

M. Valeria Schmidt Goffi Gomez

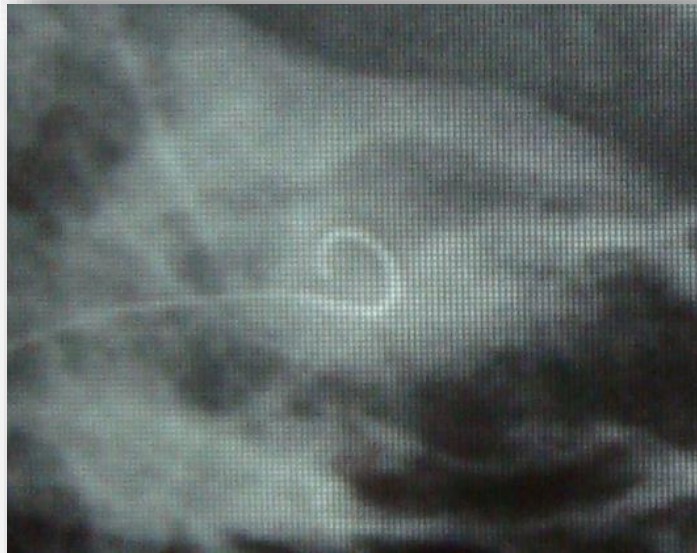
Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP

# *Implante Coclear: Programação com Base em Medidas Psicoacústicas e Eletrofisiológicas*



A tecnologia do IC disponibiliza o acesso aos sons às crianças com deficiência auditiva severa e profunda, porém é necessária a garantia de que há detecção de TODOS os SONS para permitir o desenvolvimento das habilidades auditivas

# Implante Coclear



Verificação  
e inspecção

Componentes  
externos

Componentes  
internos

Verificação e  
Validação

Programação

Desenvolvimento  
auditivo e de  
linguagem

# Red flags (Amy Robbins)

## Rastreamento do progresso auditivo em crianças com IC.

Observação: São assinaladas somente as habilidades em condições exclusivamente auditivas. Espontâneo significa sem estímulos ou modelo e quando estiver fora de um ambiente auditivamente controlado.



Período pós-implante que deveria demonstrar a habilidade

**Tabela 1 GRUPO 1** Crianças implantadas com quatro anos ou menos

Habilidade	1 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
1. Uso do IC em tempo integral					
2. Mudanças nas vocalizações espontâneas com o uso do IC.					
3. Responde espontaneamente ao nome em 25% do tempo					
4. Responde espontaneamente ao nome em 50% do tempo					
5. Atento espontaneamente a alguns sons do					

# Objetivos da programação

- Audibilidade
  - Dada pelos níveis de estimulação = quantidade de energia (em corrente elétrica) necessária para gerar uma sensação sonora.
- Qualidade
  - Dada pelos parâmetros que permitem acesso a pistas de:
    - Amplitude
    - Frequência
    - Duração (resolução temporal)

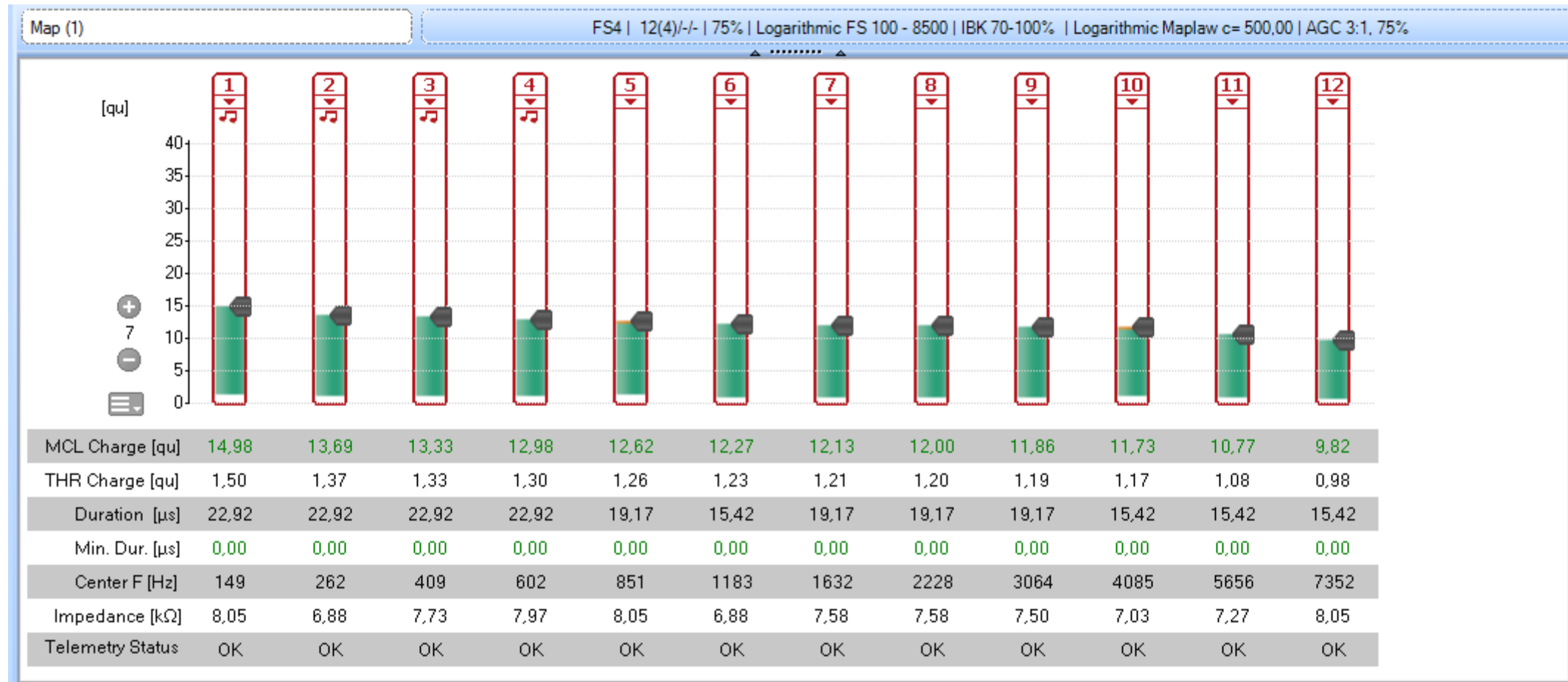
# Programação/Mapeamento

**Nível de estimulação:** é a corrente necessária para disparar no nervo auditivo um impulso com

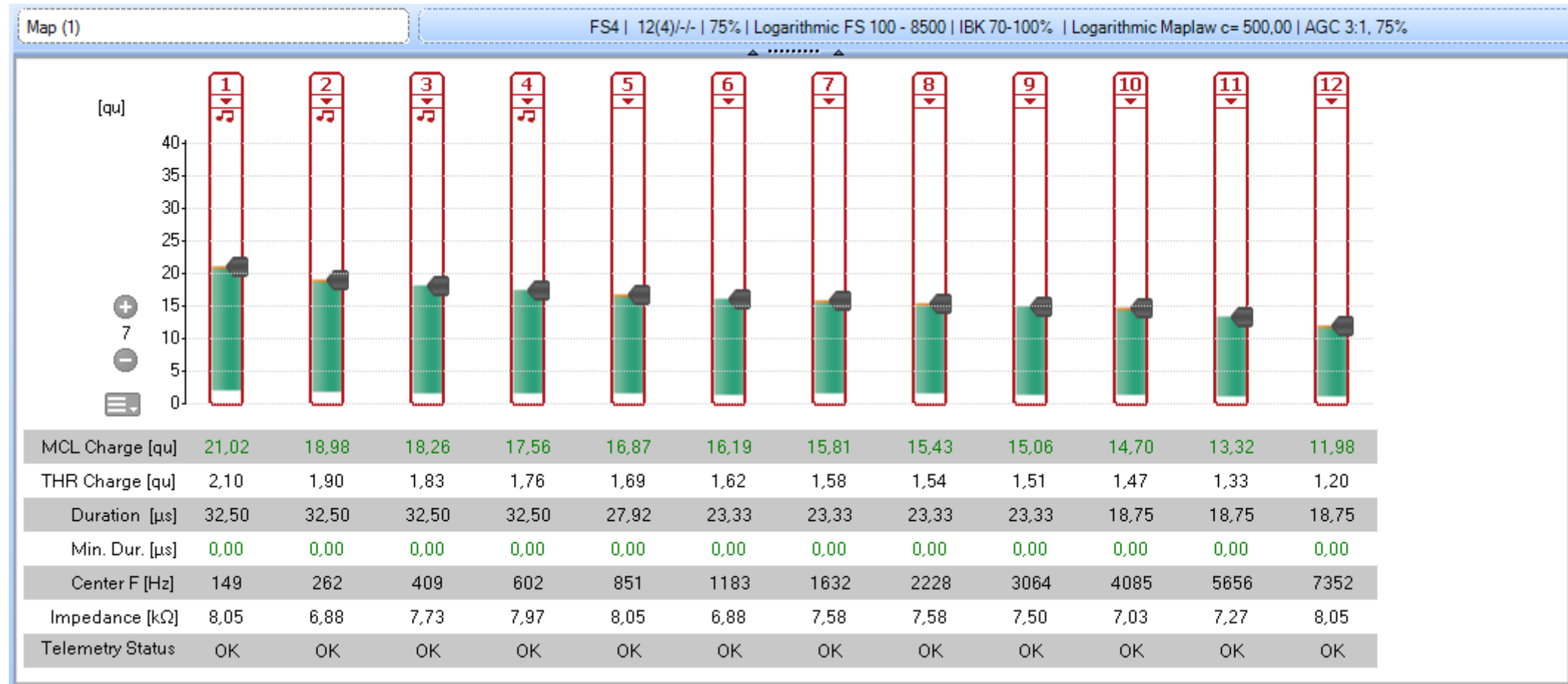
- Sensação minimamente AUDÍVEL (T, THR)  
e
- Confortável (C, MCL, M) em cada **eletrodo/canal**



# Programação/Mapeamento

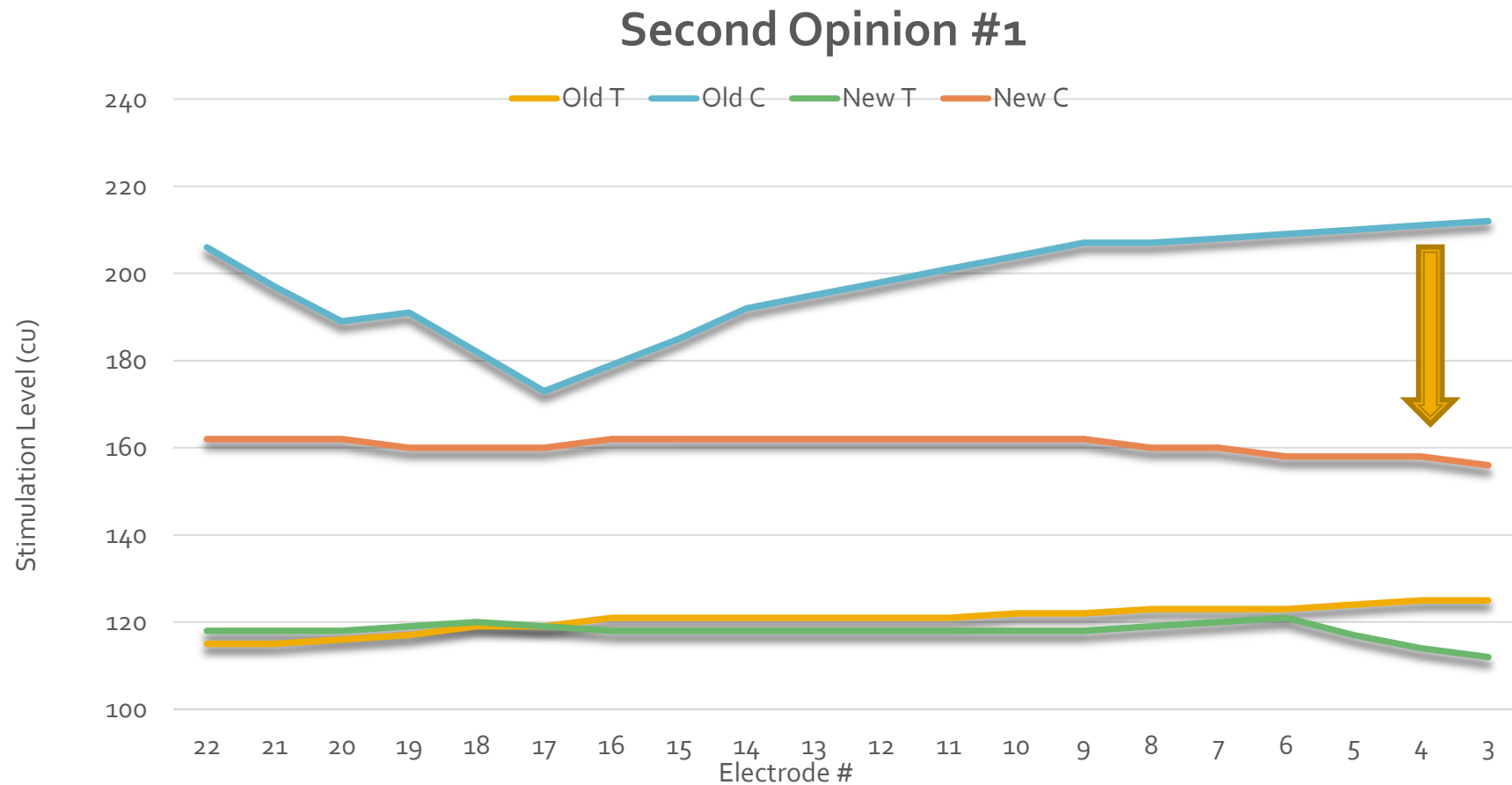


# Programação/Mapeamento

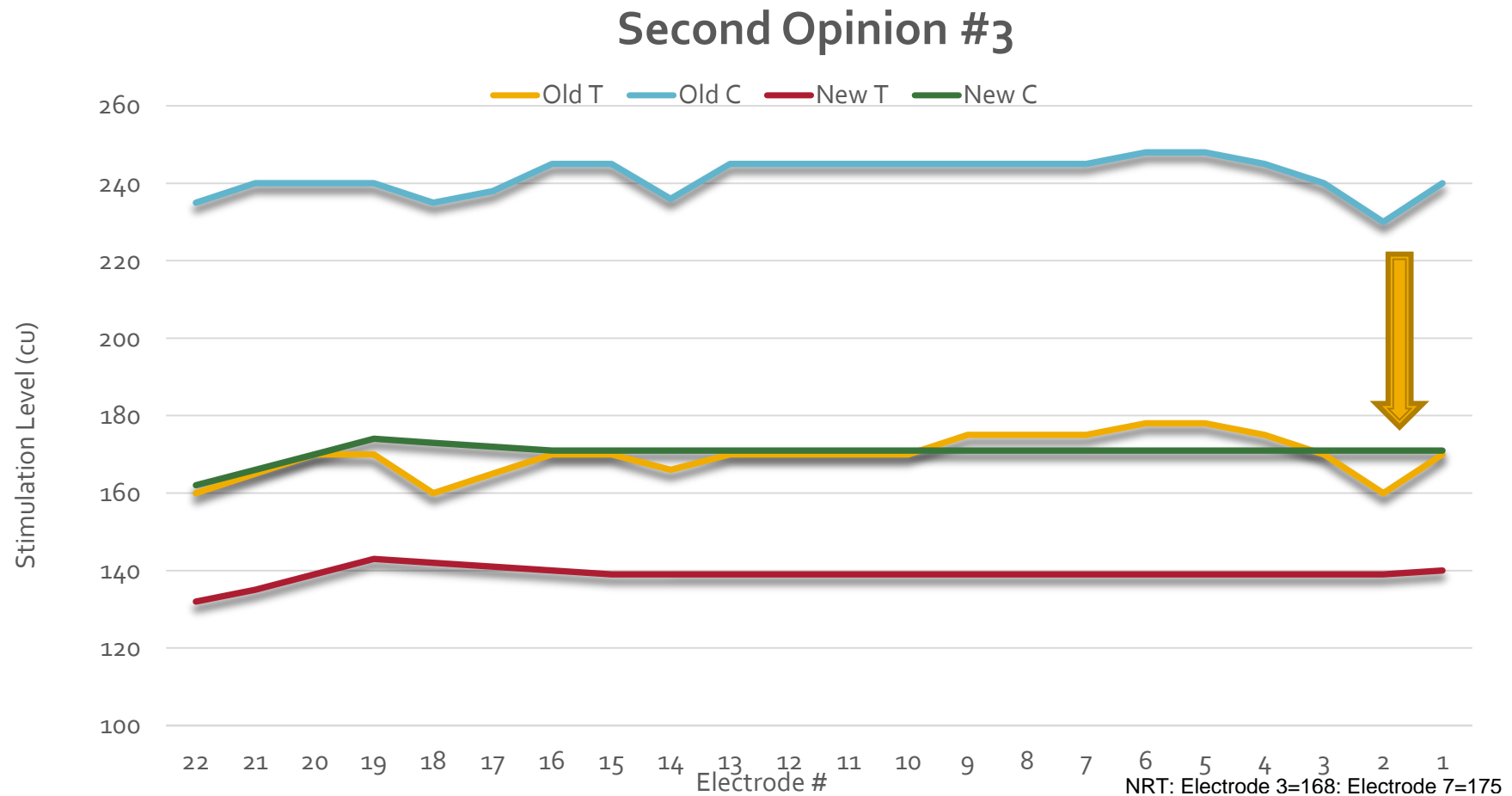




# Super estimulação. J. Mertes (2005)



# Super estimulação. J. Mertes (2005)



## Níveis mínimos abaixo do necessário interferem nos limiares audiométricos

N = 11 crianças (entre 7 e 17 anos)

Limiares em campo livre com níveis T abaixo do 'audível suave' e em 10% do nível M (conforto) (Advanced Bionics)

(Baudhuin et al. 2012. Optimization of Programming Parameters in Children with AB CI)

Baudhuin et al.

