

# Fundamentos em Fonética Experimental

## AGRADECIMENTOS

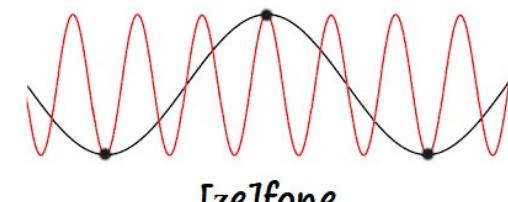
Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro [307010/2022-8]

Leônidas José da Silva Jr (UEPB/CNPq)

E-mail: [leonidas.silvajr@servidor.uepb.edu.br](mailto:leonidas.silvajr@servidor.uepb.edu.br)

Como citar esta apresentação

Silva Jr. L. **Fundamentos em Fonética Experimental**. 18 nov.  
2023. Apresentação de Power Point. Disponível em:  
<https://github.com/leonidasjr/Presentations>

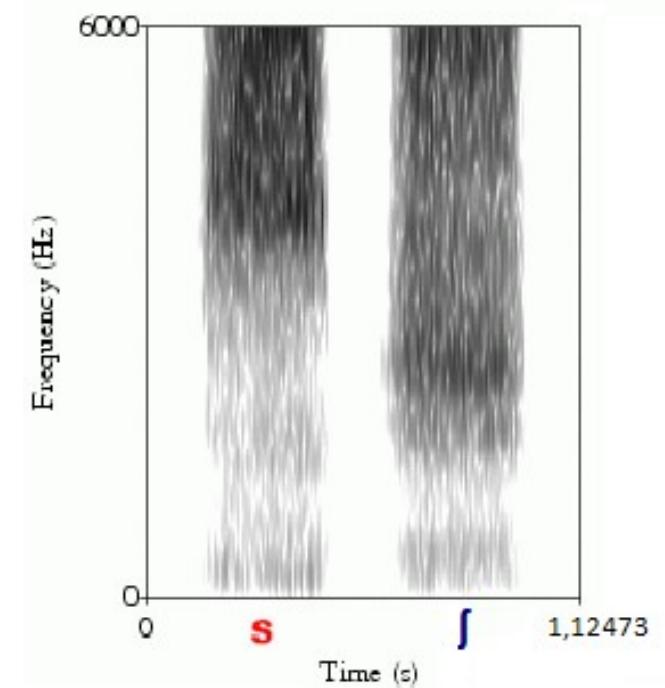
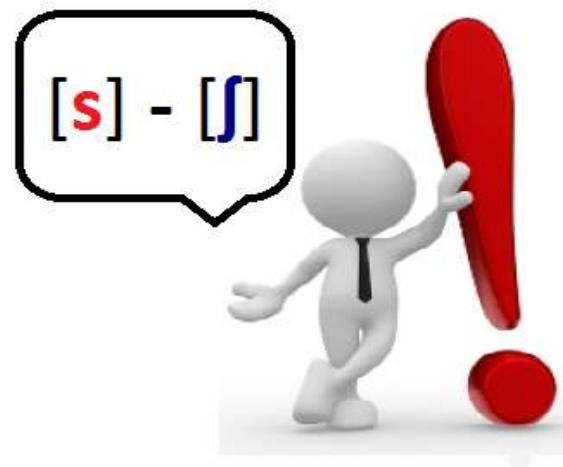


Grupo de Estudos em Fonética - UEPB

# Fonética – (nossas) aplicações

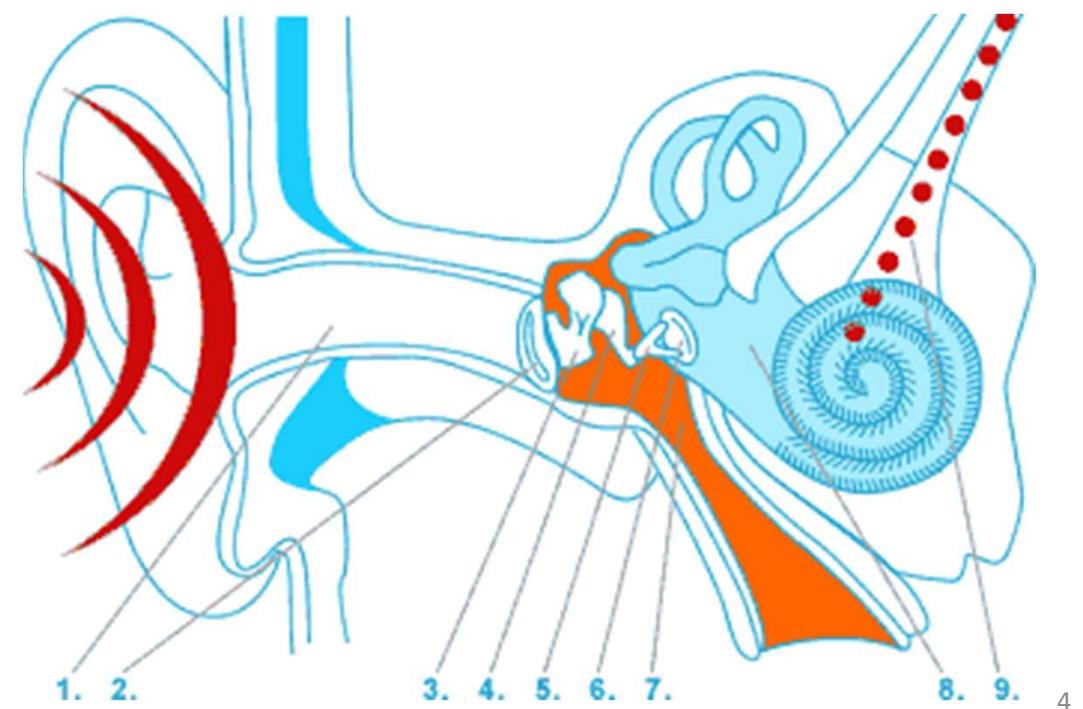
- Ensino de línguas;
- Áreas clínicas;
- Contexto forense;
- Sociofonética;
- Tecnologia da fala;
- IA;
- Dentre outras áreas afins

