**
 - Não descarregam completamente
- 3. Sinapses**
 - Retificação da onda
- 4. Fibras**
 - O sinal enfraquece com o tempo



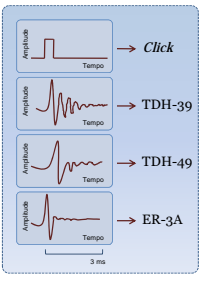
Gerador de estímulos

Transdutores


- Alta precisão
- Baixa distorção



Fones de ouvido



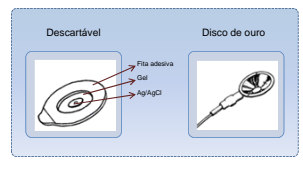
ER-3A



Sensor

Eletrodos

- Alta condutividade
- Prata e sal
- Baixa resistência

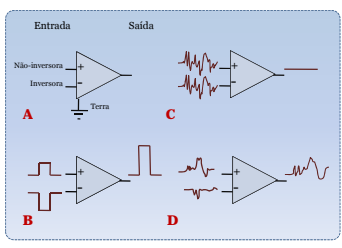


Amplificador

Características

- Diferencial
- Ganho > 90 dB
- RMC > 100 dB
- Muito baixo ruído: < 5 nVrms/√Hz

Amplificador diferencial




Processamento de sinais

Tipos principais

Filtros	Rejeição de artefatos	Promediação
<ul style="list-style-type: none"> Especificação do sinal a ser observado 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminação de ruídos de alta intensidade 	<ul style="list-style-type: none"> Busca pelo sinal coerente

Processamento de sinais

Filtragem



Passa-alto

- CC
- Músculos
- α , β , δ e θ

Passa-baixo

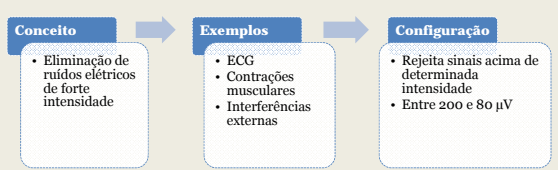
- RF
- Músculos
- anti-aliasing

Opcional: Passa-banda

- 60Hz

Processamento de sinais

Rejeição de artefatos elétricos



Conceito

- Eliminação de ruídos elétricos de forte intensidade

Exemplos

- ECG
- Contrações musculares
- Interferências externas


Configuração

- Rejeita sinais acima de determinada intensidade
- Entre 200 e 80 μ V

Promediação

$y_i[n] = s[n] + r_i[n]$

- y = aquisição
- s = sinal
- r = ruído
- M = nº de aquisições



$$\hat{S}[n] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M y_i[n] = s[n] + \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M r_i[n]$$

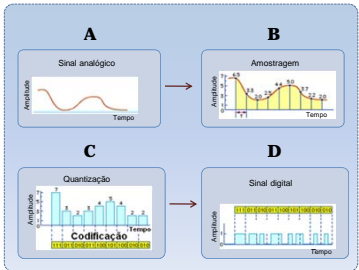
Especificações

Domínio do tempo	Domínio das frequências
<ul style="list-style-type: none"> • Ganho = 100 dB • Passa-alto = entre 5 e 30 Hz • Passa-baixo = 3.000 Hz • Rejeita-banda = Opcional • Promediação = 2.000 (curta latência) • Isolamento elétrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganho = 100 dB • Passa-alto = até 5 Hz • Passa-baixo = 300 Hz • Rejeita-banda = Não • Promediação = depende janela • Isolamento elétrico

Digitalização

Conversão analógico em digital

- Amostragem
> 25.600 Hz
0,04 ms
- Quantização
> 12 bits
4.096 níveis



Digitalização (erros)

Erros de digitalização

- Aliasing
- Baixa resolução

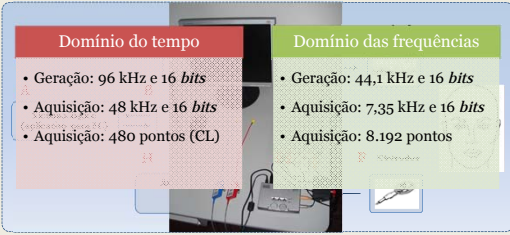


Justificativa

1. Amplo controle dos parâmetros do exame
2. Dispositivo para avaliação do PEAAE (4 fabricantes)
3. Desafio no desenvolvimento de um instrumento 100% nacional

Métodos

1. Instrumento desenvolvido
 1. Estrutura



Domínio do tempo	Domínio das frequências
<ul style="list-style-type: none"> • Geração: 96 kHz e 16 bits • Aquisição: 48 kHz e 16 bits • Aquisição: 480 pontos (CL) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geração: 44,1 kHz e 16 bits • Aquisição: 7,35 kHz e 16 bits • Aquisição: 8.192 pontos