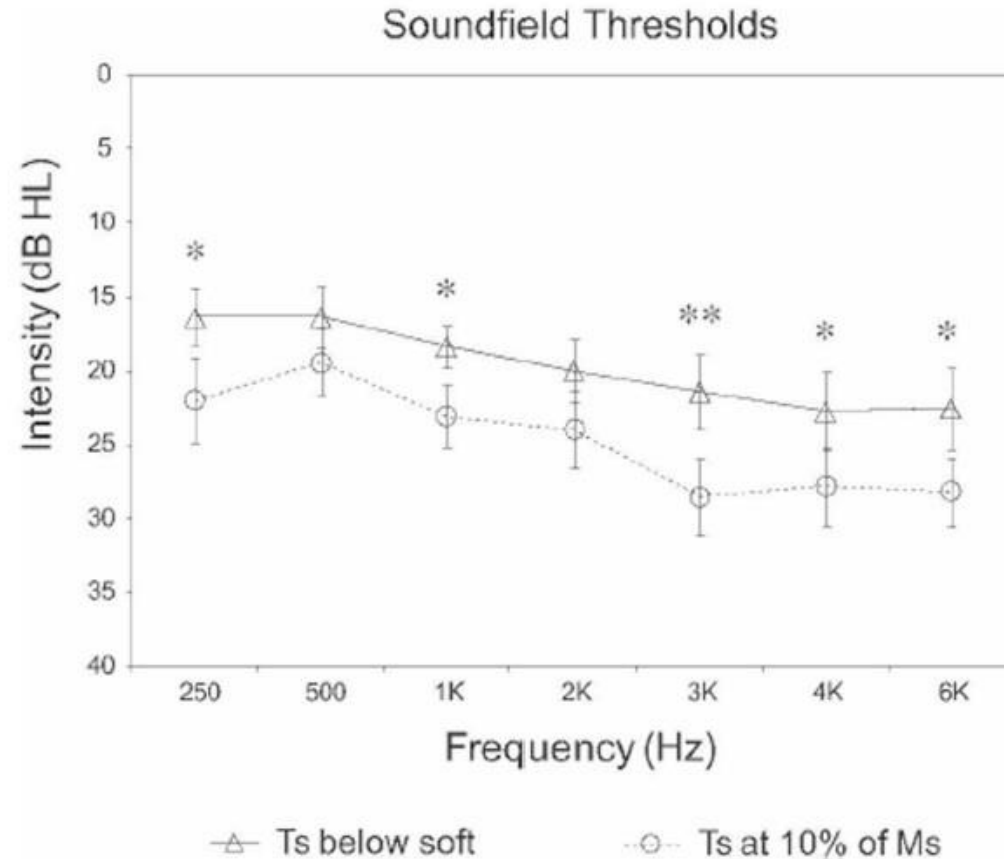


Figure 1.

Group mean FM-tone soundfield thresholds in dB HL from 250–6000 Hz for two T-level settings (Ts below soft and Ts at 10% of Ms). Error bars represent  $\pm 1$  SE of the mean. Asterisks denote significant threshold differences when Ts were set at 10 below soft compared to Ts at 10% of Ms for a given frequency (\*  $p \leq 0.05$  and \*\*  $p \leq 0.01$ ).

Ts mais altos (abaixo do audível)

Níveis máximos abaixo do necessário interferem nos limiares audiométricos e na percepção de fala no silêncio

N= 12 adultos

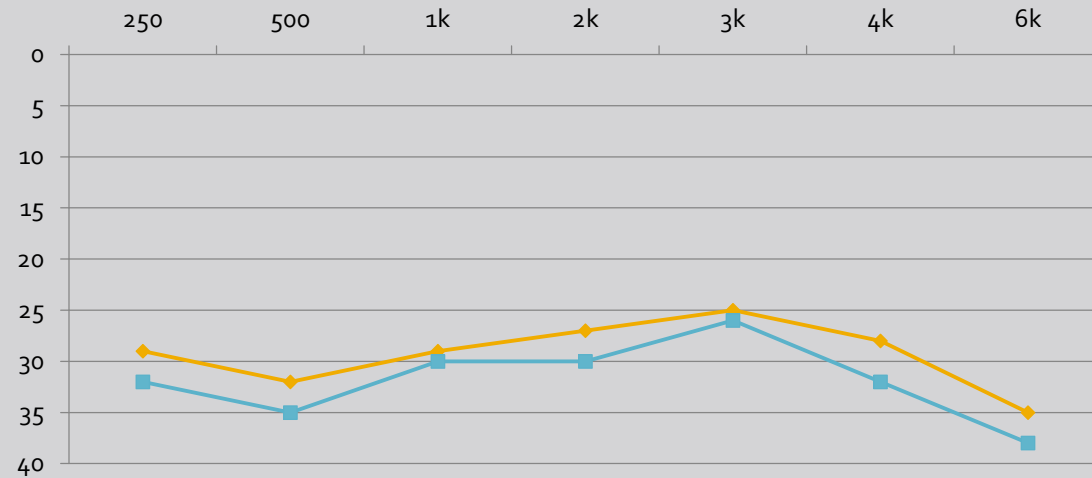
CI 24 RE

MO = mapa original

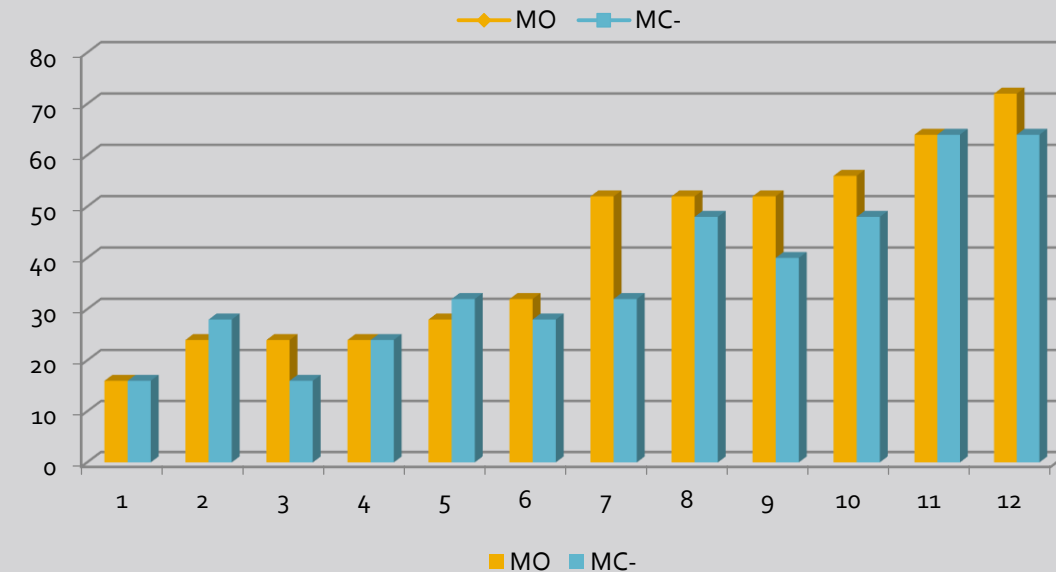
MC- = mapa

experimental com – 10 unidades de corrente no nível C original

Vasconcelos et al. (2015) (em publicação)



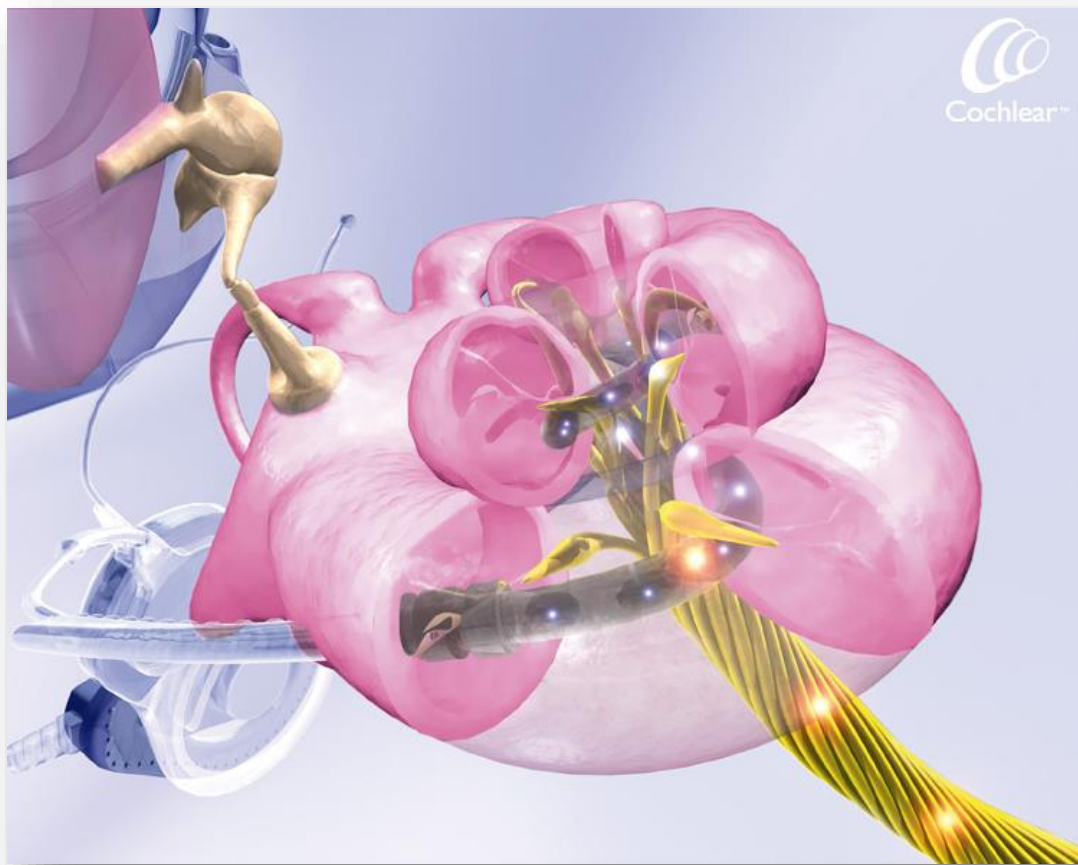
Média dos limiares tonais em campo



IRF no silêncio a 65dB NA

# Quais fatores interferem no nível de estimulação em cada eletrodo?

Porque não existe um nível de corrente 'ideal', ou um TARGET?



Aspectos físicos e eletrônicos

- ❖ distância do eletrodo ao modíolo
- ❖ tecido fibroso (cicatricial) envolvendo o eletrodo
- ❖ impedância do eletrodo (eletrônica)

Aspectos fisiológicos periféricos e centrais

- ❖ quantidade de fibras 'sobreviventes' do nervo
- ❖ experiência auditiva

# Programação pelo método comportamental

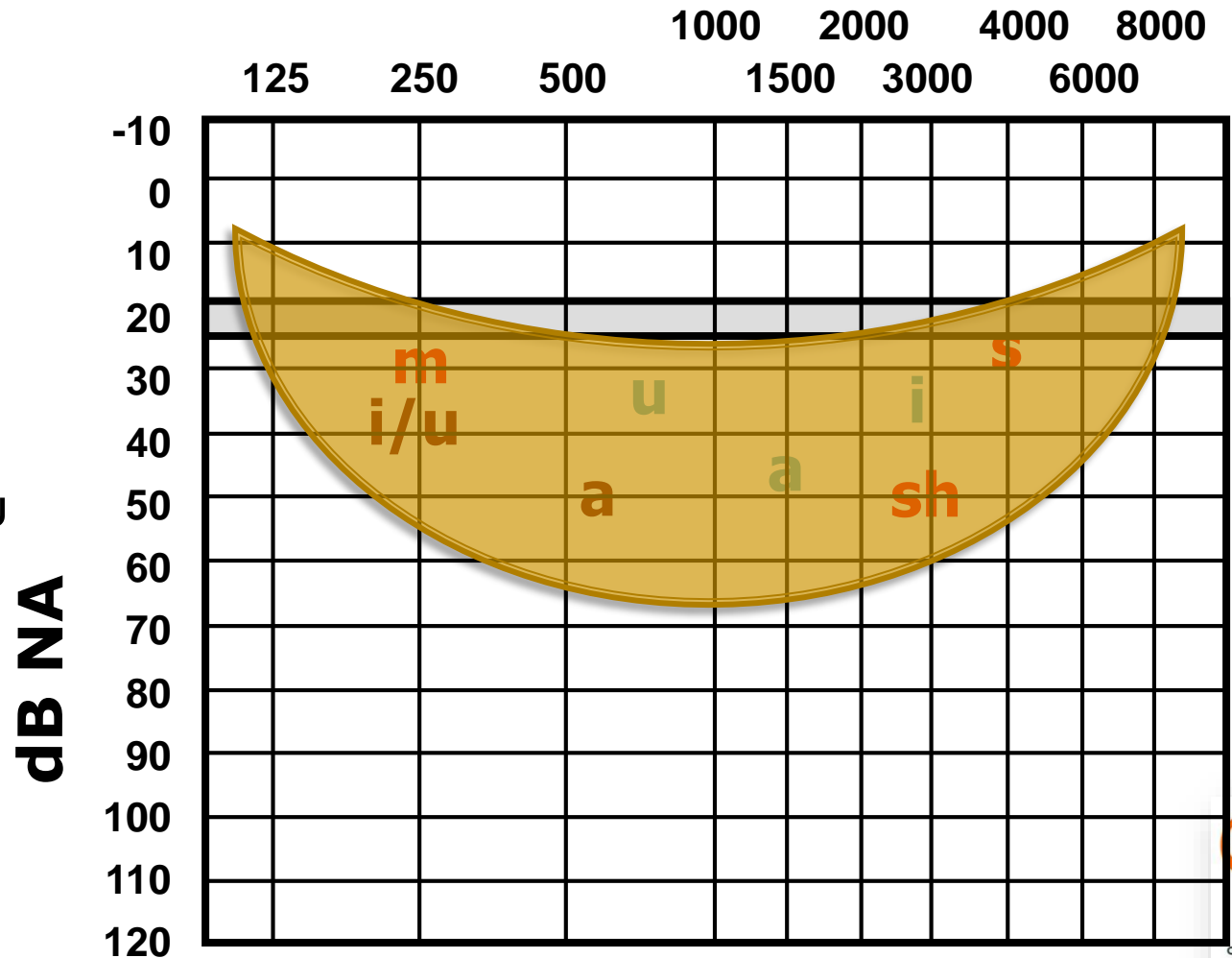
- Respostas comportamentais esperadas (Firszt and Reeder, 2005) :
  - criança olhar para os pais
  - parada de atividade
  - apontar para a orelha
  - procura da fonte sonora
  - *'procura do porto seguro'*

# Como verificar e otimizar a programação do processador de fala?

Para a verificação e validação podem ser usadas medidas objetivas, porém são imprescindíveis as medidas de reconhecimento de fala no silêncio e no ruído (Baudhuin et al., 2012).

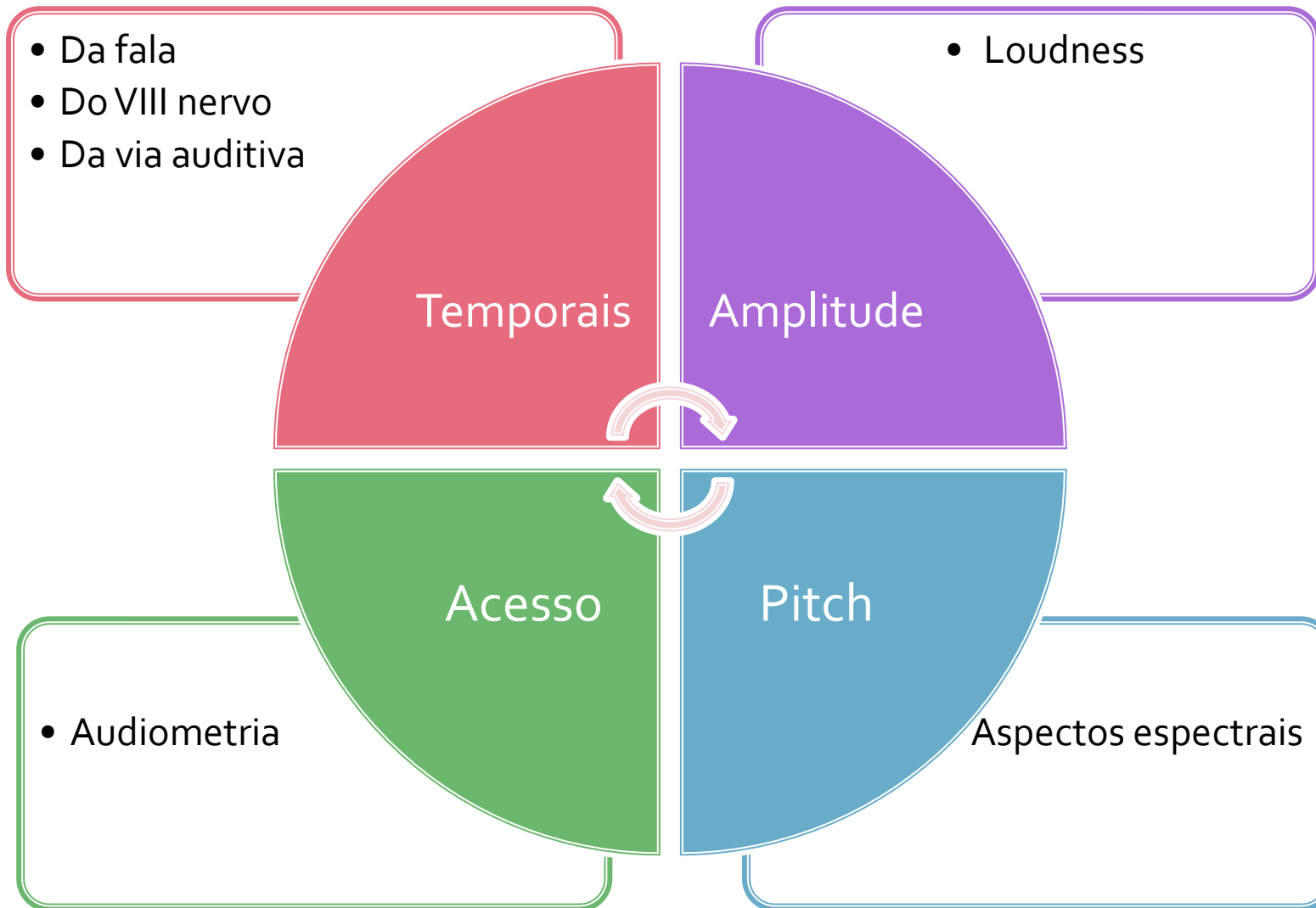
# Validação

- A validação depende eminentemente de testes comportamentais :
  - Audiometria tonal em campo
  - Detecção dos sons de Ling
  - Testes de percepção de fala (ou inventários)
  - Informações colhidas com a reabilitadora numa íntima parceria