[*'seʒ̪əw*]Φ [*'mūj̪tʊ b̪e̪j̪ 'v̪idʊ*]Φ

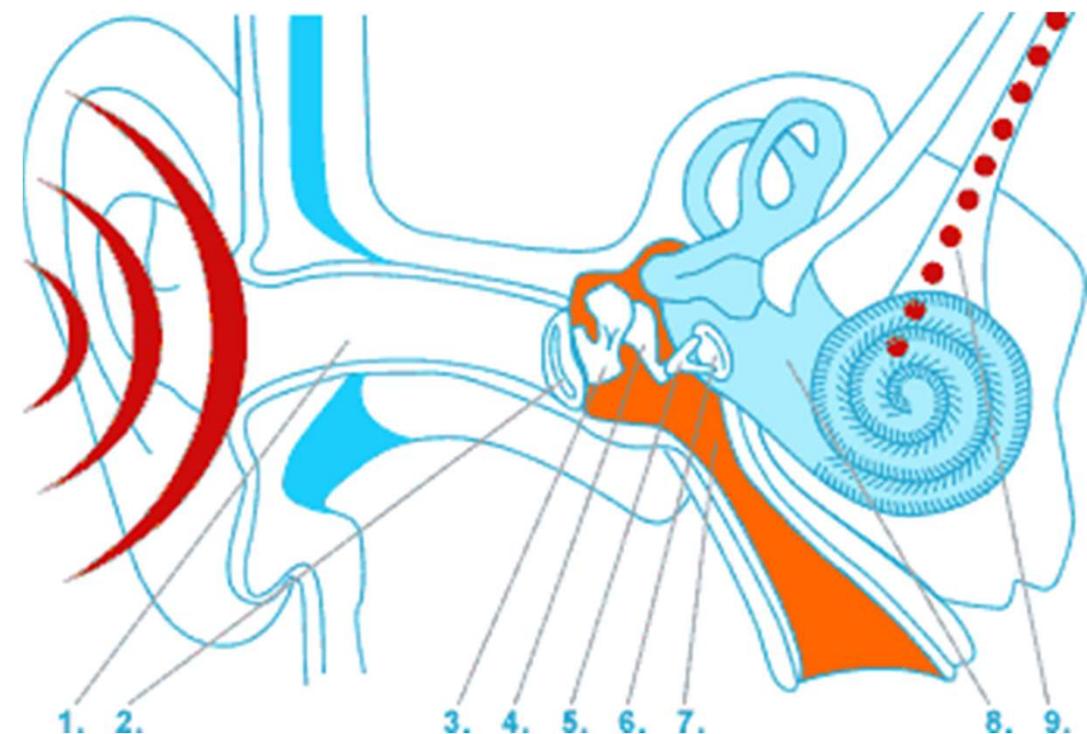


## Caminho do som

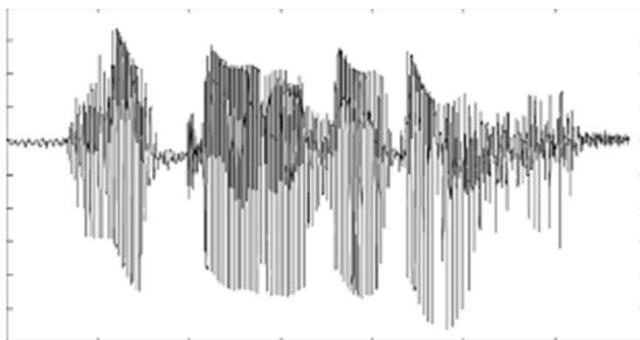
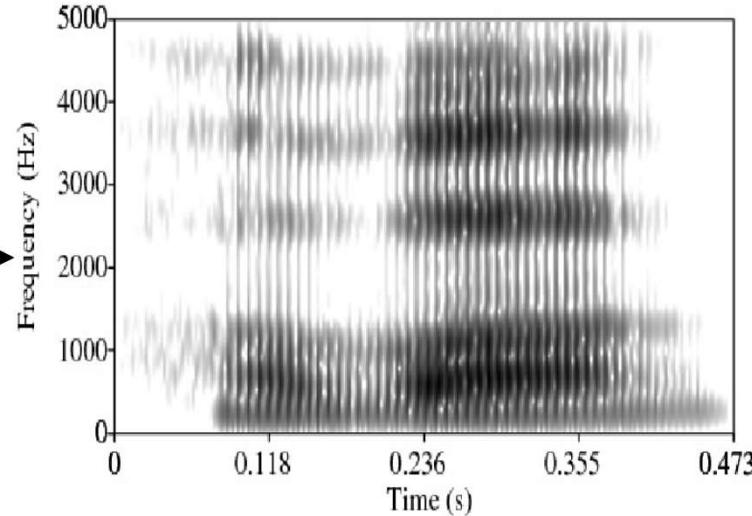
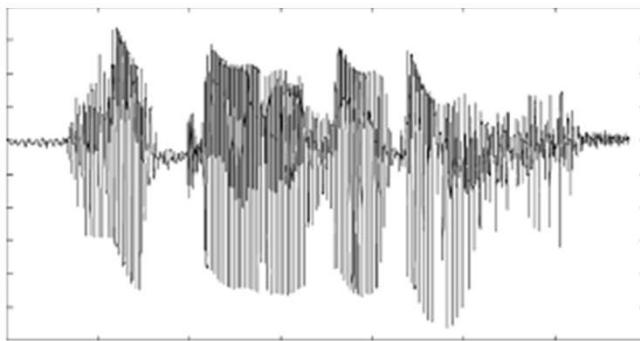
- A audição inicia com a transmissão **mecânica** das ondas vibratórias do ar, que entram pela **orelha externa** (1-2), para as estruturas da **orelha média** (3-7), e então para a **orelha interna** (8-9), onde são convertidas em **pulsos/estímulos elétricos** e seguem um complexo caminho nervoso até o cérebro onde finalmente ganham significado (Poton, 2020).



## Revisando o mecanismo acústico-articulatório da fala



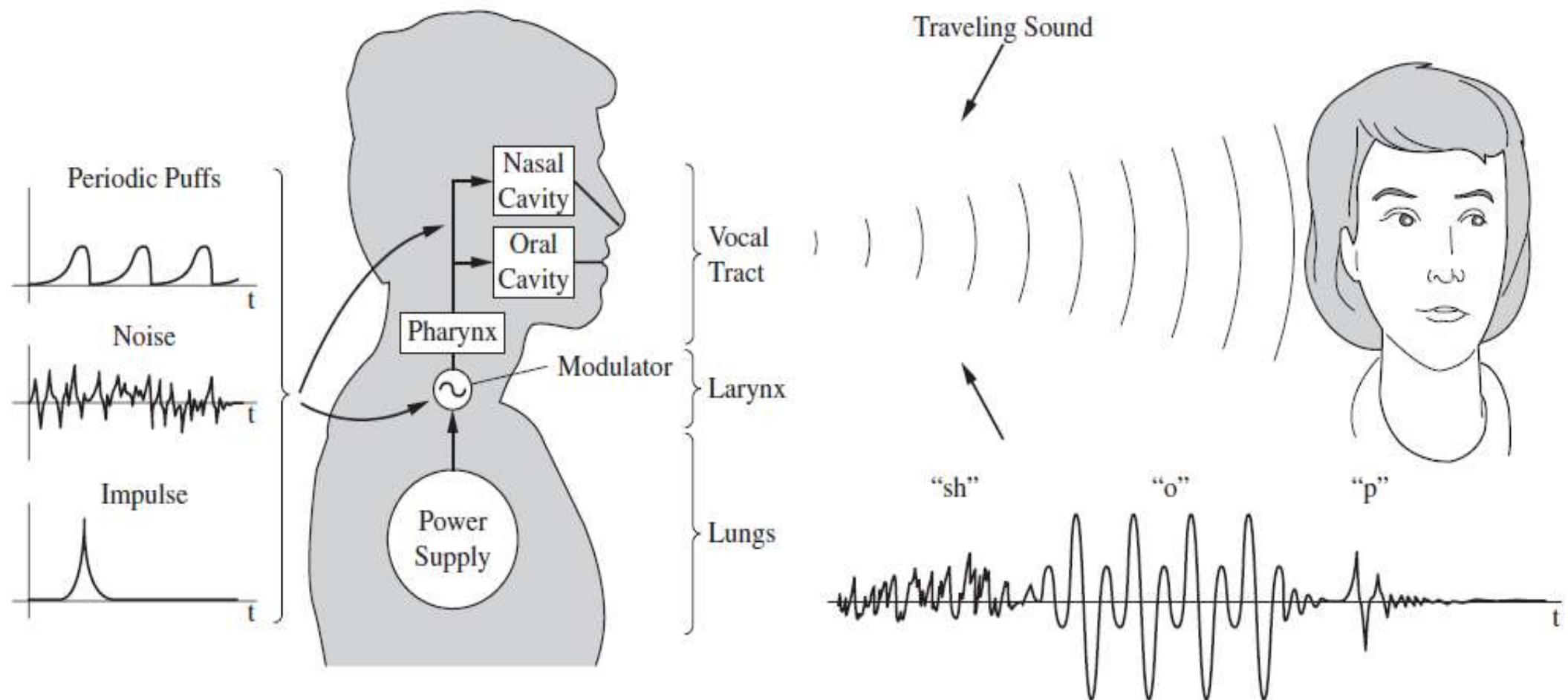
# O que ouvimos e o que mensuramos



O que ouvimos e o que mensuramos: a relação acústico-perceptual (Adaptado de Lehiste, 1970)

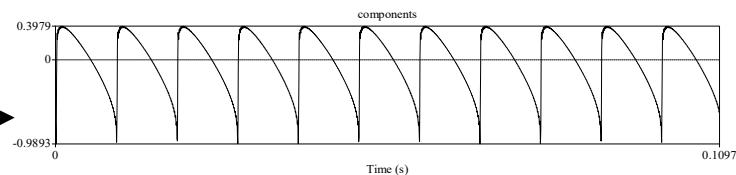
<b>Correlatos da relação Acústica-Percepção da fala</b>	
<b>FONÉTICO-ACÚSTICOS</b>	<b>PSICOFÍSICOS</b>
Frequência fundamental (em <i>Hertz</i> - Hz)	Tom ( <i>alto-baixo</i> )
Intensidade (em <i>decibéis</i> - dB)	Volume ( <i>forte-fraco</i> )
Duração (em <i>segundos</i> - s)	Duração ( <i>longo-breve</i> )
Qualidade de voz (em dB / Hz / s)	Tipo de voz (soprosa, rugosa, creptante, saudável etc.)