Métodos

1. Instrumento desenvolvido
2. Amplificador

Métodos

1. Instrumento desenvolvido
3. Sistema lógico

Métodos

2. Testes com potencial simulado

- 1 Modelo
- 2 Experimento

ENTRADA Tom puro de 1.000 Hz	AMPLIFICADOR Mesmas condições do exame
10 μ V	
5 μ V	

Condições	• Similares a de um exame
Número de Exames	• 20
Promediações	• 50

Métodos

3. Teste piloto com seres humanos

1. Comitê de Ética em Pesquisa

CEP	• UNCISAL
Protocolo	• N° 625
Data de aprovação	• 01/12/2006

Métodos

4. Método estatístico

1. Técnicas de estatística descritiva, tabelas e gráficos
2. *Kolmogorov-Smirnov*
 1. Normalidade das amostras
3. *Wilcoxon*
 1. Amplitude e latência do PEATE
 2. Latência absoluta do VEMP

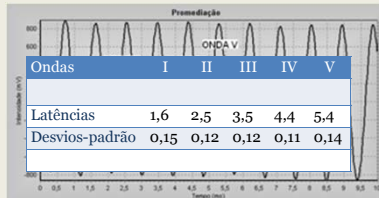
Métodos

4. Método estatístico

4. Coerência de magnitude quadrada (CMQ)
 1. Destaque das frequências do PEAE
 2. Para valores de $CMQ_{(f)} > CMQ_{(crítico)}$
5. Parâmetros e aplicativo utilizado
 1. $\alpha < 0,05$ e $\beta < 0,1$

Resultados

2. Teste com potencial simulado

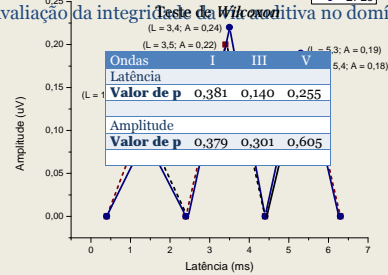


- A amplitude média dos picos foi 5,2 μV
- O desvio-padrão foi de 0,2 μV

Resultados

3. Teste piloto com seres humanos

1. Avaliação da integridade da via auditiva no domínio do tempo



Resultados

3. Teste piloto com seres humanos

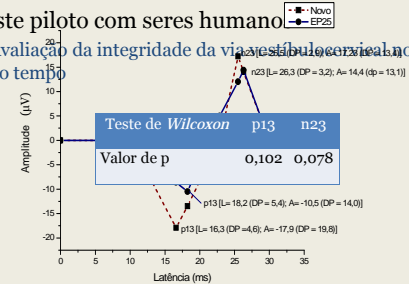
2. Avaliação da integridade da via auditiva no domínio das frequências

Frequência portadora (moduladora) Hz	500 (72)	1.000 (80)	2.000 (88)	4.000 (96)
CMQ(f)	0,64	0,42	0,54	0,78
Valor de p	0,000	0,000	0,02	0,000

Resultados

3. Teste piloto com seres humanos

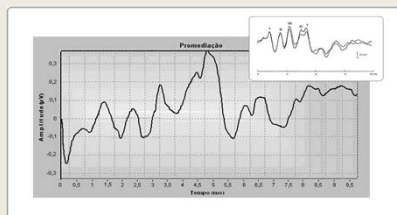
3. Avaliação da integridade da via auditiva no domínio do tempo



Exemplos de Exames

1. PEA

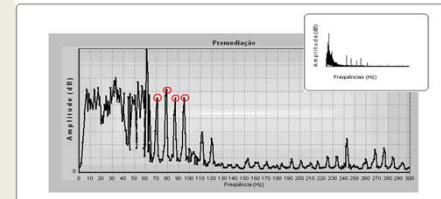
1. Avaliação da integridade da via auditiva no domínio do tempo



Exemplos de Exames

1. PEA

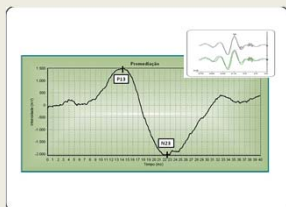
2. Avaliação da integridade da via auditiva no domínio das frequências



Exemplos de Exames

2. VEMP

1. Avaliação da integridade da via vestibular no domínio das frequências



Exemplos de Exames

2. VEMP

2. Exame completo no domínio do tempo



Exemplos de Exames

2. VEMP

3. Exame completo no domínio das frequências
(Exame inédito)



Obrigado!

<http://tudoglobal.com/ouvindovozes>

pedrodelemonsenezes@gmail.com