# Verificação e Validação

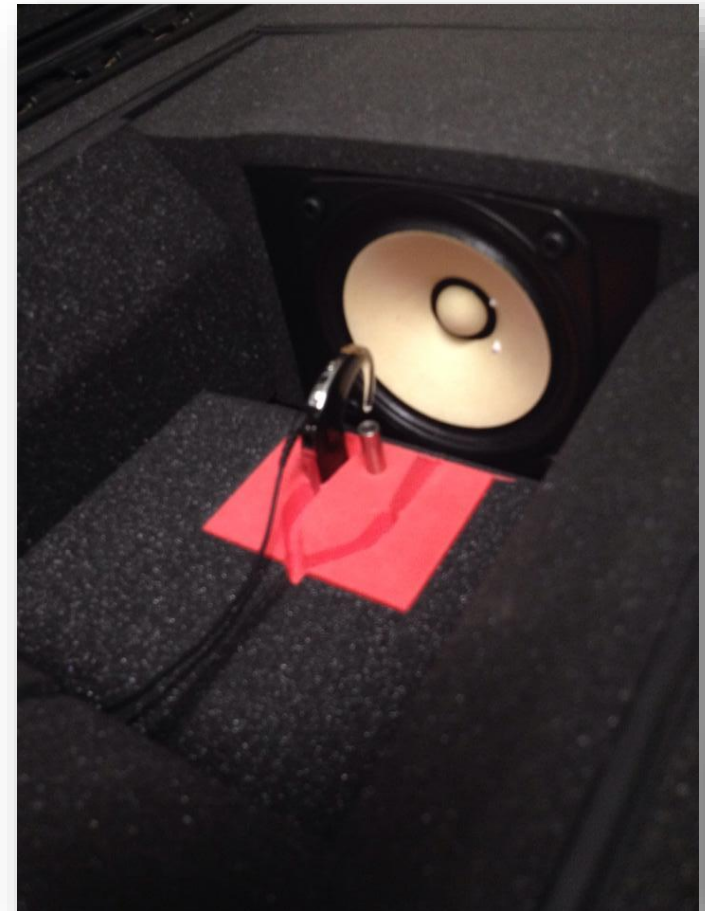


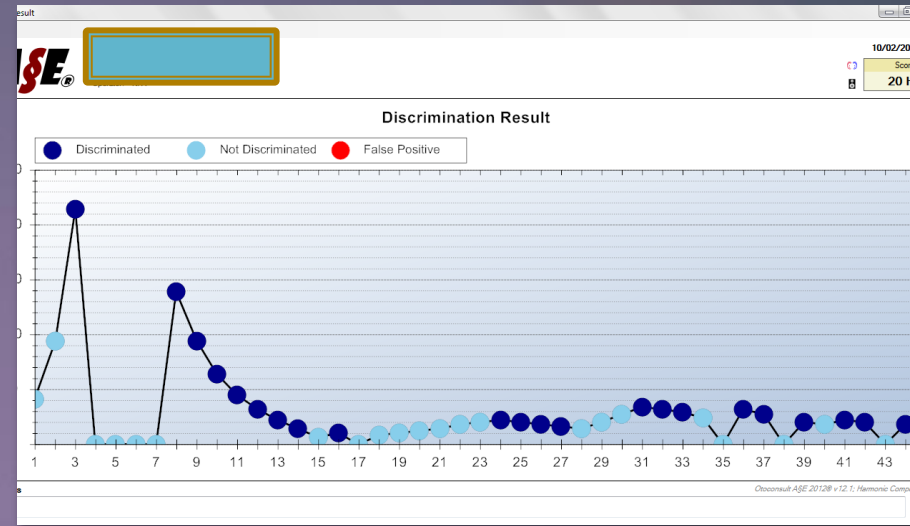
# Medidas Psicoacústicas

## Otocube



- Audiometria
- Detecção e/ou discriminação de fonemas
- Escala de *loudness* e *pitch*
- *Reconhecimento de fala no silêncio e no ruído*





Test Result

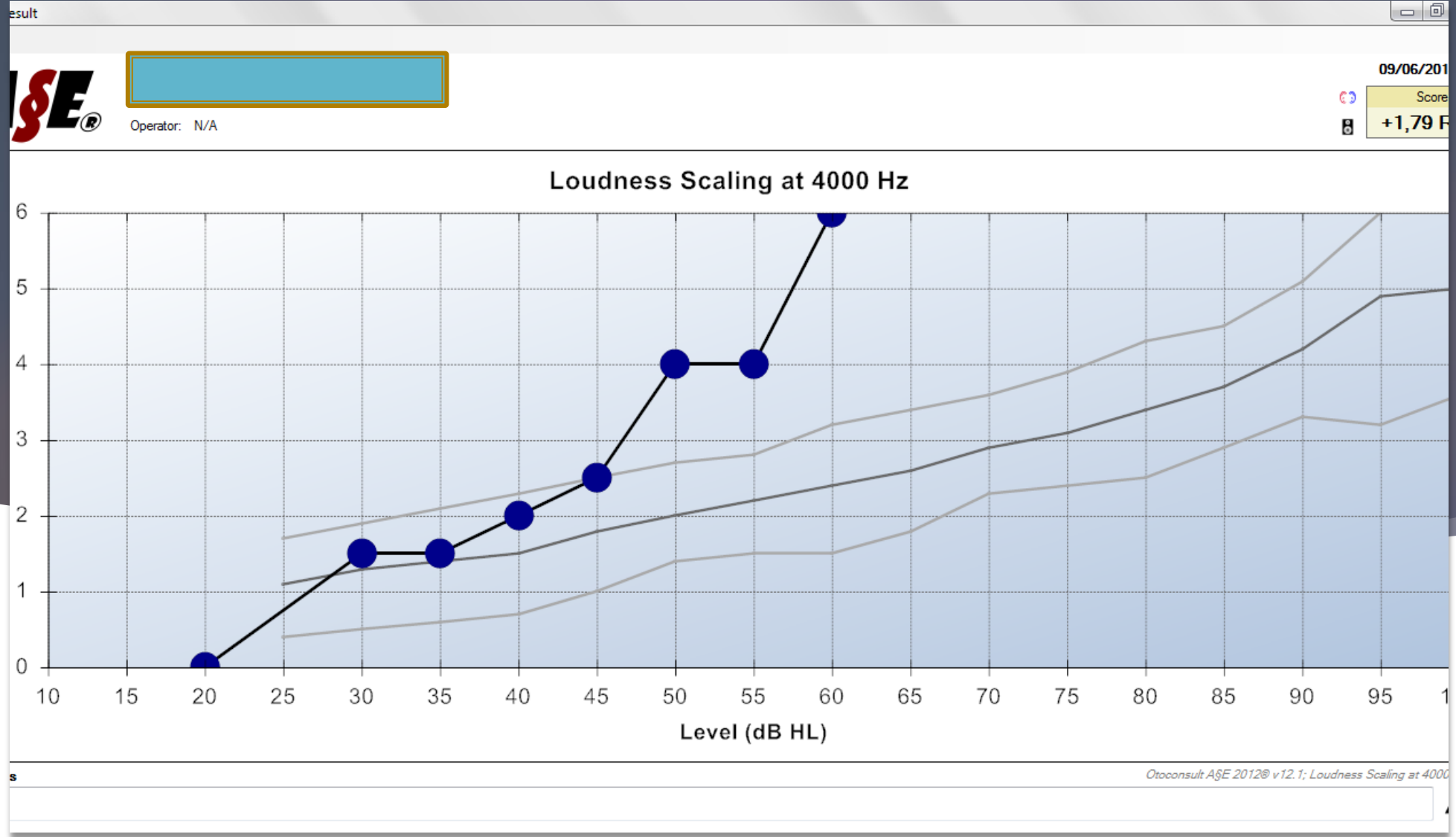
Output

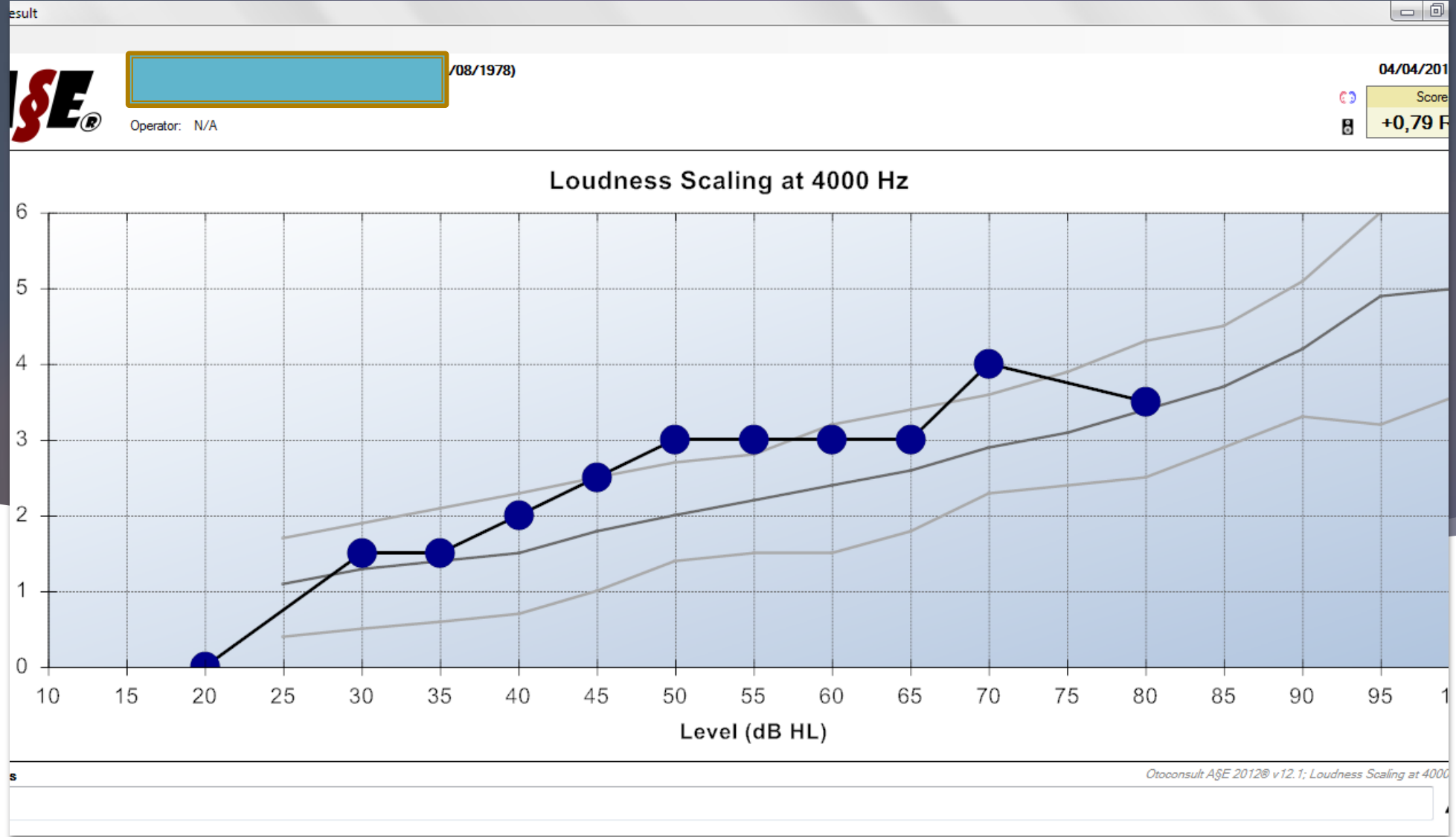
**A&S®** [Redacted]

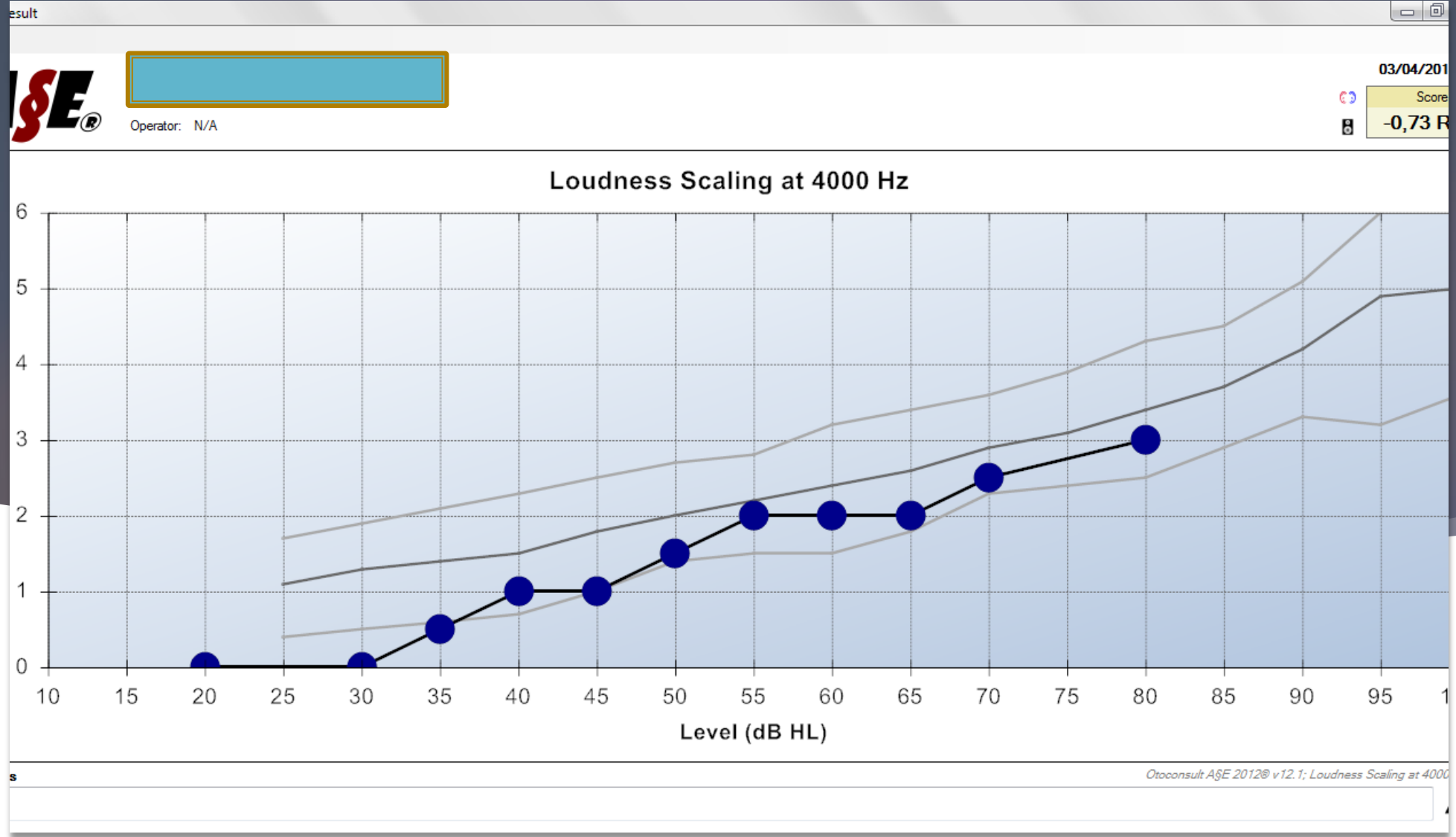
a	50
t	50
i	50
p	50
k	50
s	50
f	50
d	50
r	50
j	50
o	50
b	50
z	50
m	50
v	50

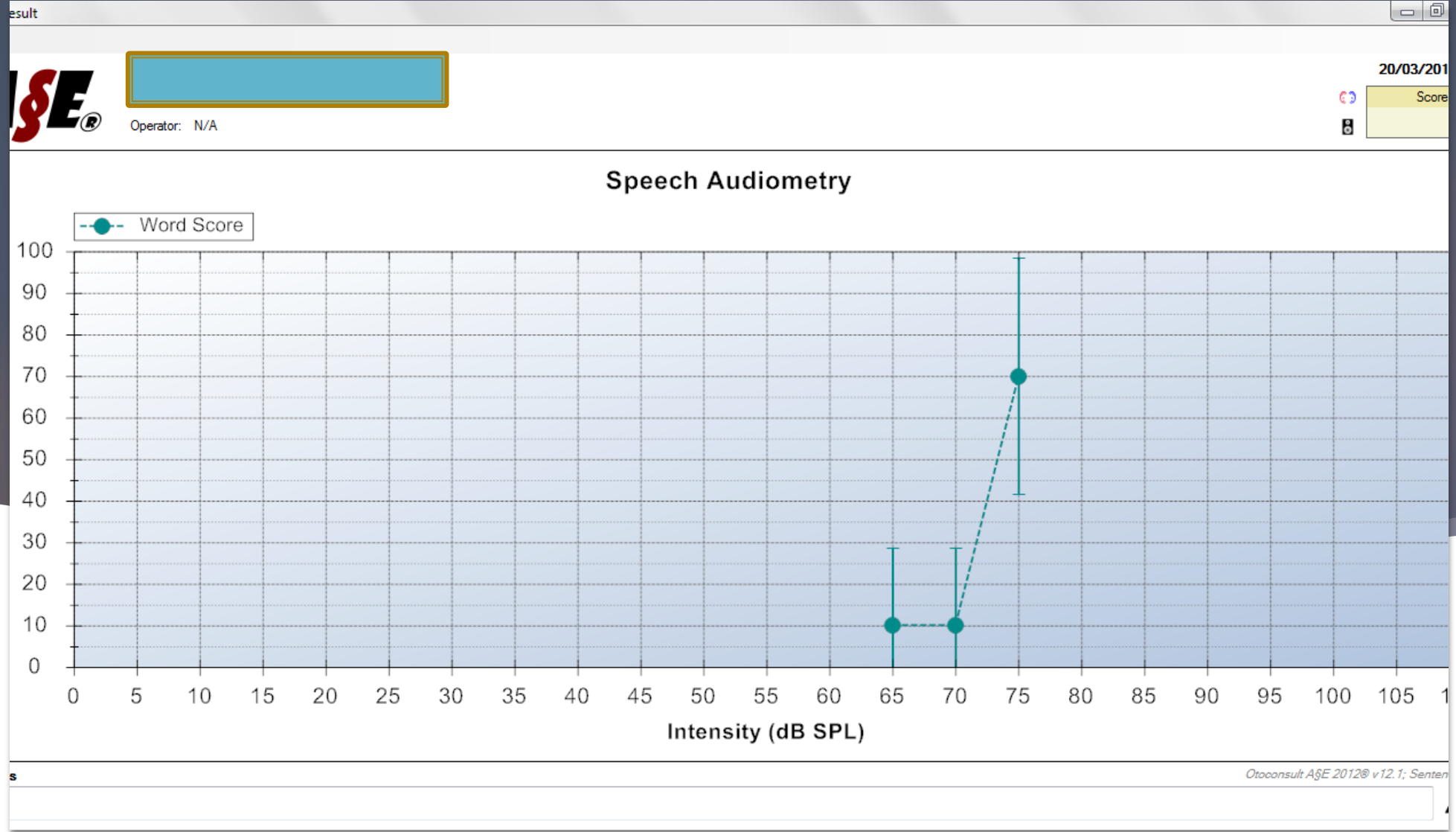
Remarks

/s/ = r h a c o n t e c o / m / = p p p / d / = p p p / v / = e e e / l / = p p p / l / = s h s h / k / = ? ? ? / l / = s h s h / s h










ASÉ 2012

Patient Environment Help

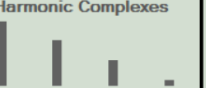
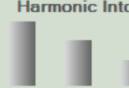
Classics

Phoneme Detection **a a a a a** Phoneme Discrimination **u -**

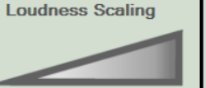
Prosody

Sentence Intonation   Low-Pass Filtered

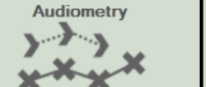
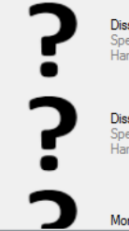
Synthetics

Harmonic Complexes  Harmonic Intonation 

Loudness Scaling

Loudness Scaling  Frequency Select...