## Quatieri (2002, p. 56)

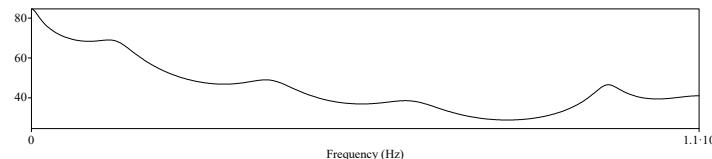


# ONDAS SONORAS (*sound waves*)

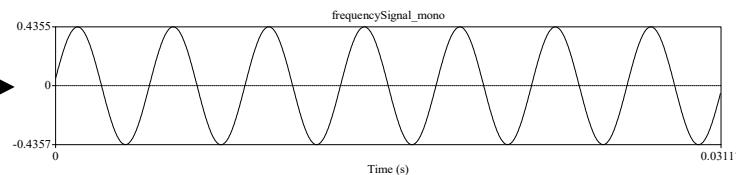
Glote (fonte)



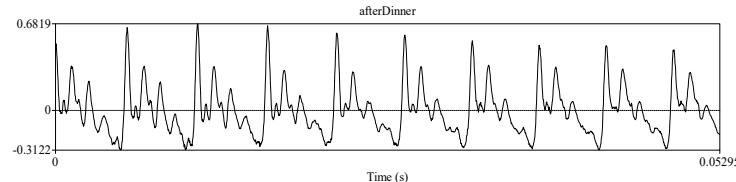
Trato vocal (filtro)



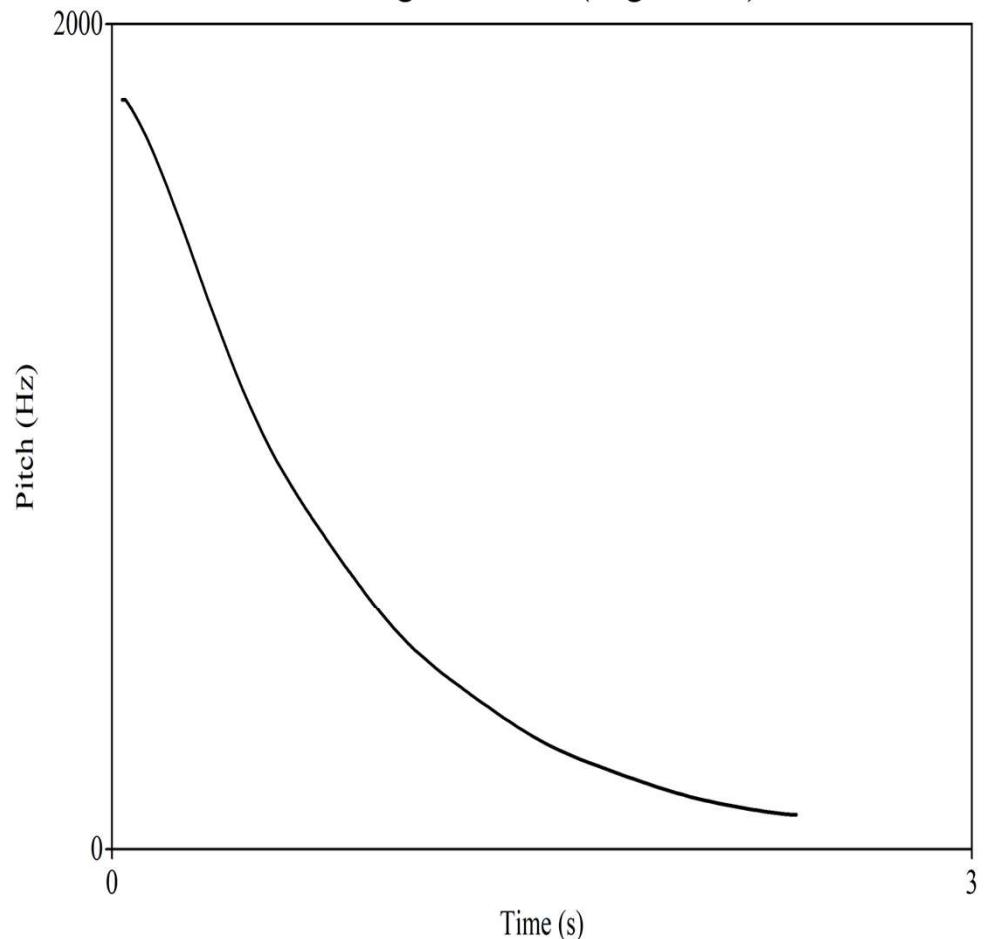
Onda SIMPLES



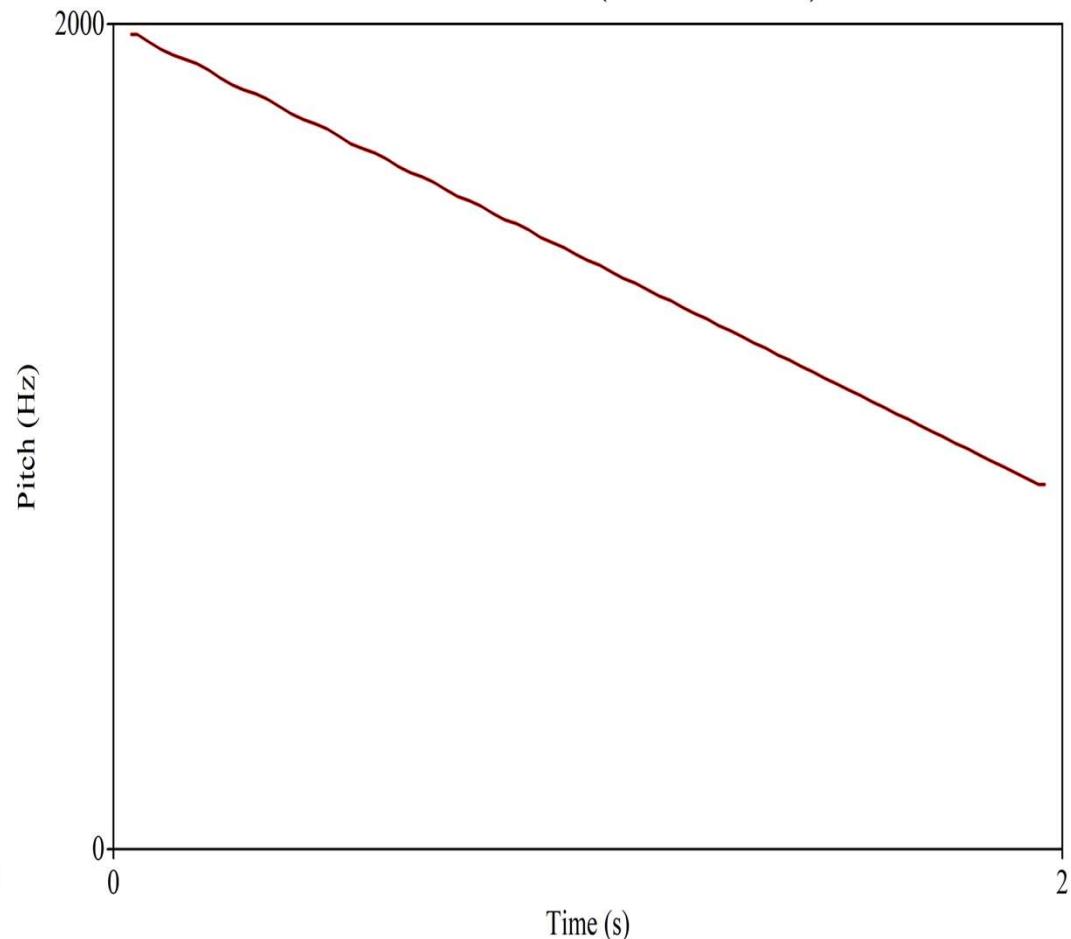
Onda COMPLEXA



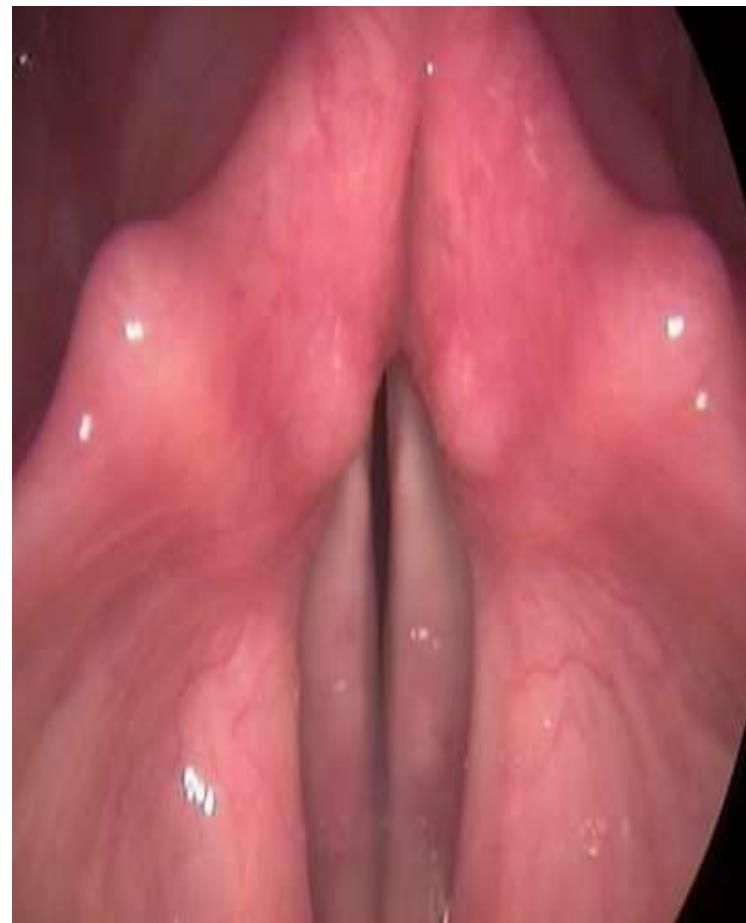
Escala logarítmica (log scale)