Clinical

Audiometry  My Tests 

Phoneme Discrimination

Score the patient's results.

Background Stimulus

a	r	a	r
u	m	u	m
i	v	i	v
o	z	o	z
ε	f	ε	f
y	s	y	s
e	j	e	j

Score:

- a-r
- u-f
- u-a
- u-i
- i-a
- o-a
- i-e
- m-z
- s-j
- e-a
- u-o
- a-a
- a-o
- a-e
- a-i
- z-s
- v-z
- a-u
- u-y
- y-i

Test Training

Start Correct Wrong Undo


STOP Stop Do not score and continue

Playlist: Eargroup 20

Intensity (dB HL): 70


Interval (msec): 850

Stimulus Launch: 3

Ext. Range 

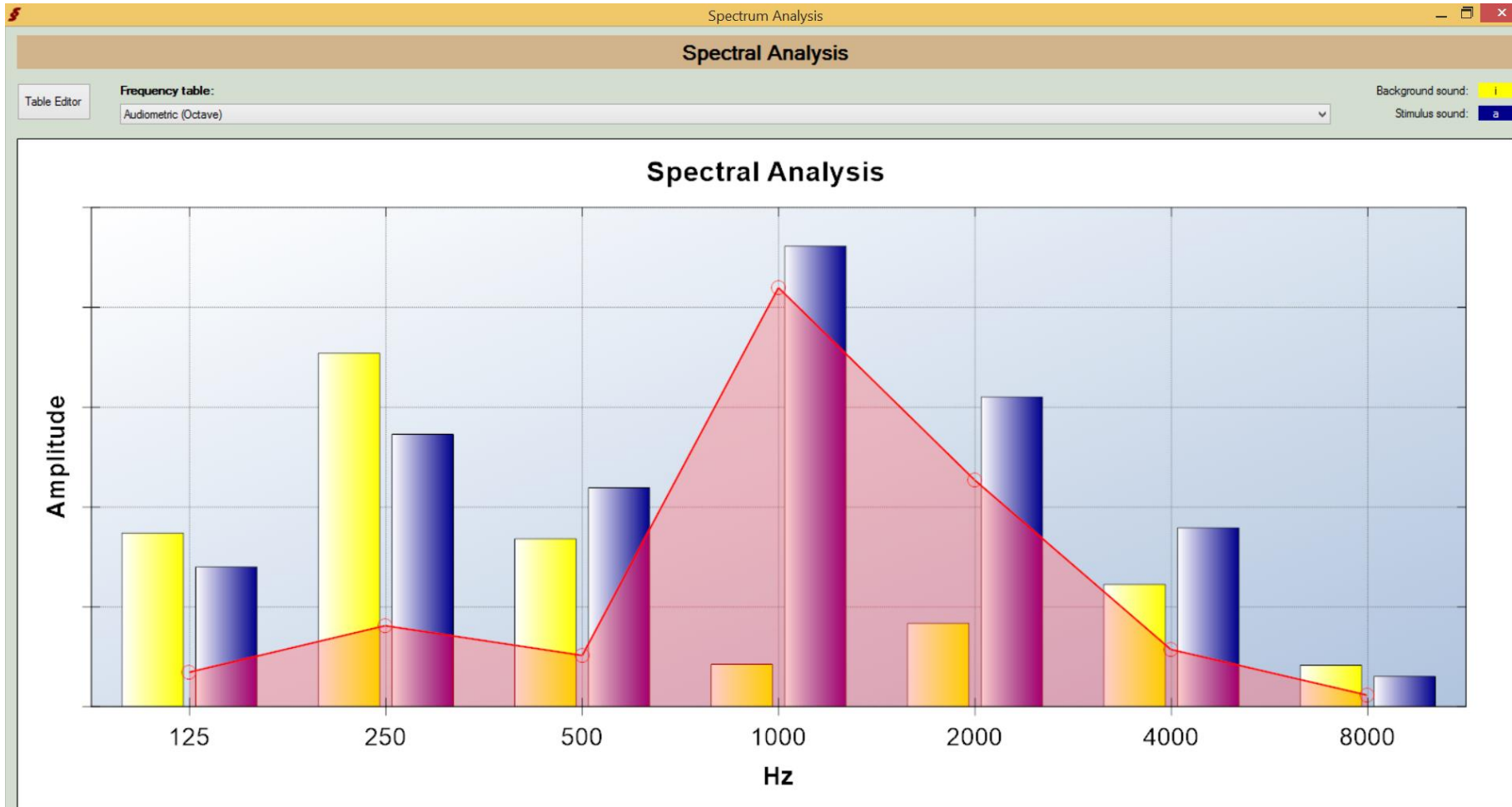
Remarks:

Save & Quit

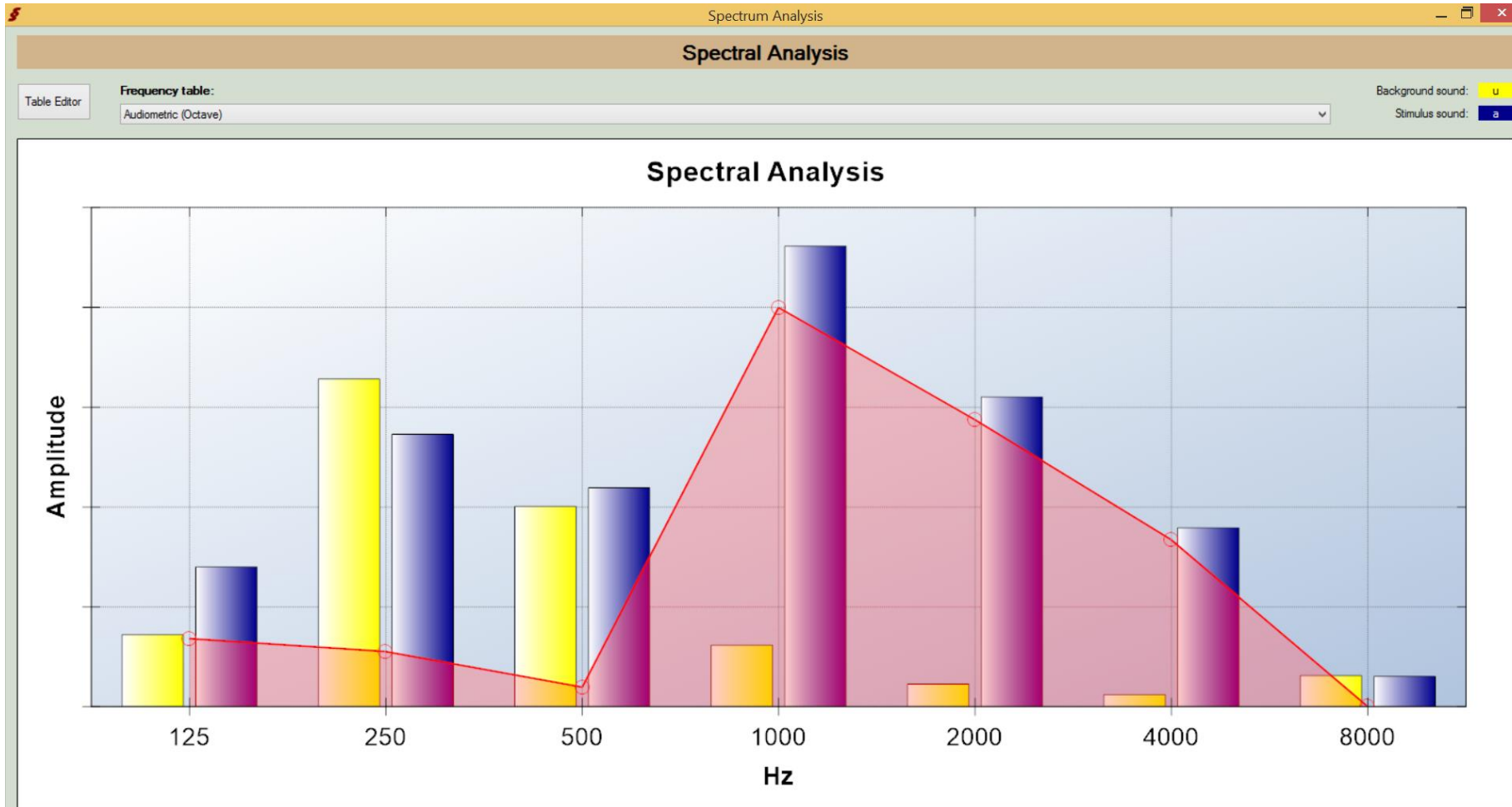
ully established.  Connected



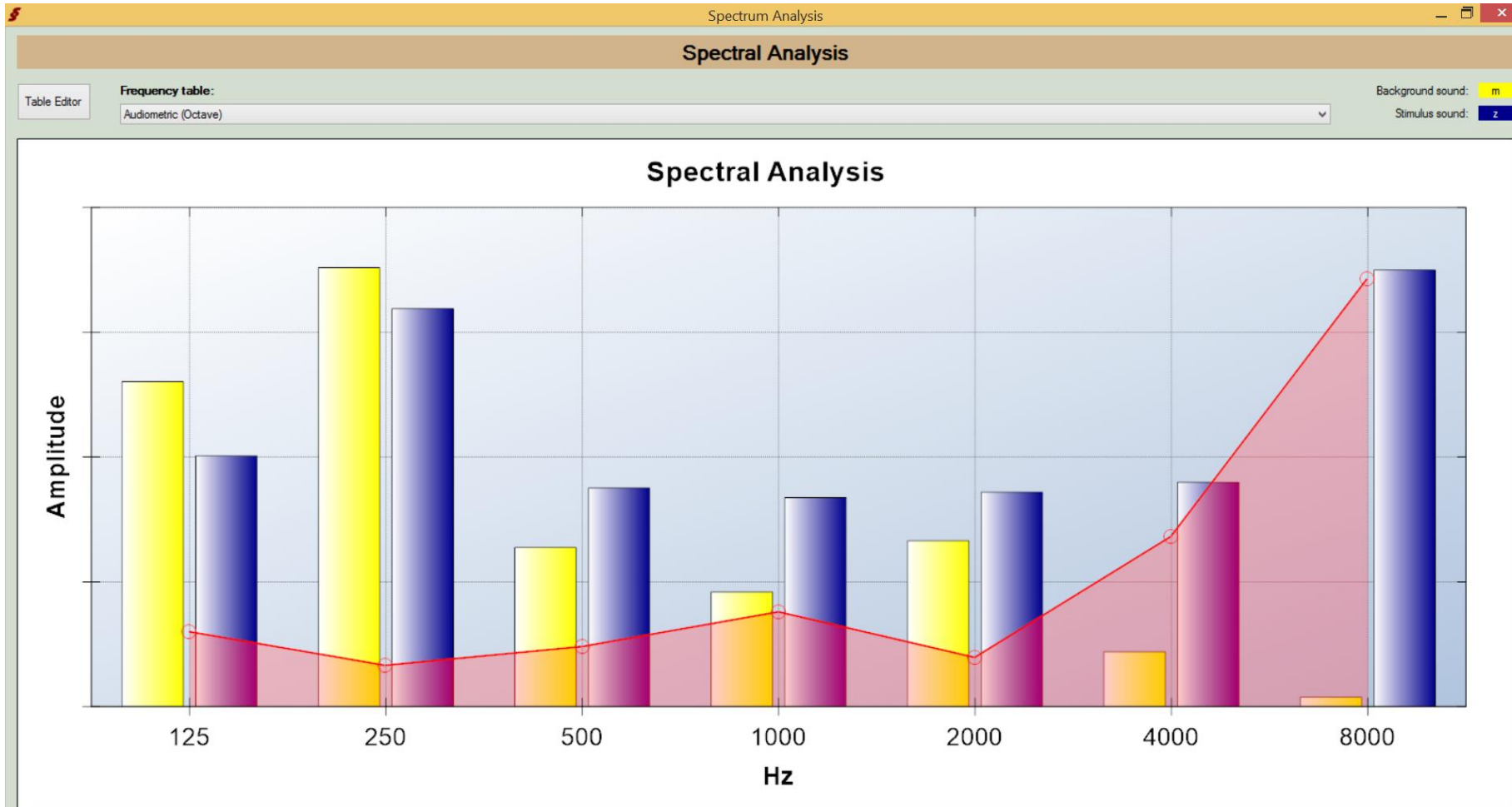
# I x a



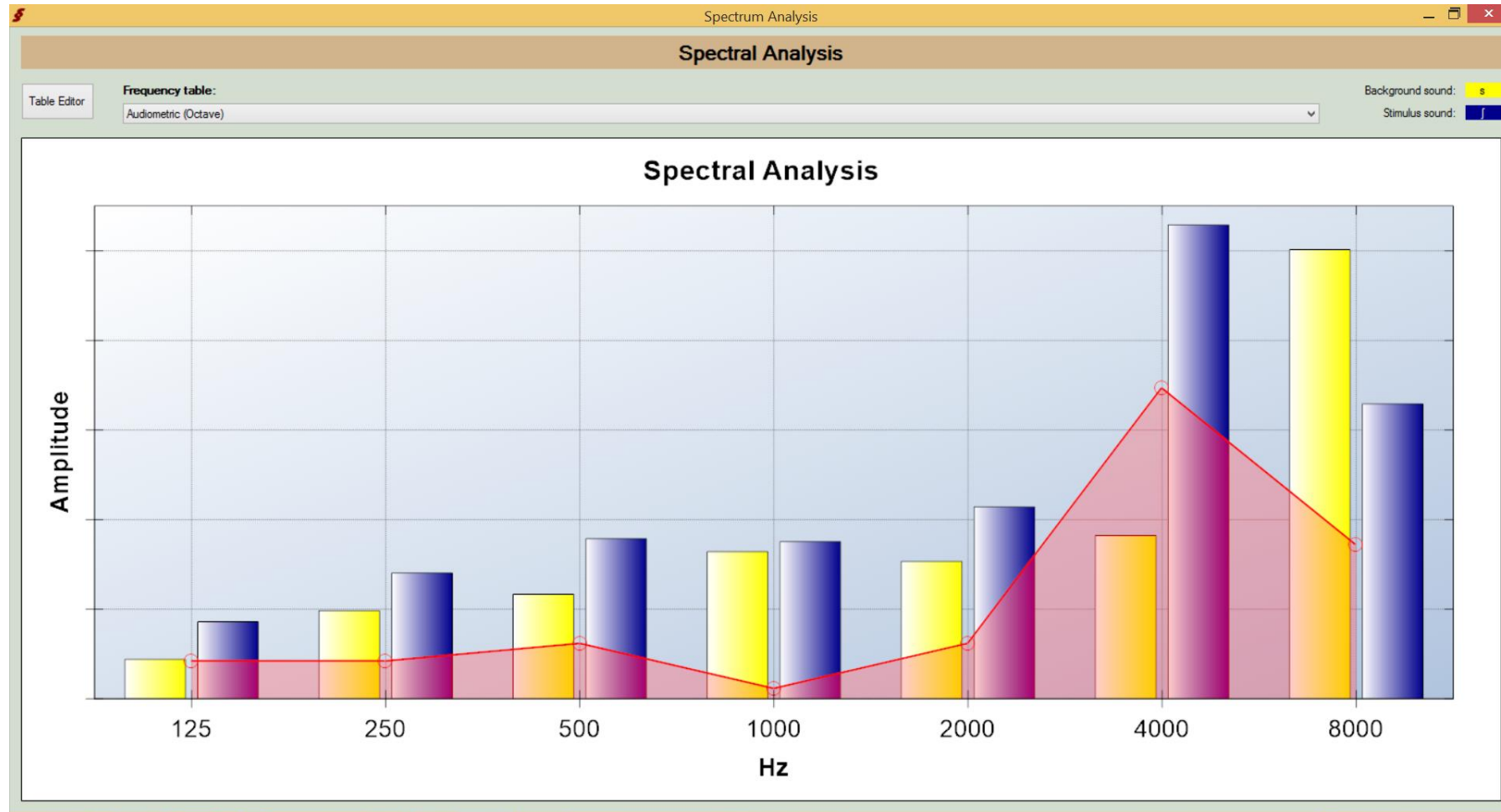
# U x a



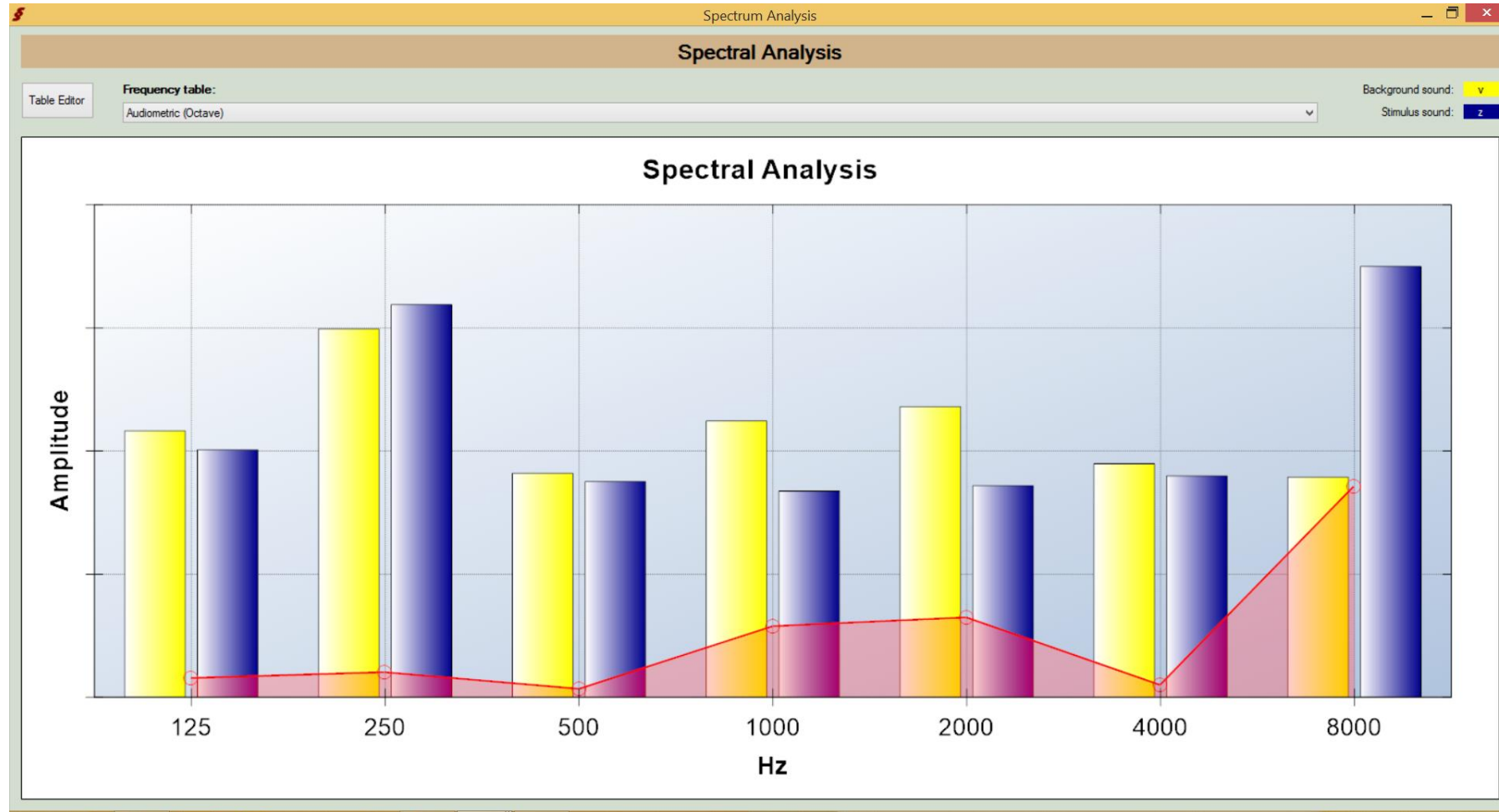
# M x z



# S x sh

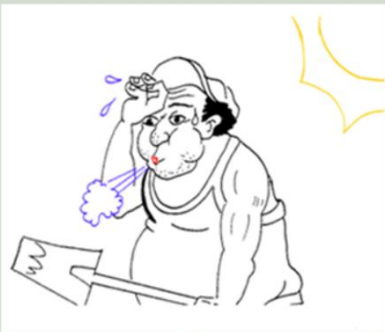


# Vxz




Onomatopoeia f-s-j


Click on the sound that the listener perceived or cancel if the listener fails to identify the sound.



f



s



j

Score:

score \ stim	f	s	j	?
f				
s				
j				

Remarks:


Test Progress: 0%

Buttons: Start, Stop, Cancel, Undo, Repeat (2), Save & Quit


Intensity (dB HL): 70, Presentations: 4, Ext. Range

Onomatopoeia f-s-j


Click on the sound that the listener perceived or cancel if the listener fails to identify the sound.



f



s



j

Score:

0%

score \ stim	f	s	j	?
f				2
s				1
j				1

Remarks:

**Test**

Intensity (dB HL): 70

Presentations: 4

Ext. Range

▶ Start

⏹ Stop

⛔ Cancel

↶ Undo

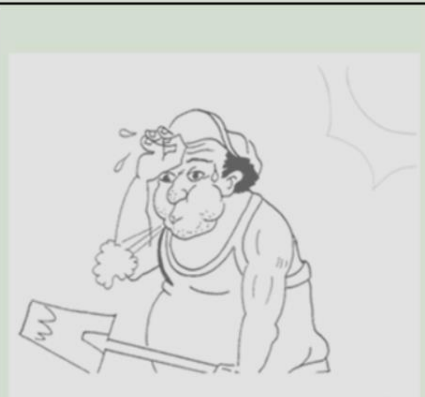
↷ Repeat (2)

Test Progress:  33%


Save & Quit

Onomatopoeia f-s-j


Finished. Leave this module by clicking the 'Save & Quit' button.



f



s



j

Score: **83%**

score stim	f	s	j	?
f	4			
s	1	2	1	
j			4	

Score: 10/12    Sign. Ivl: 7.2    Intensity: 70 dB HL\*

Remarks:

Intensity (dB HL): 70    Presentations: 4

Ext. Range

   Test Progress:  100%



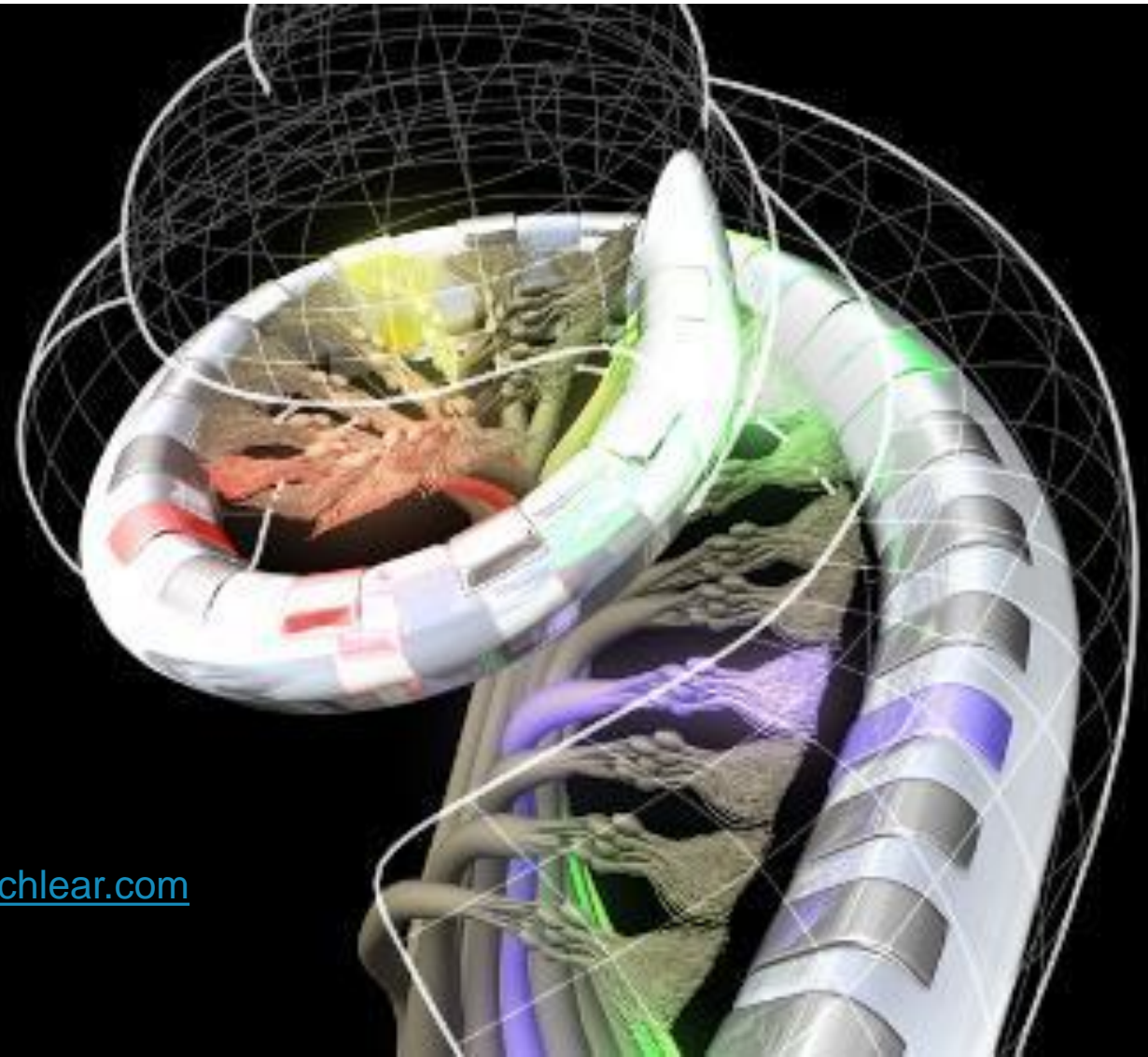
## Vaerenberg et al. (2010). Fitting to Outcomes eXperts

- Fox software é capaz de manipular variáveis na programação como:
  - Níveis T
  - Níveis C (ou M)
  - Largura de pulso
  - Ganhos
  - Filtros de Alocação de frequências
  - Desativação de eletrodos
  - Estratégia de estimulação

# Testes objetivos

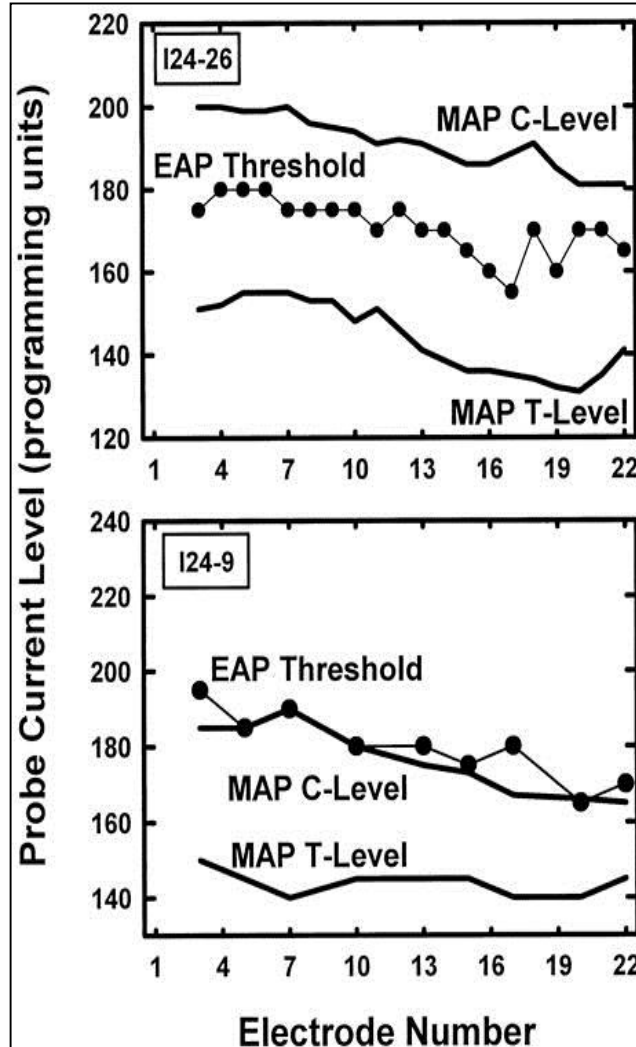
O nervo auditivo é o responsável pelo envio da informação aos centros auditivos superiores (SNAC)

Potencias de ação compostos (ECAP) são gerados por populações neurais específicas



[www.cochlear.com](http://www.cochlear.com)

# Brown et al. (2000)



The Relationship Between EAP and EABR Thresholds and Levels Used to Program the Nucleus 24 Speech Processor: Data from Adults.

Brown, Carolyn; Hughes, Michelle; Luk, Betty; Abbas, Paul; Wolaver, Abigail; Gervais, Jonathan

Ear & Hearing. 21(2):151-163, April 2000.

Each panel contains data from a different subject illustrating the relationship between MAP levels and EAP thresholds. Upper and lower solid lines represent MAP C- and T-levels, respectively. Filled circles represent EAP thresholds.

N = 44 adult CI users

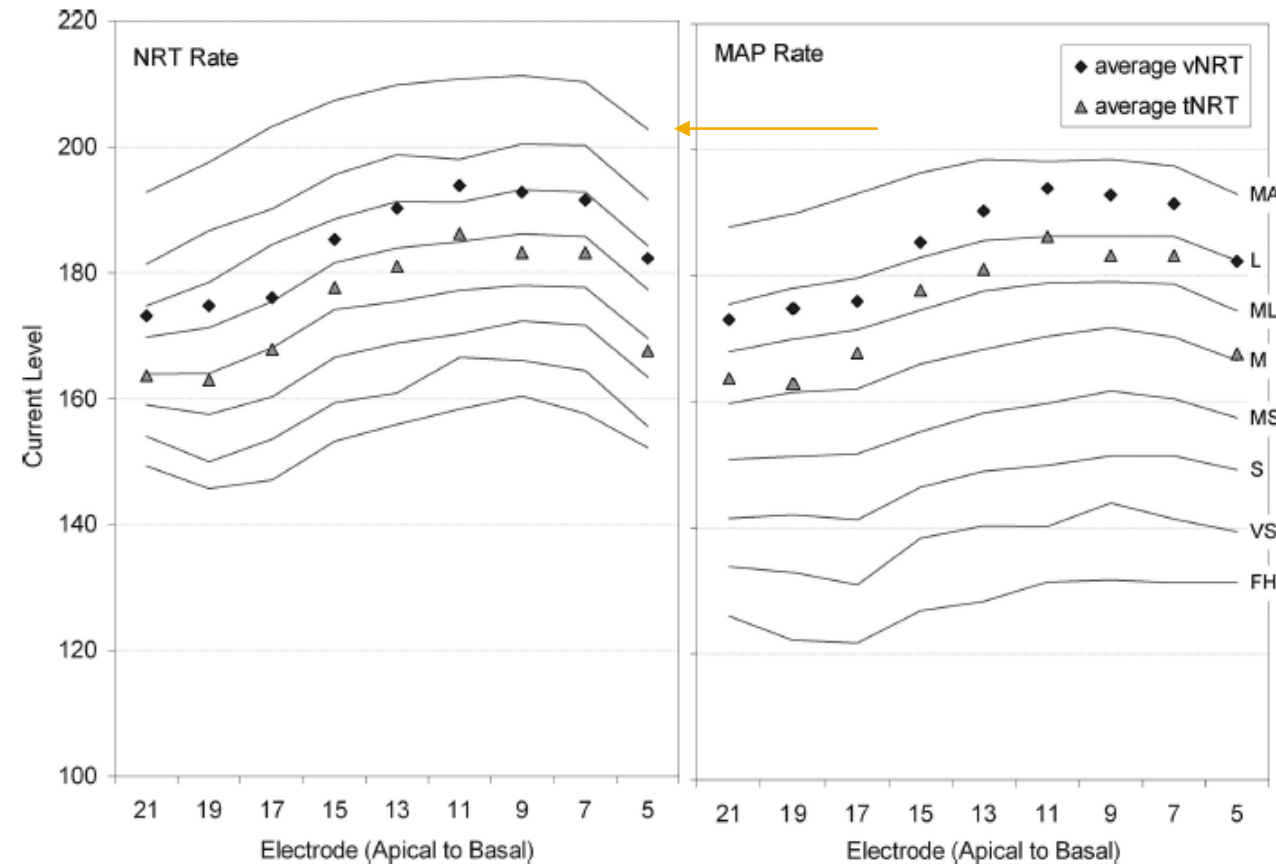
Potts et al. (2007)

Média do tNRT em relação aos níveis de estimulação com 80 Hz (NRT rate) e com a velocidade do mapa do paciente (MAP rate ~900 Hz).