Escala linear (linear scale)

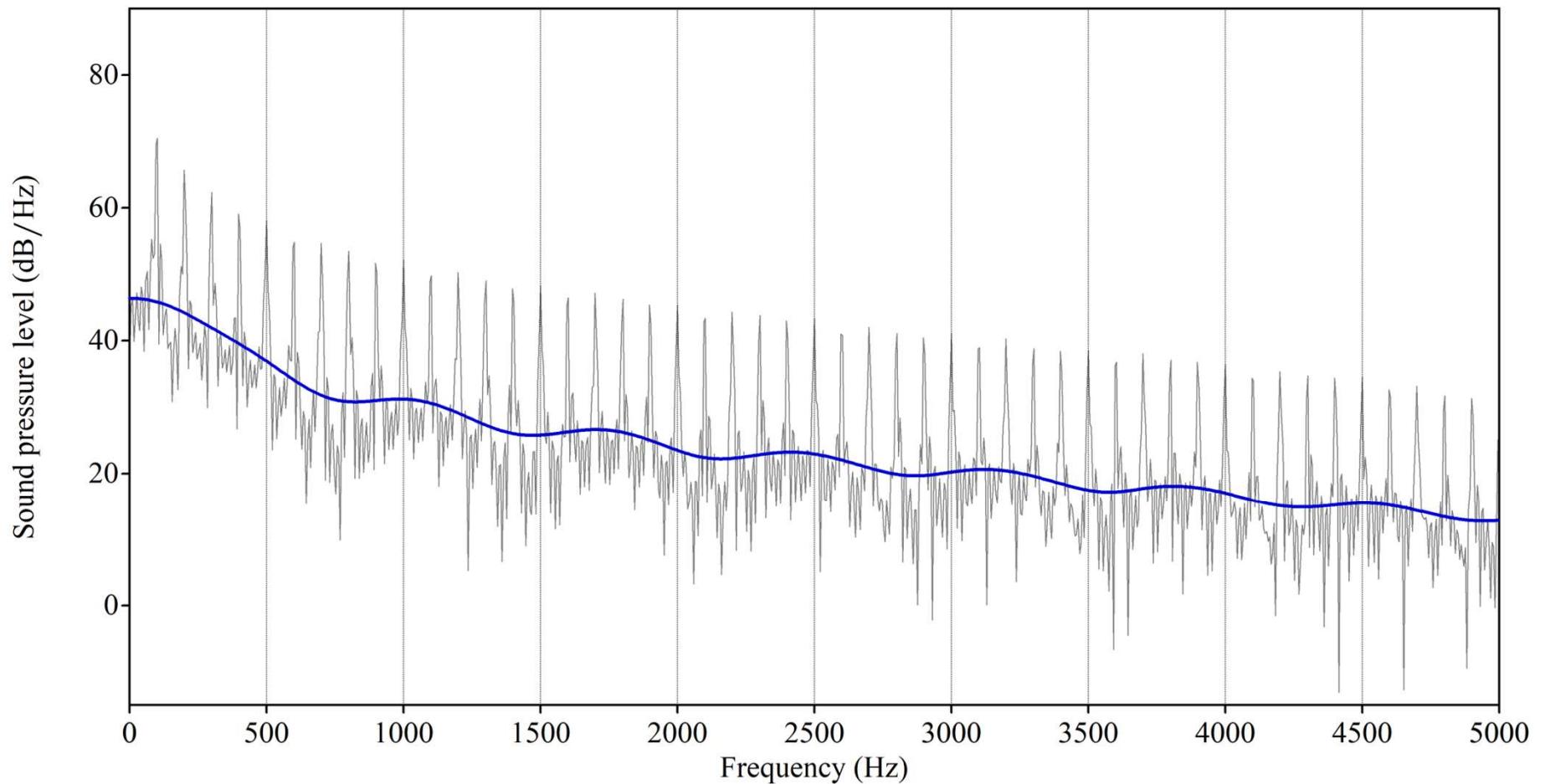


*A Fonte*



# Glote: espectro e envoltória

ESPECTRO - Onda glotal (100 Hz)

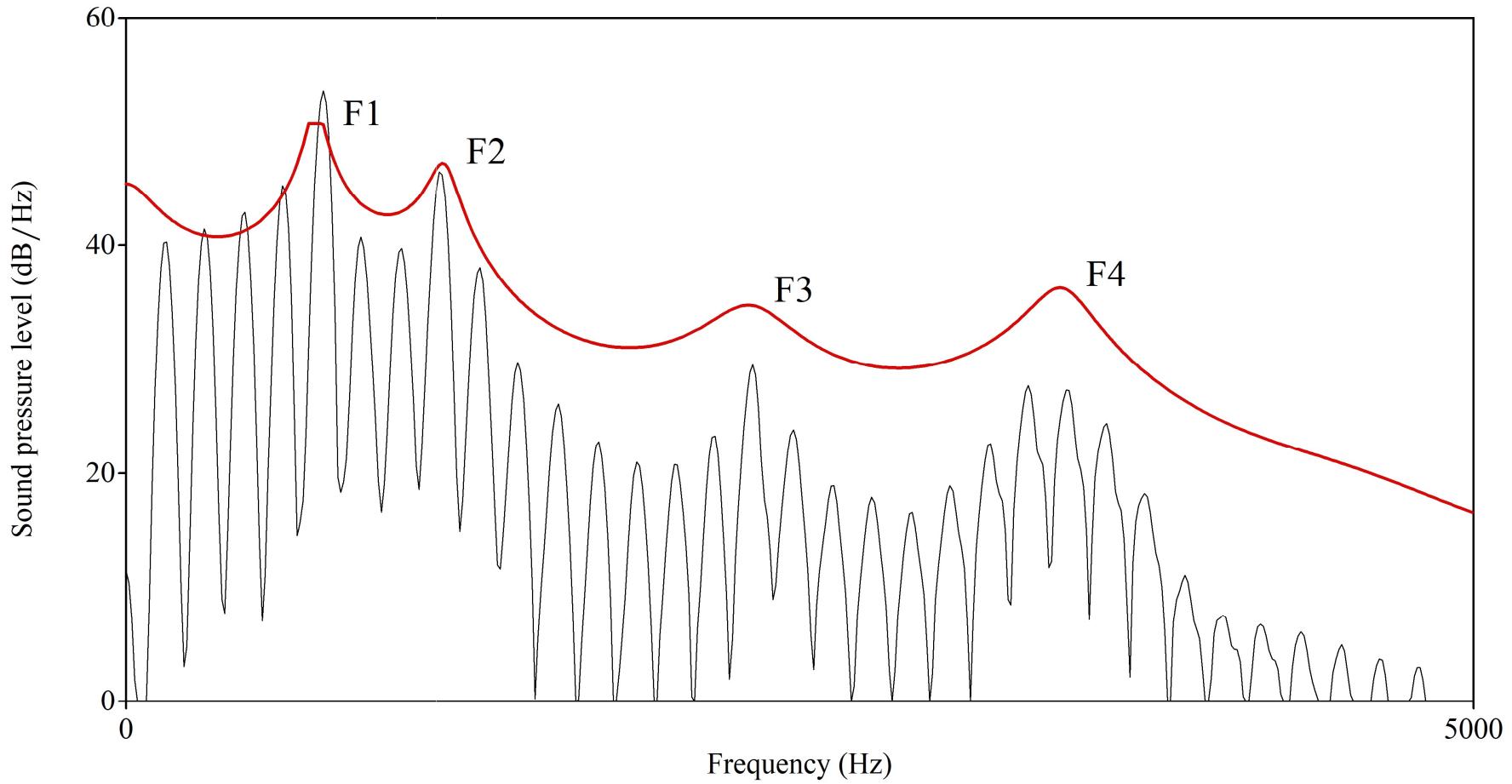


## O *Filtro*



Espectro com **formantes** ( $F_1, F_2, F_3, F_4, \dots, F_n$ ) da vogal [a] da palavra “s[a:]co”