Relation Between Neural Response Telemetry Thresholds, T- and C-Levels, and Loudness Judgments in 12 Adult Nucleus 24 Cochlear Implant Recipients

Julgamento de loudness:

- primeiro som ouvido (FH)
- muito suave (VS)
- suave (S)
- médio suave (MS)
- médio (M)
- médio forte (ML)
- forte (L)
- máximo loudness aceito (MAL)



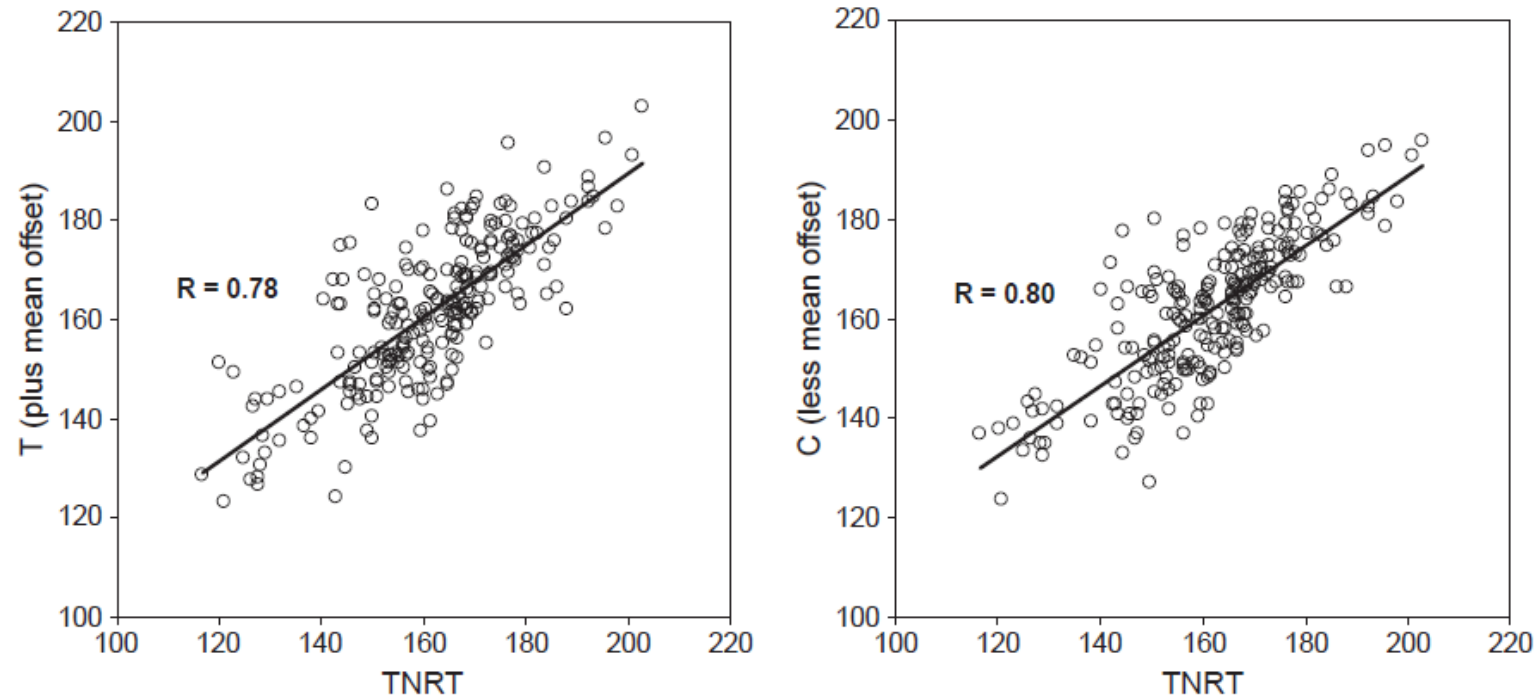
Em ADULTOS

Nível C

Nível T

# Programação do processador de fala e as propriedades do nervo auditivo

N = 17 adultos



**Figure 4.** Correlations between original TNRT (untruncated AGFs) data with offset corrected (left) T levels and (right) C levels.

Lai et al. 2009. NRT profiles with the Nucleus Research Platform 8 system. *International Journal of Audiology* 2009; 48:645-654

Holstad et al. (2009)

N = 41 children

tNRT present in 87% of the children

Holstad et al. (2009) encontraram baixa correlação entre os limiares da resposta eletrofisiológica e os níveis mínimos e máximos de corrente também em crianças.

Observaram que os limiares da resposta neural estiveram dentro do campo dinâmico entre Ts e Cs. Entretanto, simplesmente usar o mapa baseado exclusivamente nos limiares da resposta neural resultará em um desbalanceamento de loudness e risco de desconforto. Isso implica em que a programação pode dar alguma audibilidade quando feita com base na resposta neural, porém exige a observação da resposta comportamental para a customização e adequação da qualidade.

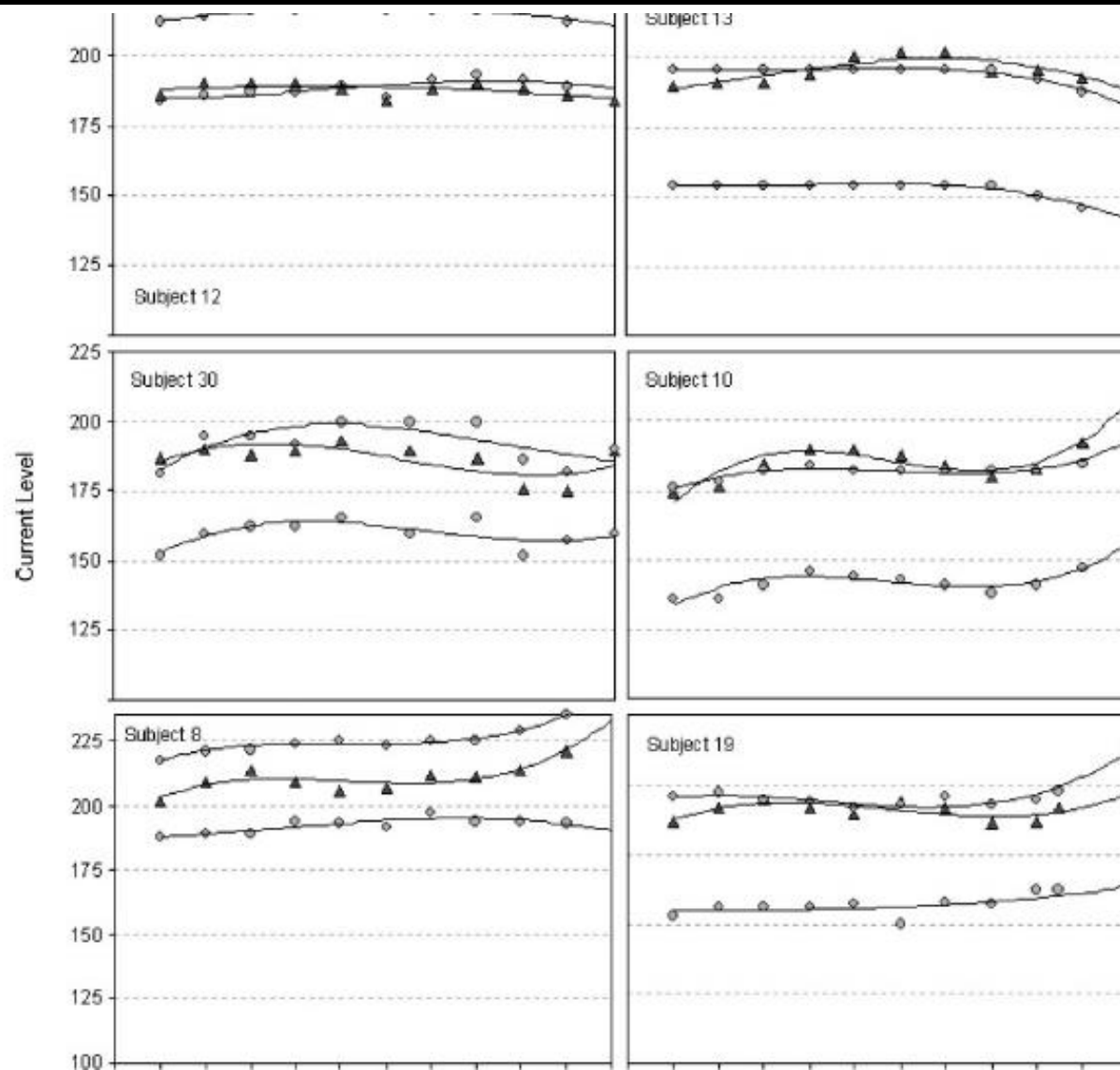
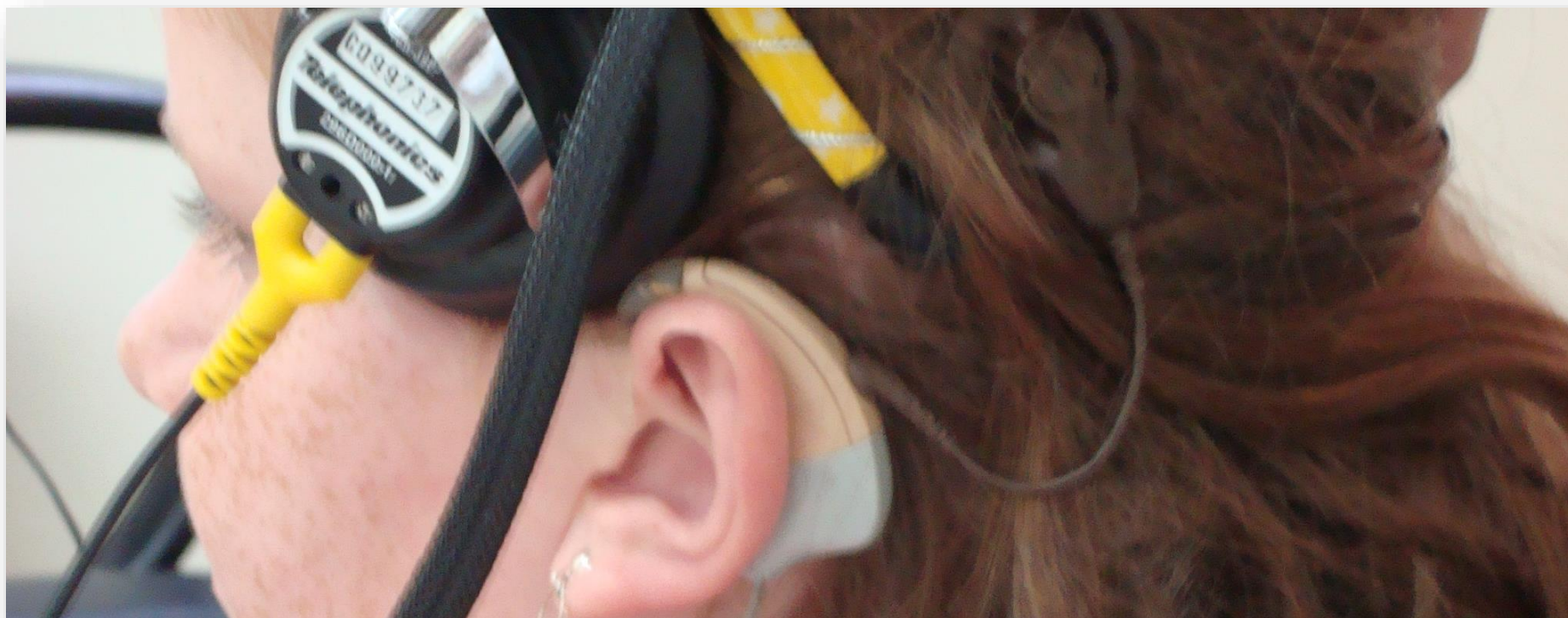
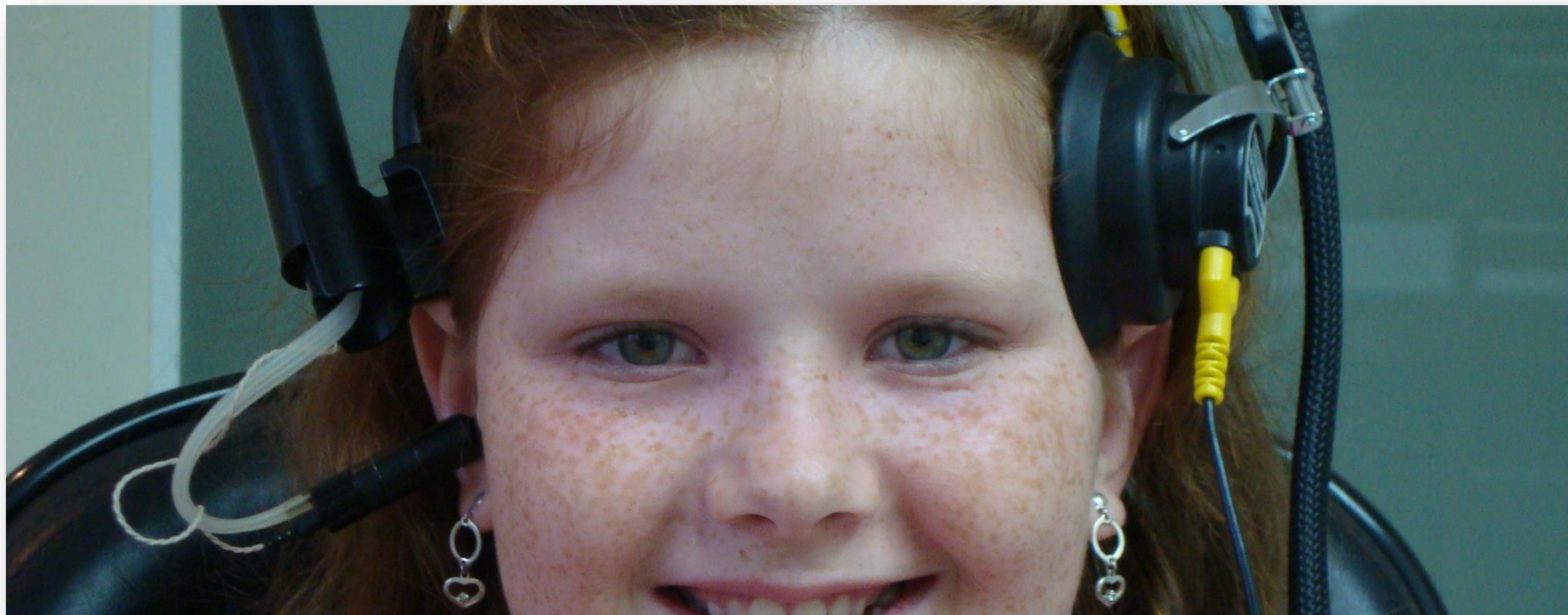


Fig. 3. Profiles of vNRT, MAP T-levels and MAP C-levels across electrodes plotted for six subjects (Ss 12, 13, 30, 10, 8, and 19). Third-order polynomials have been fitted to relate electrode number to vNRT, T- and C-levels for each subject.