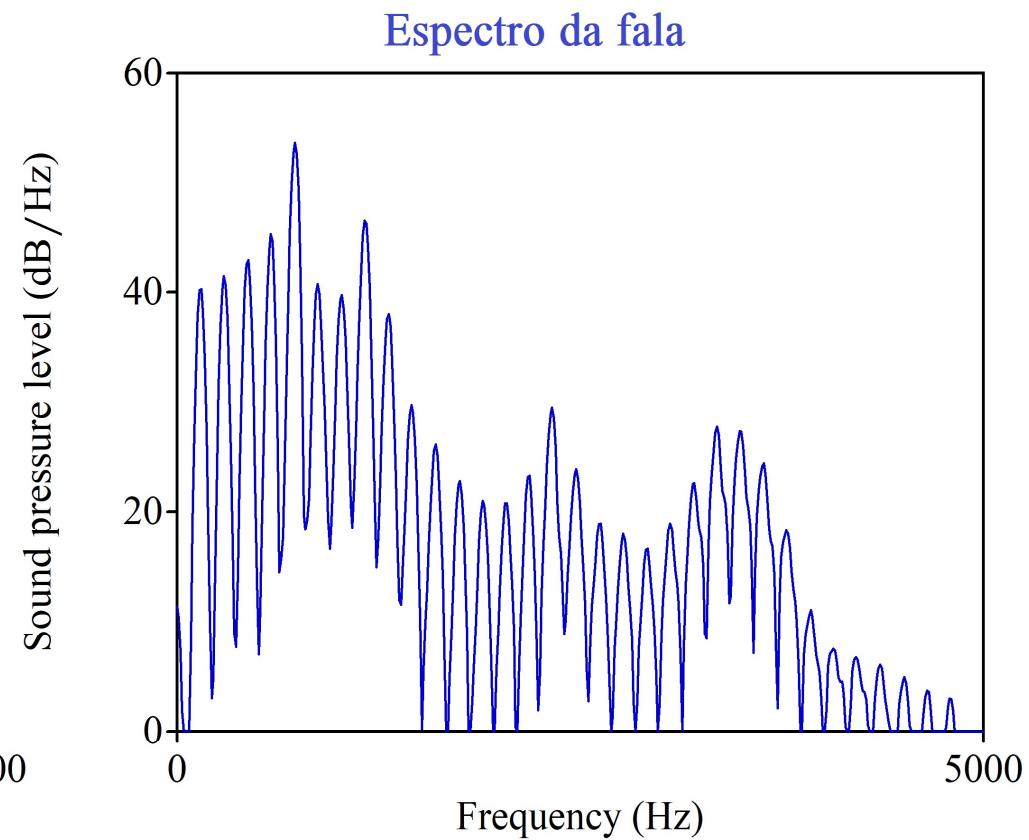
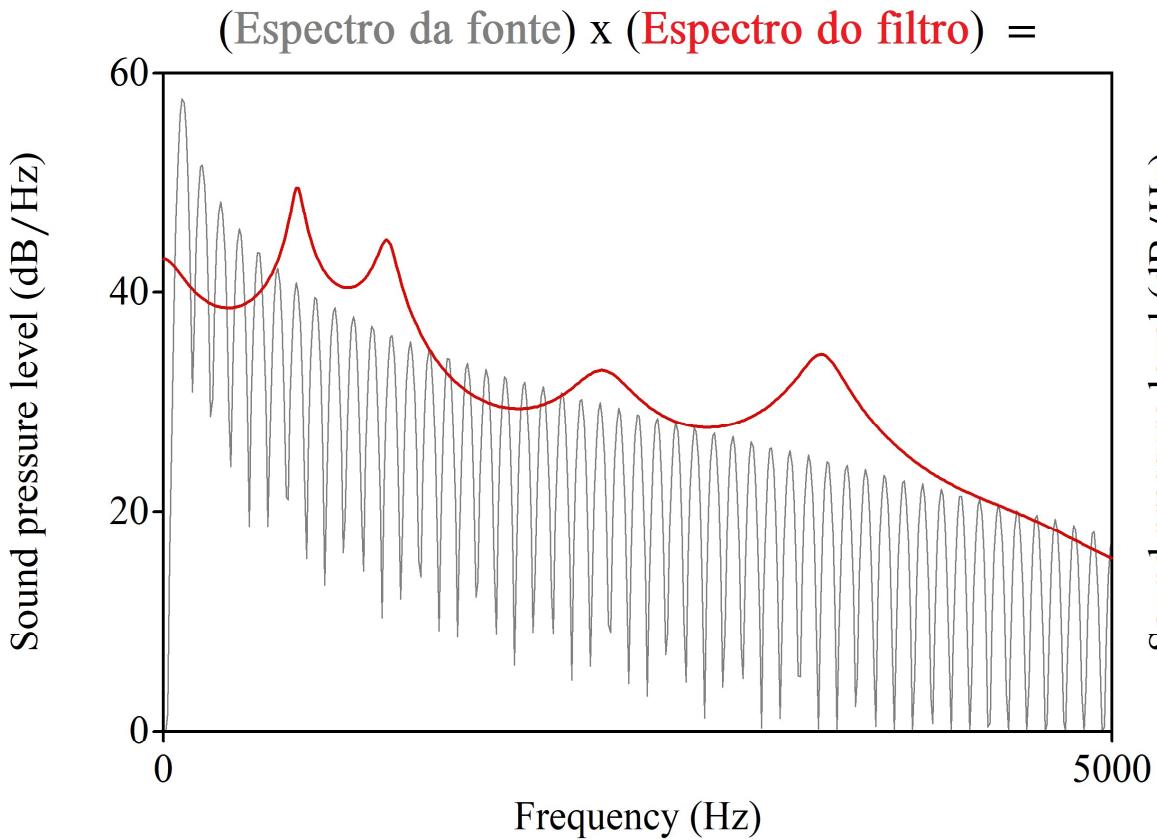
ESPECTRO (vogal [a]) + LPC (vogal [a])



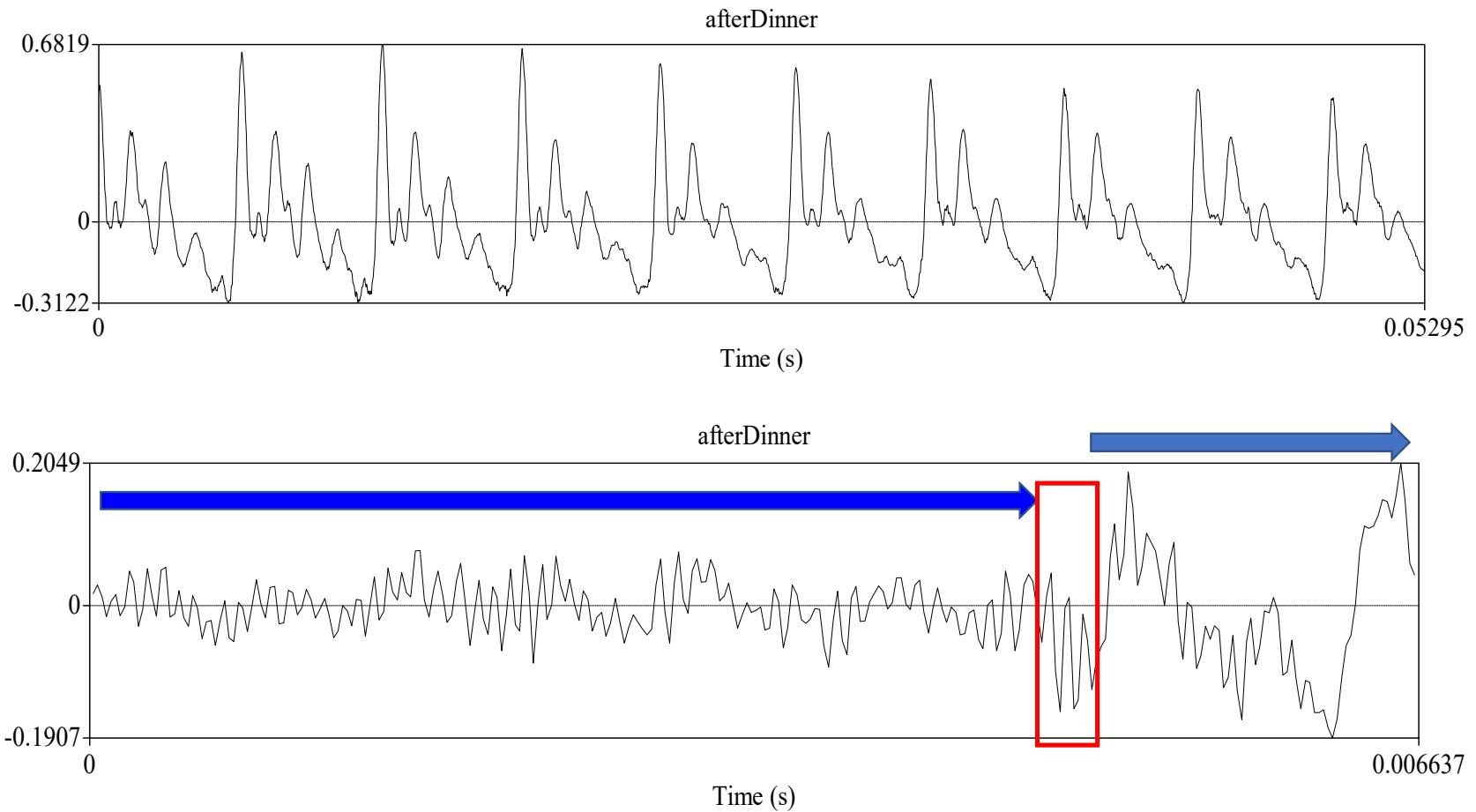
$$Sinal_{(fonte)} \times Sinal_{(filtro)} = Sinal_{(fala)}$$



O produto entre fonte e filtro – vogal [a] em s[a:]co



Ciclos periódicos (acima) e Transição fonte ao filtro (abaixo - cf. Rossing, 2007) da vogal [ae] em “after dinner”

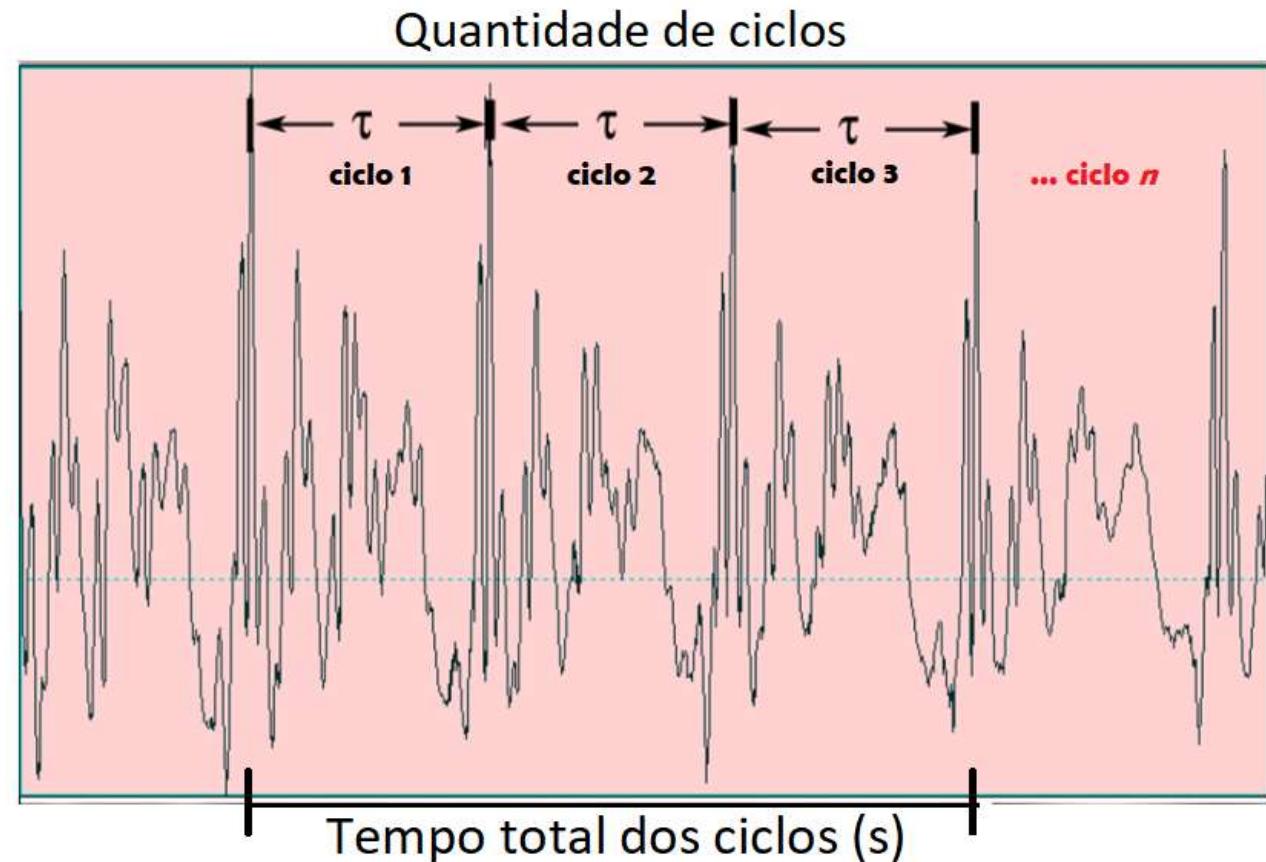


## Frequência fundamental (F0 – em Hz)

- Frequência ( $f$ ) e período ( $T$ ) são grandezas inversas;