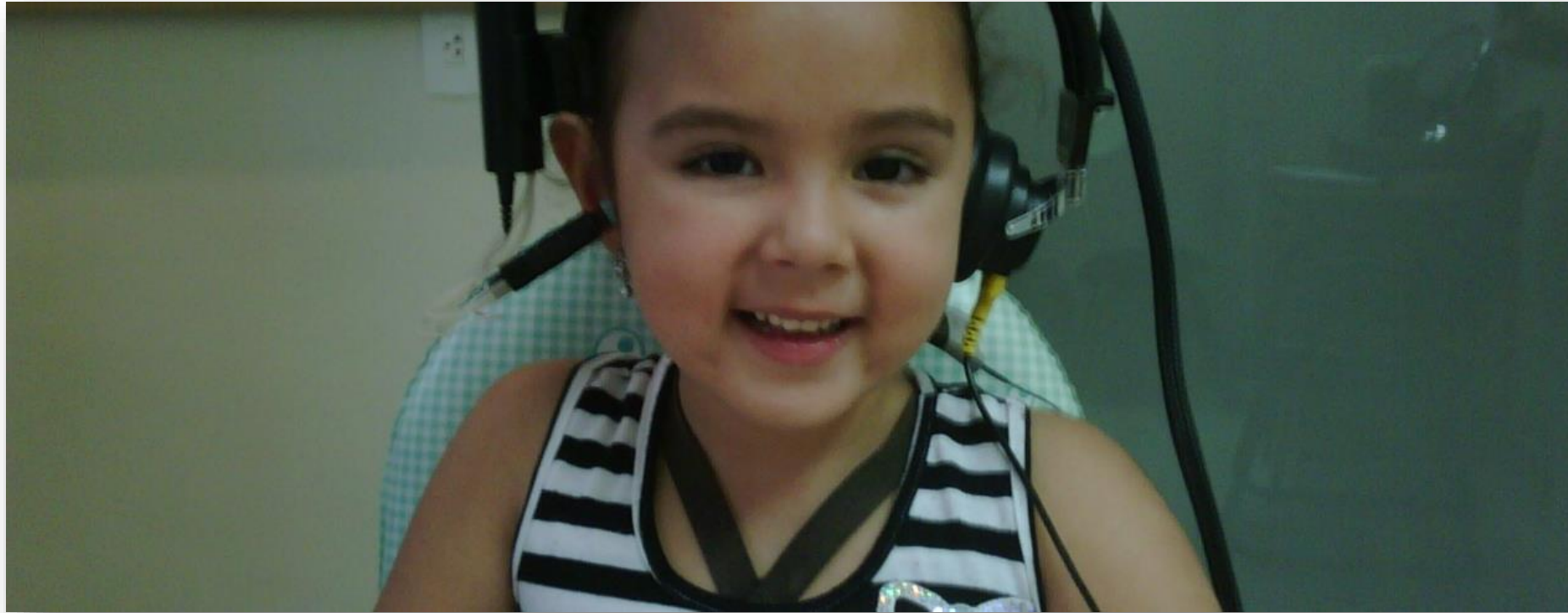


Reflexo estapediano eletricamente evocado



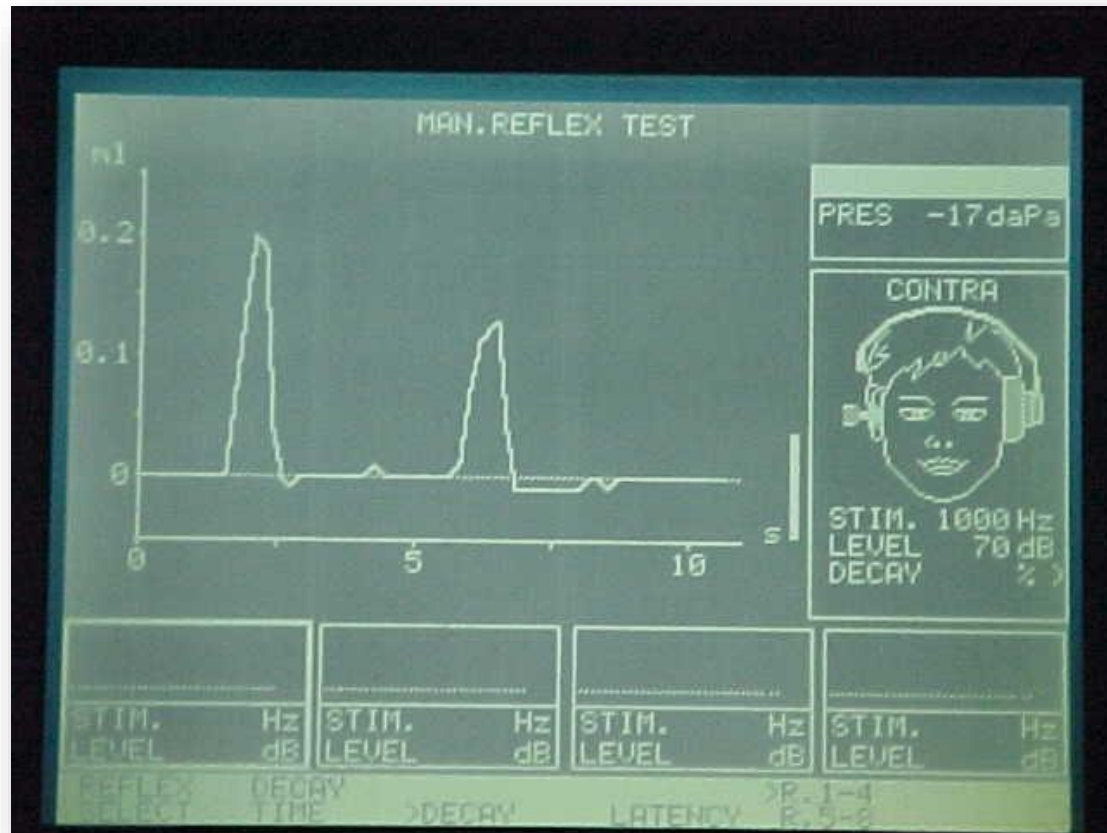


Reflexo estapediano eletricamente evocado



# Reflexo estapediano eletricamente evocado

APLICAÇÃO CLÍNICA



PRESENTE EM 77% DAS ORELHAS

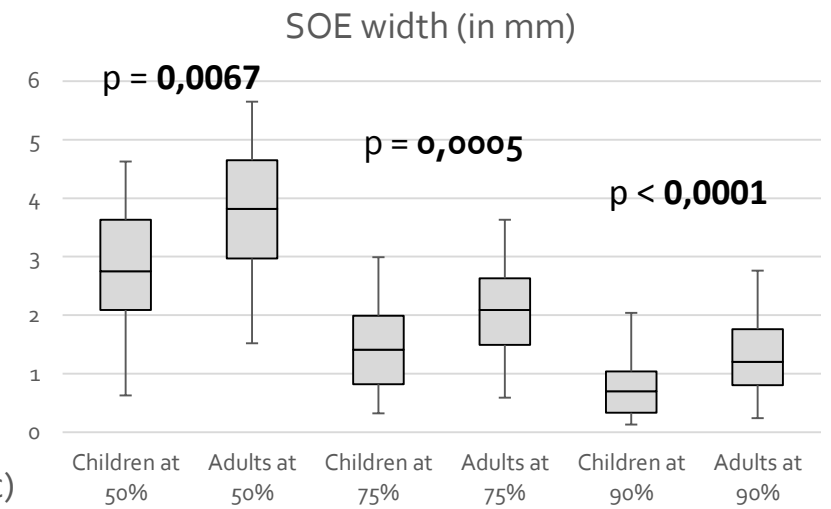


# Modelo que inclua não só o limiar da resposta neural, mas as características físicas da cóclea e fisiológicas do nervo

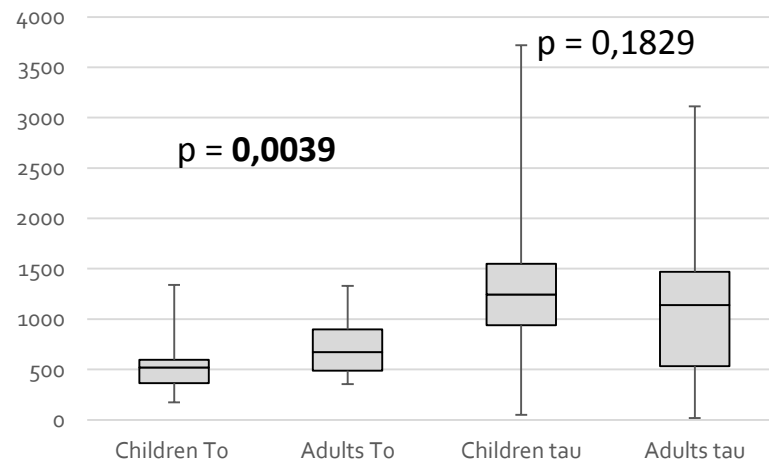
- A hipótese é que a relação entre os níveis de estimulação mínimos e máximos e os limiares tanto da resposta neural varia entre os indivíduos e entre os eletrodos por fatores como:
  - Responsividade temporal (Botros e Psarros, 2010)
  - Dispersão da excitabilidade neural (Goffi-Gomez et al., 2015)
  - Amplitude da resposta

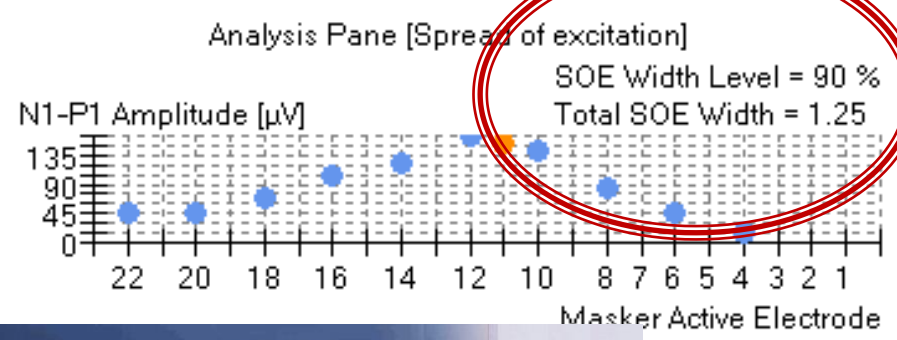
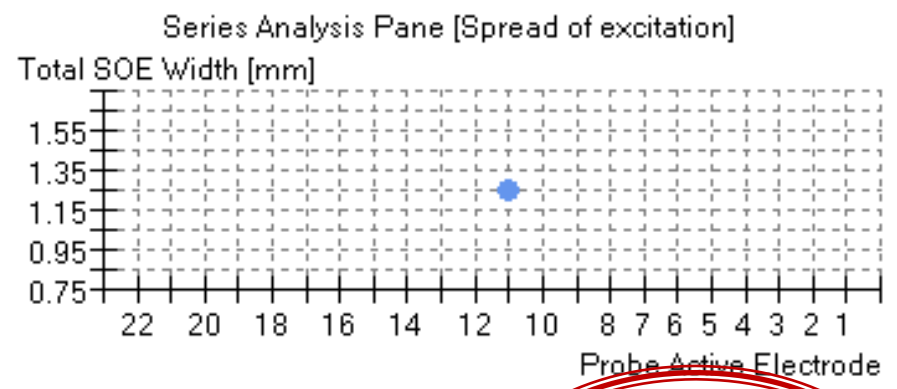
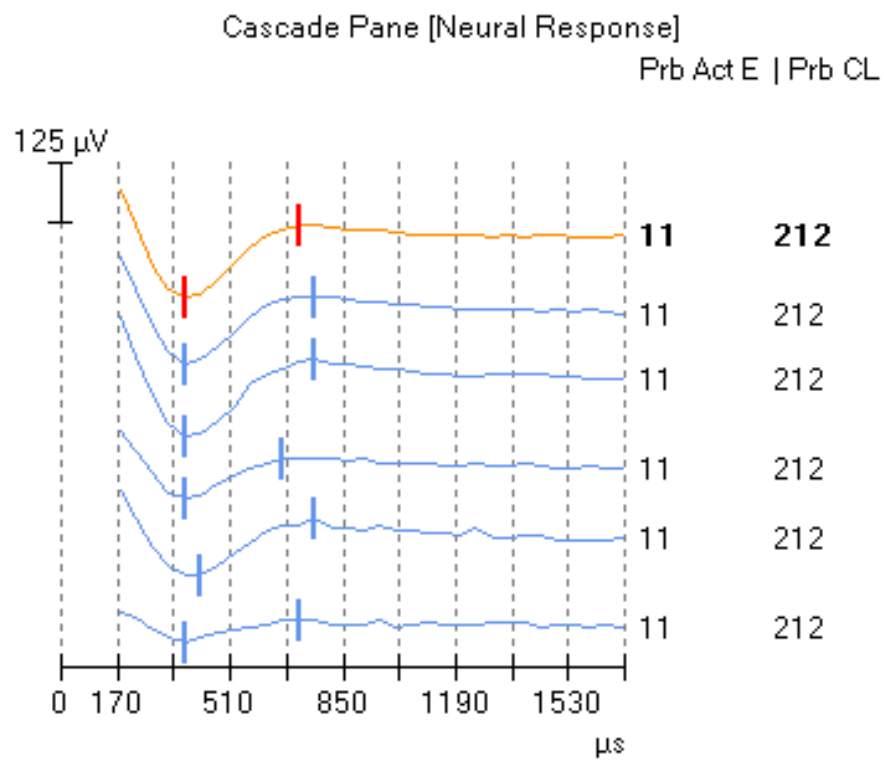
Além de processos centrais envolvidos na loudness.

# Dispersão de excitabilidade neural (*Spread of excitation*)



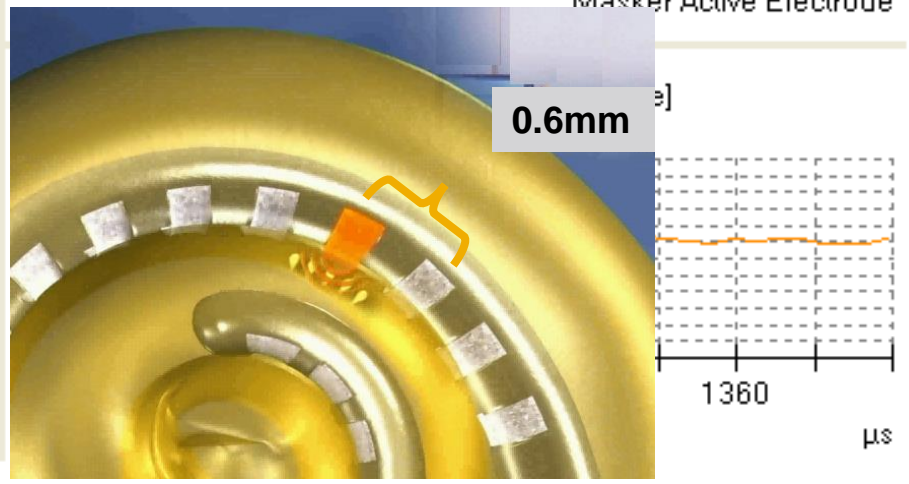
### REC parameters (To and tau in microsec)

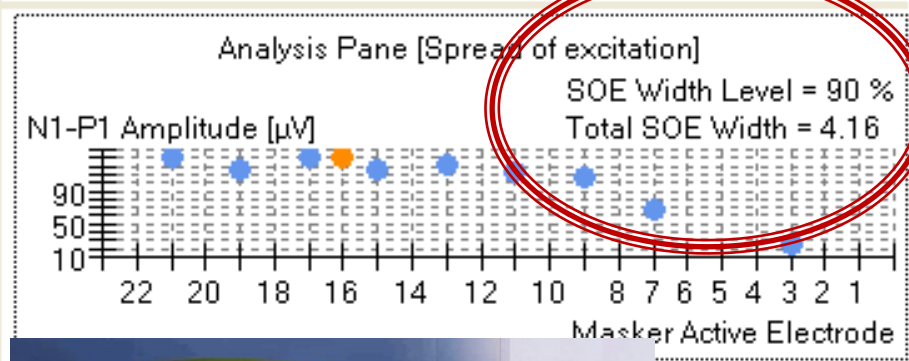
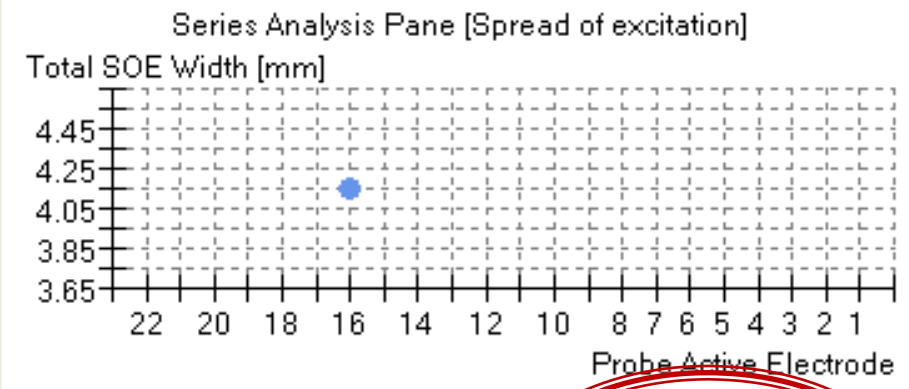
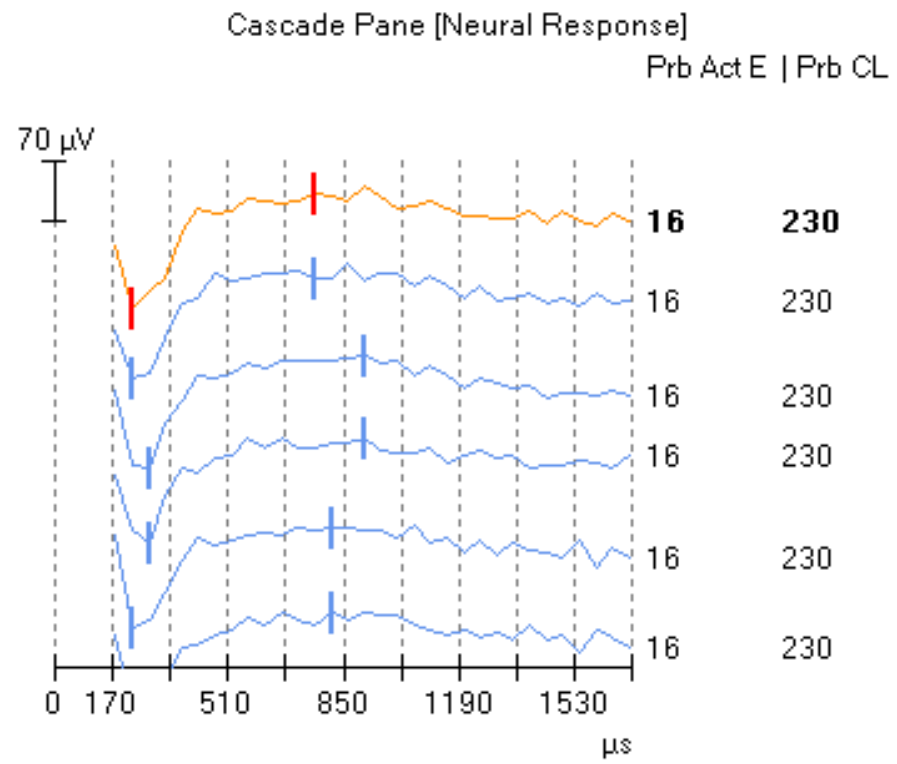




### Parameter Pane

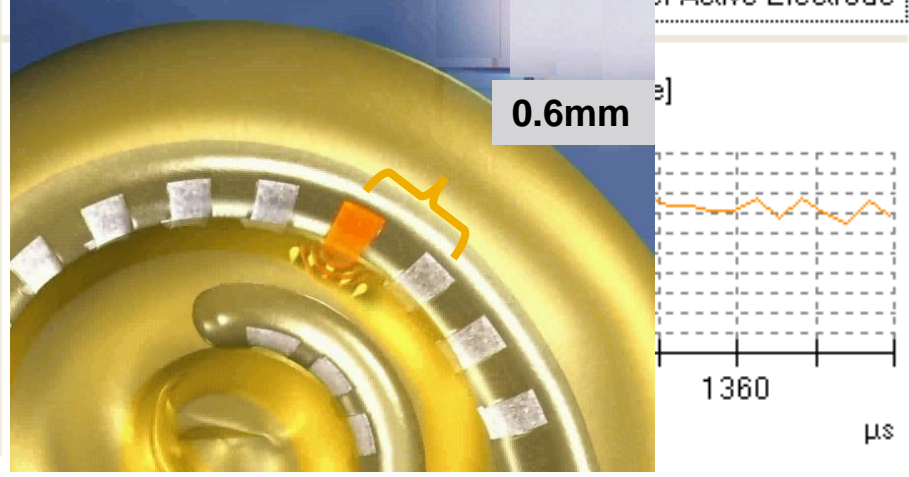
Number	1
Masker Active Electrode	11
Time of Recording [s]	4/20/2012 4:10:49 PM
N1-P1 Amplitude	153.35
Probe Active Electrode	11
Probe Indifferent Electrode	MP1
Probe Current Level	212
Probe Pulse Width [µs]	25
Probe Interphase Gap [µs]	7





### Parameter Pane

Number	2
Masker Active Electrode	16
Time of Recording [s]	2/28/2011 10:40:07 PM
N1-P1 Amplitude	132.17
Probe Active Electrode	16
Probe Indifferent Electrode	MP1
Probe Current Level	230
Probe Pulse Width [ $\mu\text{s}$ ]	25
Probe Interphase Gap [ $\mu\text{s}$ ]	7

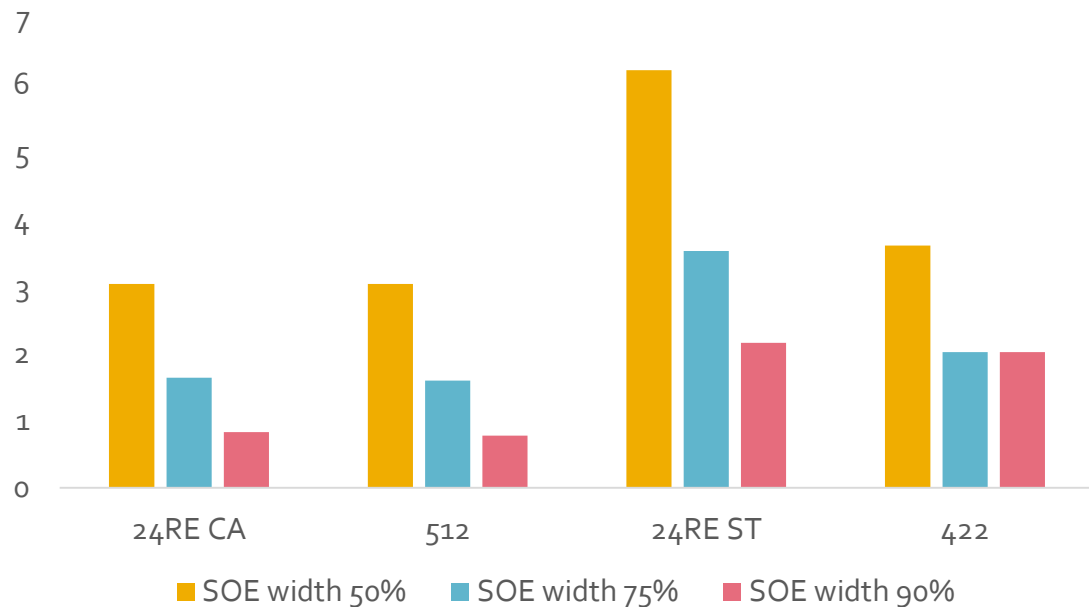




# Largura da SOE em relação aos diferentes feixes de eletrodos (retos x perimodiolares)

## SOE X FEIXES DE ELETR (CRIANÇAS)

FEIXES PERIMODIOLARES (ESPAÇAMENTO INTRA-ELETRODOS É ~ 0,68 MM)