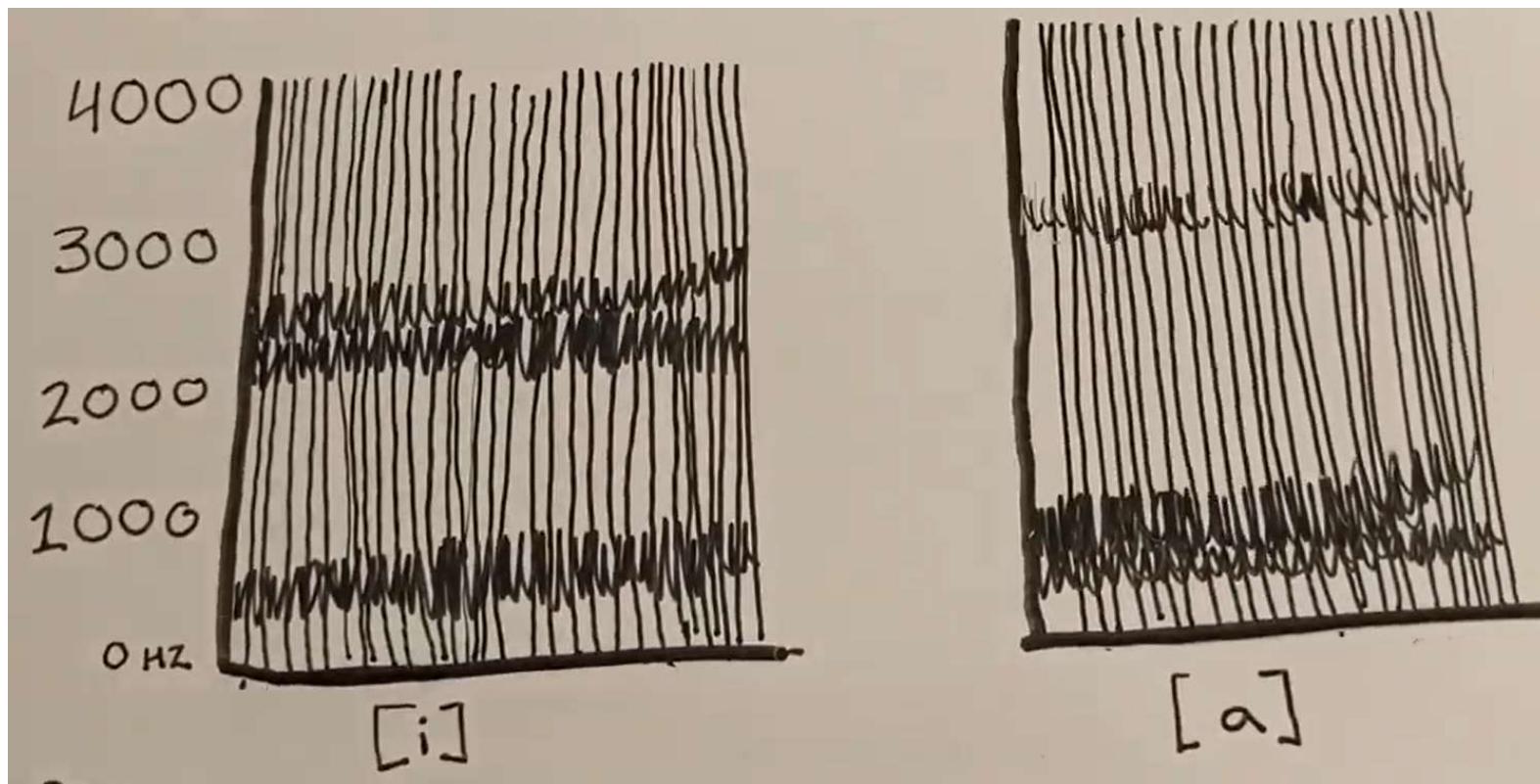
- $$f = \frac{1}{T}$$

- $$f = \frac{\text{Quantidade de ciclos}}{\text{Tempo total dos ciclos}}$$



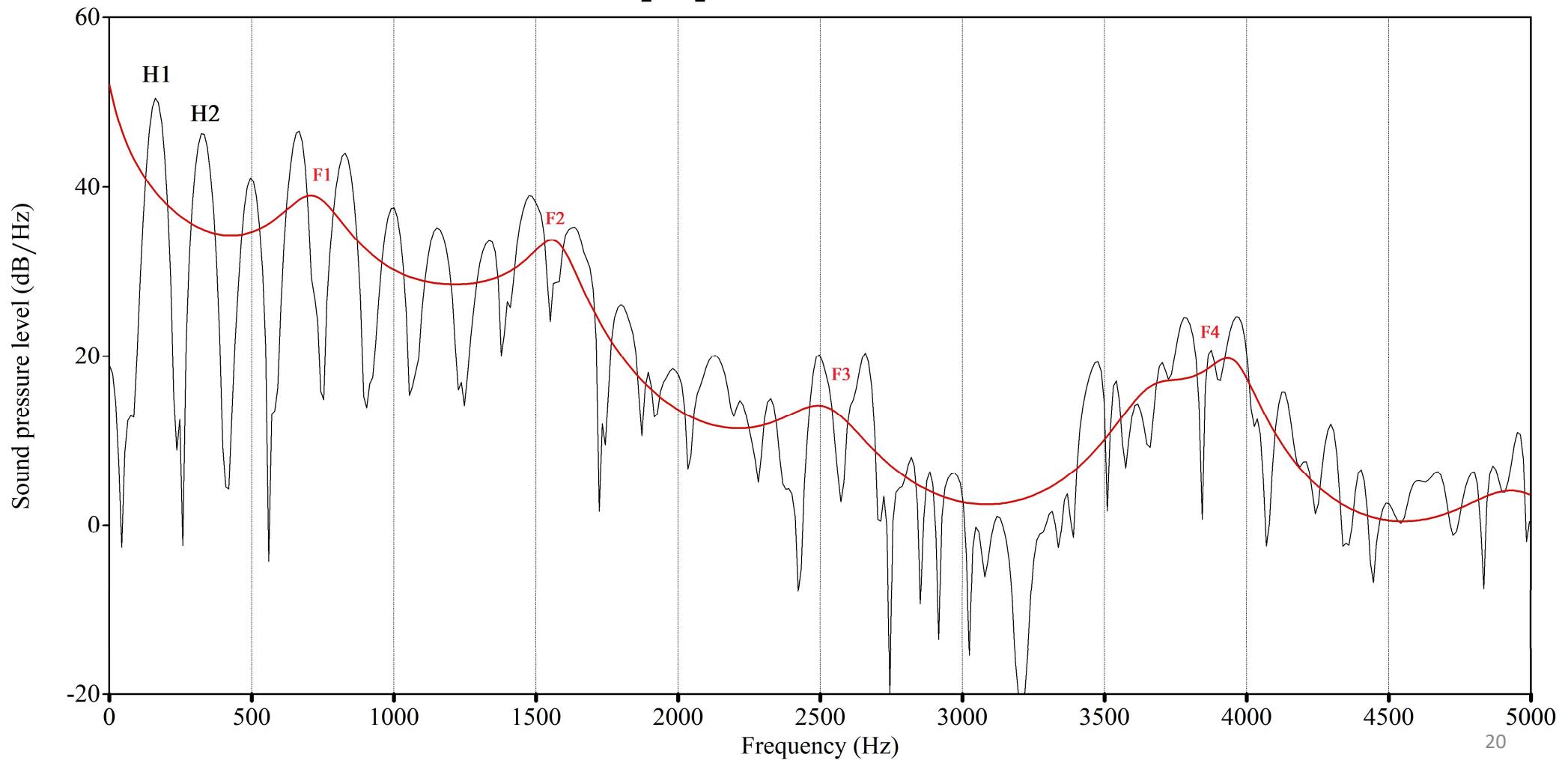
Formantes ( $F_1, F_2, F_3, F_4 \dots, F_n$  – em Hz)

- **Formantes**: regiões de frequências que são amplificadas em função da posição (grau de abertura, arredondamento, etc.) realizada pelo trato vocal

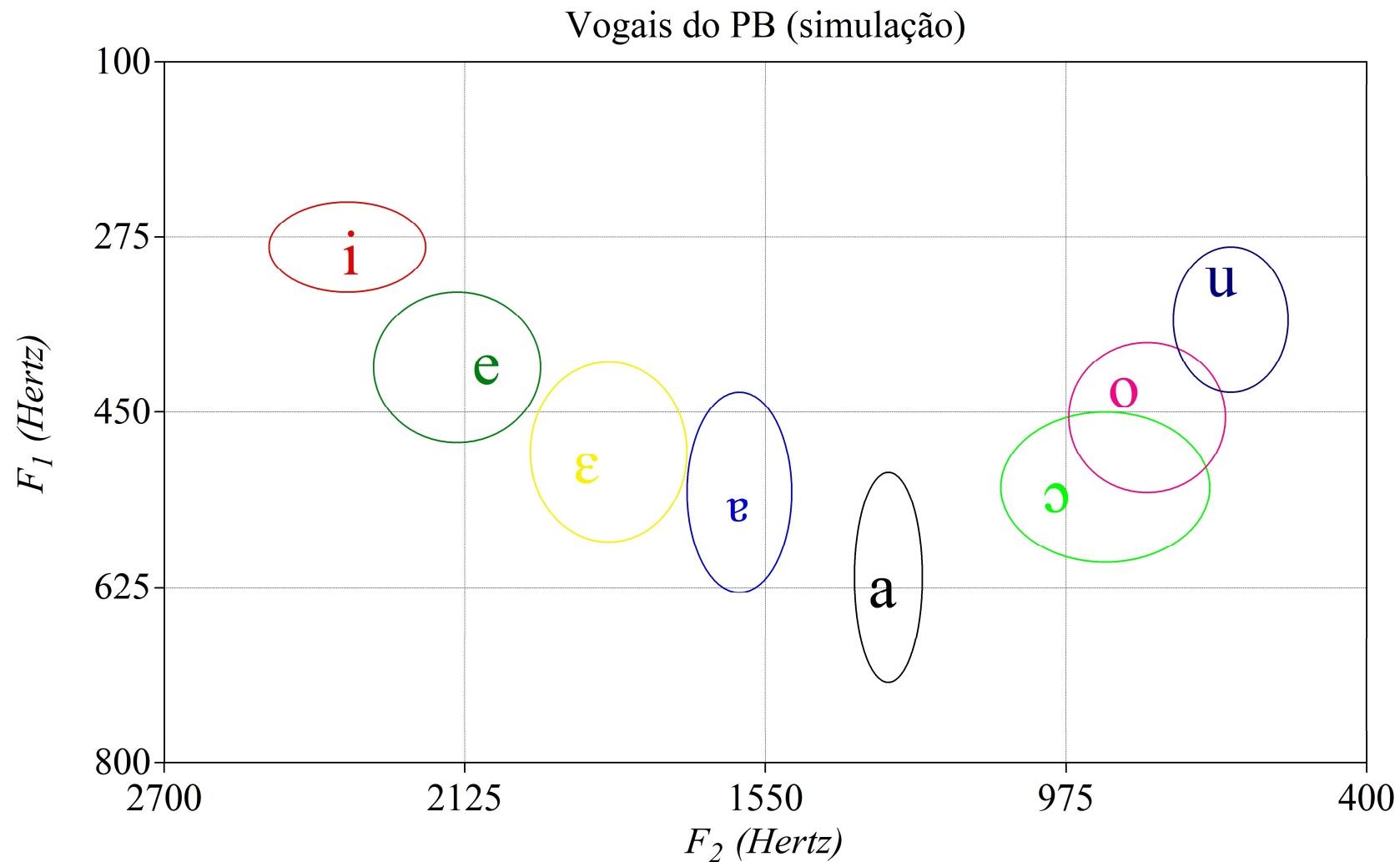


Harmônicos (H1,H2) e Formantes (F1,F2,F3,F4) – vogal [ae] em “after dinner”