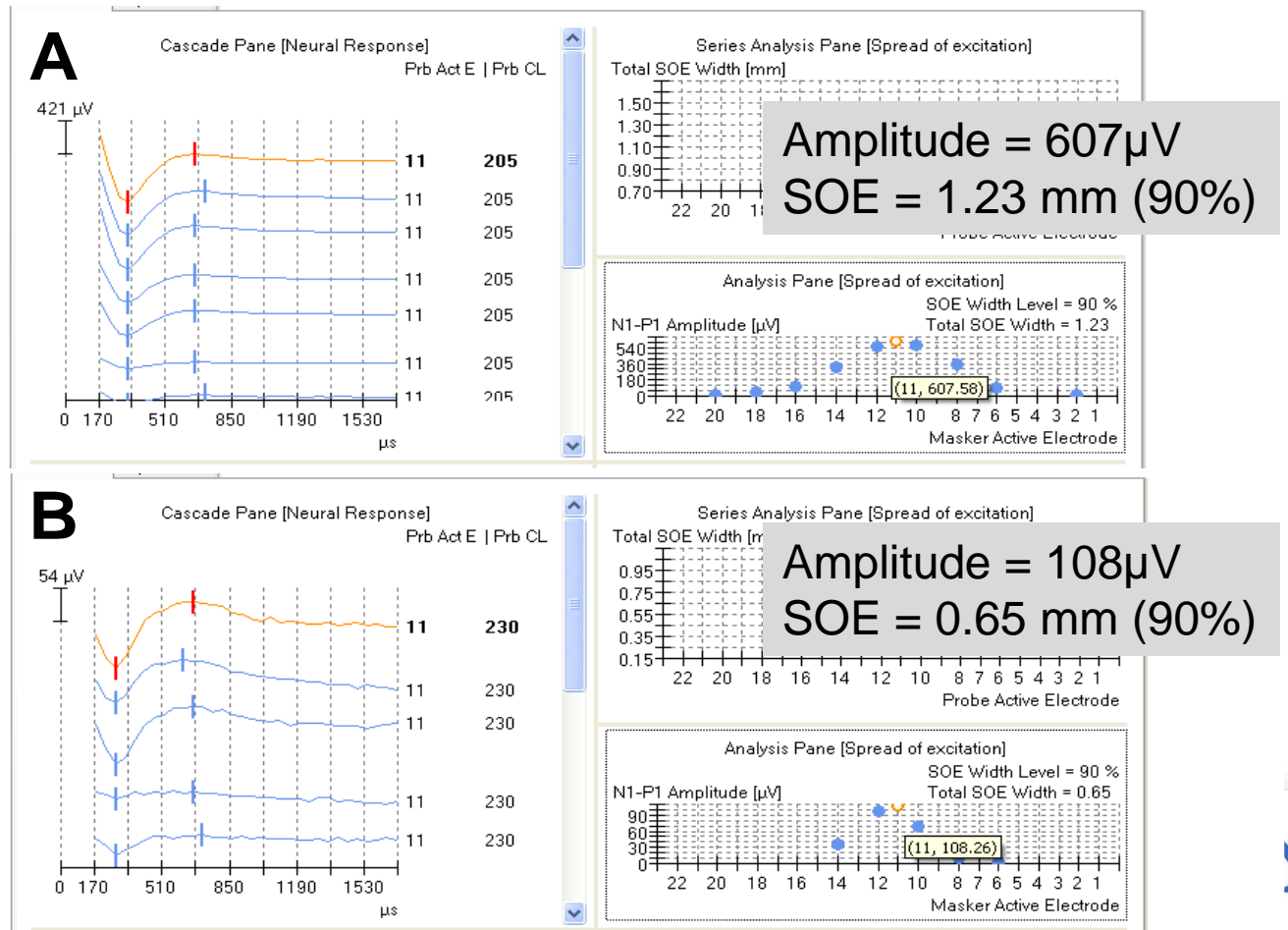


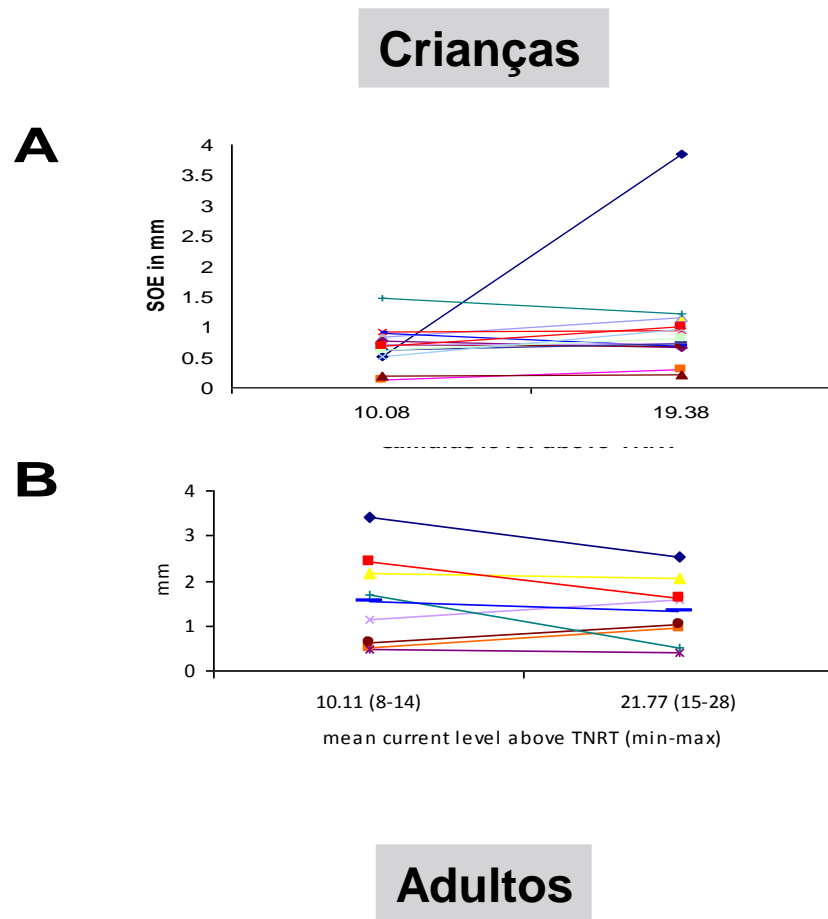
$p < 0,001$



# SOE e intensidade do estímulo

- A SOE é diretamente proporcional à intensidade do estímulo (Hughes & Stille, 2010).
- Entretanto, NEM TODOS os pacientes mostram grande dispersão com SOE amplo ou aumento da dispersão com o aumento da corrente.



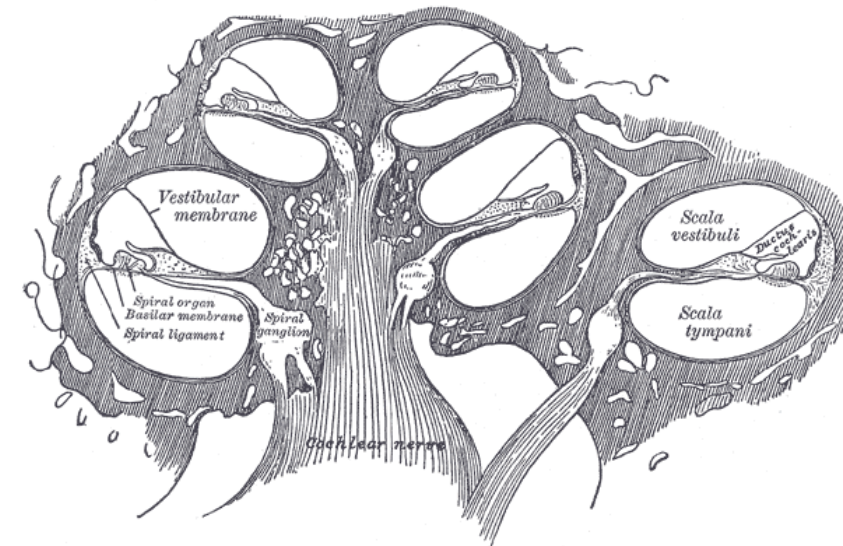
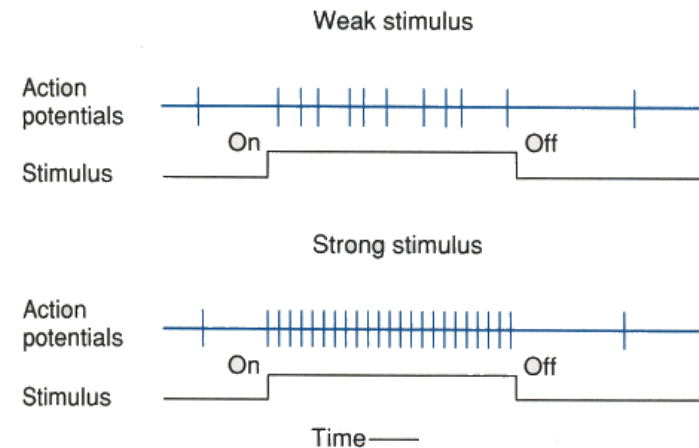


**SOE com corrente 10 acima do tNRT e com 20 acima**

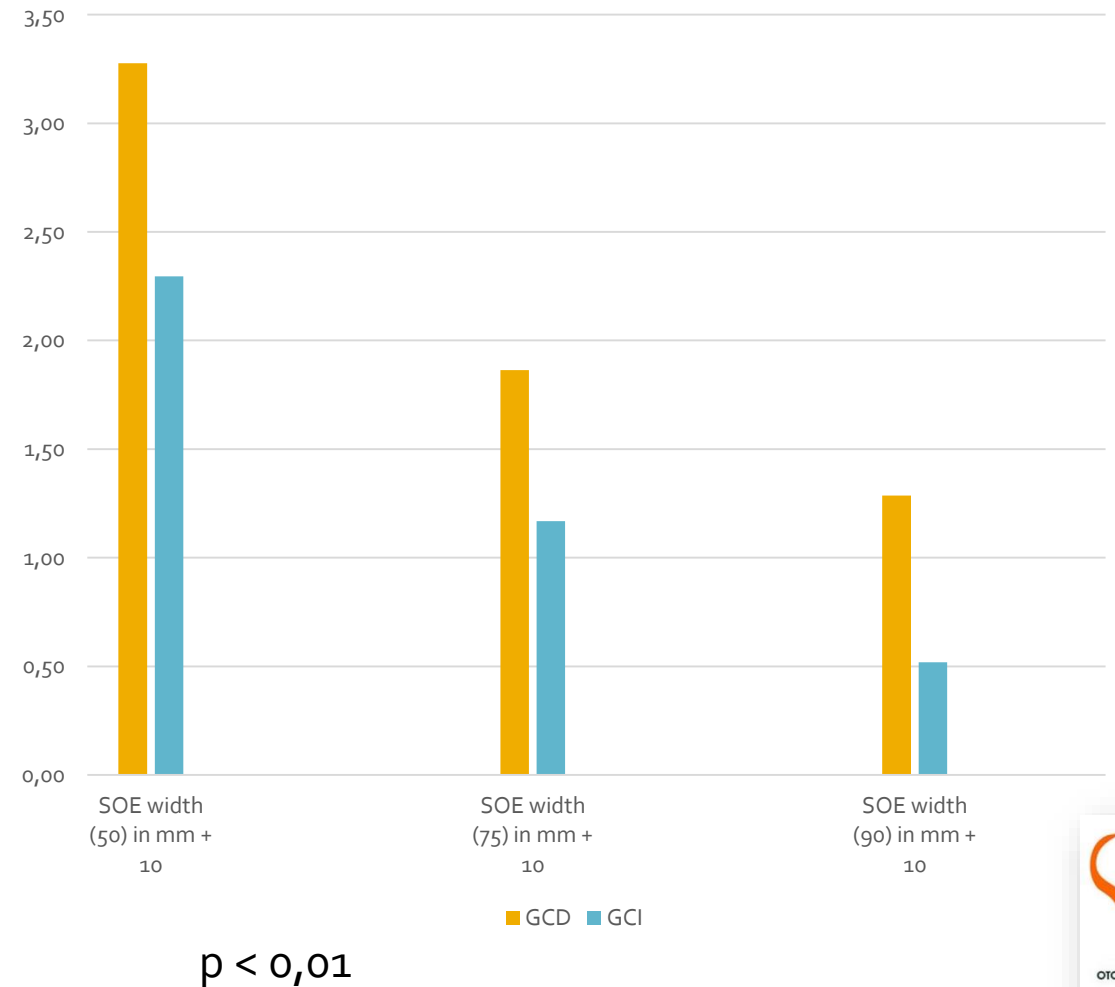
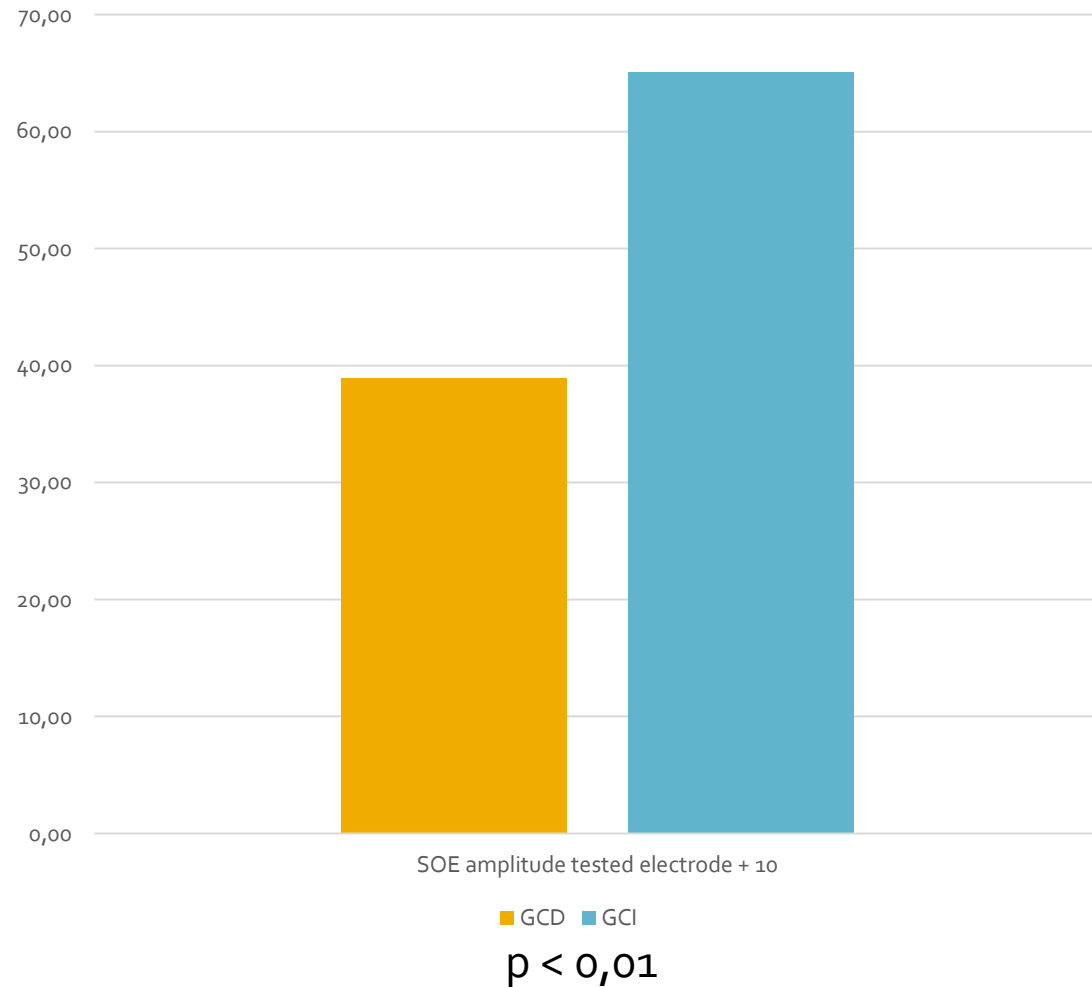
- Alguns pacientes se beneficiam do aumento da corrente (diminui a dispersão)
- Para outros o aumento da corrente é prejudicial (aumenta a dispersão)

# Loudness x sobrevivência neural x amplitude

- Loudness no sistema auditivo periférico é proporcional ao número de células ganglionares recrutadas e do quão frequentemente as fibras são disparadas (Botros & Psarros, 2010)
- A amplitude da resposta neural também reflete a quantidade de fibras recrutadas.



# Comparação das crianças que aumentam x diminuição a SOE com o aumento da corrente



# Loudness x sobrevivência neural x amplitude

- Fazendo a correlação dessas medidas em 57 crianças, observamos que a amplitude é estatisticamente diferente entre as crianças cuja SOE aumenta e aquelas cuja SOE diminui com o aumento da corrente.
- A amplitude das crianças que diminuem o SOE é MENOR do que aquelas que a SOE aumenta, sugerindo nervos auditivos mais POBRES.
- Essas diferenças individuais devem ser identificadas para permitir melhor direcionamento da programação, sobretudo nas crianças que não conseguem dar resposta comportamental consistente.

# Resumindo...

- Verificação do equipamento → troubleshooting
- Verificação da unidade interna → impedâncias
- Verificação dos níveis de estimulação → NRT, REC e SOE
- Verificação da detecção oferecida pelos níveis medidos e determinados → audiometria
- Validação da qualidade com a variação de cada parâmetro... → informações oferecidas pela reabilitação, família e da escola...

# Agradecimento



**Paola Samuel, Ana Tereza Magalhães  
Ana Cristina Hoshino, Bruna Lins, Raquel Lopes Fontenelle e Claudia Colalto**



valeria.goffi@hc.fm.usp.br

**Obrigada!**