[ae]FTER DINNER



Alguns valores formânticos ( $F_1/F_2$ ) para as vogais do português brasileiro (PB)



Valores de referência F1/F2 das vogais do PB para mulheres  
 (Escudero et al., 2009 – *média geométrica*; Barbosa e Madureira, 2015 – *média aritmética*)

Vogais do PB	Escudero et al (2009)		Barbosa e Madureira (2015)	
	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F1 (Hz)	F2 (Hz)
[i]	307	2676	354	2501
[e]	425	2468	459	2343
[ɛ]	646	2271	678	2106
[a]	910	1627	967	1563
[ɔ]	681	1054	667	1117
[o]	442	893	480	979
[u]	337	812	366	837

## Gravando o *corpus* de fala



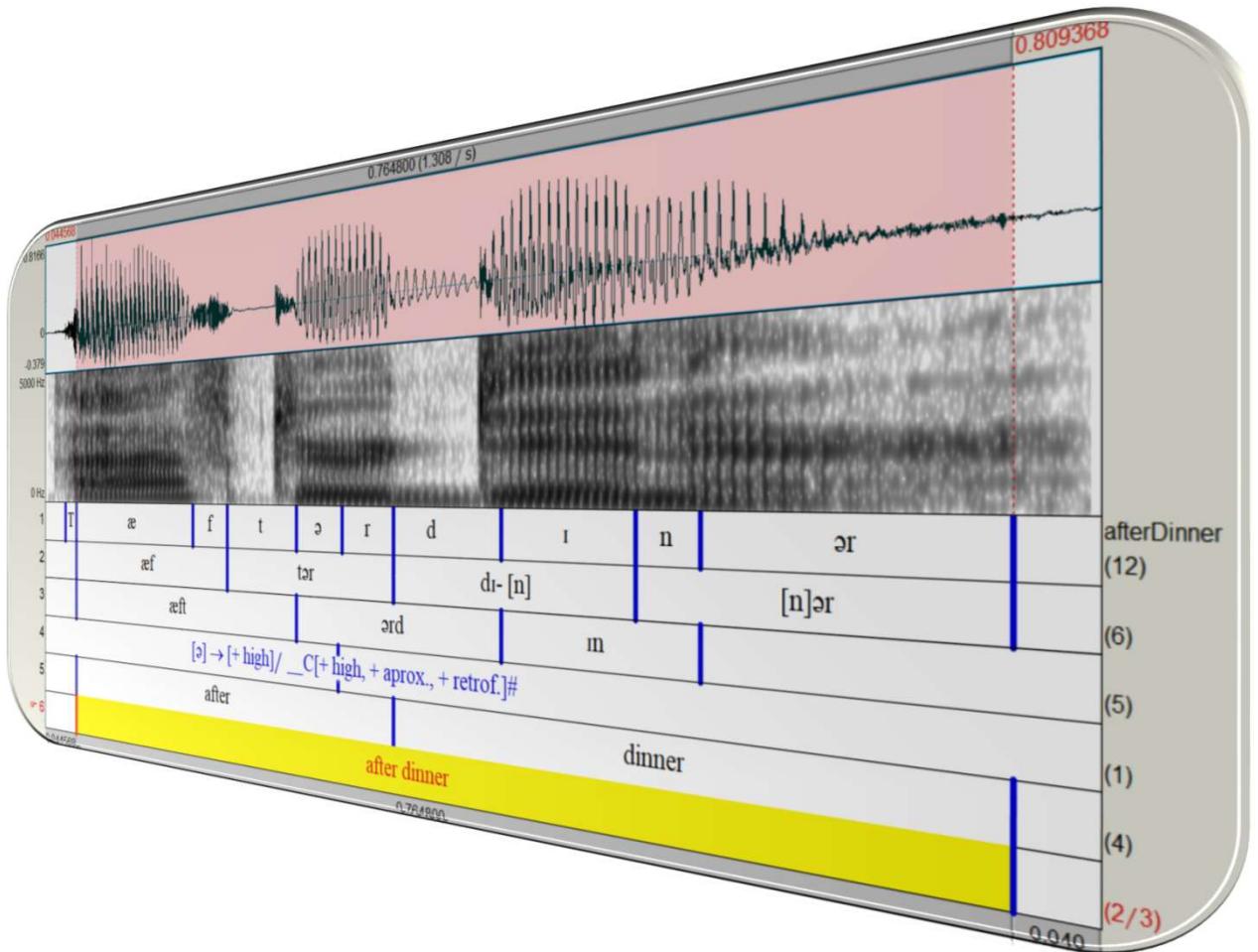
## Gravando o *corpus* de fala

- A gravação pode ser:
- **(semi) espontânea**
  - Interceptação telefônica, áudios de apps de conversa (WhatsApp, Telegram etc.);
  - Narração de histórias, leitura de textos etc.
- ou **controlada**; (Barbosa e Madureira, 2015, p. 221-222)
  - Utilização de frase-veículo (digo PALAVRA/FRASE baixinho)
  - As palavras dessa frase-veículo são escolhidas pelo conhecimento fonético de sua influência nas palavras-alvo:
  - **Digo** = escolha por razões pragmáticas (o ato de dizer algo que está sendo realizado naquele momento);
  - A sílaba tônica de **Digo** (1<sup>a</sup> sílaba) evita a contiguidade com a 1<sup>a</sup> sílaba da palavra-alvo preservando, assim, suas características acústicas – especialmente na consoante-alvo em pesquisas envolvendo consoantes;
  - **Baixinho** = além de razões pragmáticas, por 3 outros motivos mais importantes
    1. O fato de começar com uma bilabial não afeta o movimento do corpo da língua dos sons finais da palavra precedente por coarticulação antecipatória;
    2. O fato de /b/ ser um som vozeado nos permite saber onde ele começa e avaliar se o falante não introduziu uma pausa silenciosa entre a palavra-alvo e o advérbio;
    3. O fato de a tônica estar na 2<sup>a</sup> sílaba (<bai**X**inho> afeta menos a palavra precedente)

# Utilizando o



(Boersma e Weenink, 1992-2023)



# Tarefinha acústica

1. Vamos criar um espaço vocálico utilizando as vogais da tabelinha?

(Lembre de usar o script 'VowelPlot')



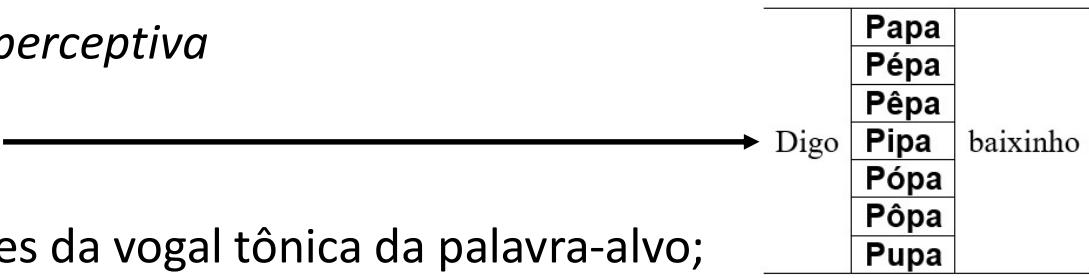
Link para o script 'VowelPlot':  
[https://github.com/leonidasjr/VowelCode/blob/main/VowelPlot\\_PortugueseVersion.PSC](https://github.com/leonidasjr/VowelCode/blob/main/VowelPlot_PortugueseVersion.PSC)

	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F1 (Hz)	F2 (Hz)
[1]	307	12676	354	3501
[2]	425	2468	459	2243
[3]	646	2271	678	3106
[4]	910	1627	957	1563
[5]	681	1054	667	1117
[6]	442	893	490	979
[7]	337	812	366	837

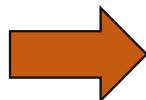
Montando um pequeno *corpus* para experimento



Montagem do *corpus* – usando o script ‘VowelPlot’ (Silva Jr., 2023)

- Realizar as gravações com 10 falantes (5 do sexo feminino/masculino) seguindo este roteiro.
  - 2 Leituras: análises *acústica* e *perceptiva*
- Gravação (*análise acústica*) 
  - Frase-veículo;
  - Objetivo: extração de formantes da vogal tônica da palavra-alvo;
  - Segmentação, etiquetagem e rodada de script para extração das medidas dos formantes das vogais tónicas.
- Gravação (*análise perceptiva* - (Camargo e Madureira, 2008)
  - Objetivo: Realizar a leitura das frases de 1 a 4 para traçar o VPA do falante baseado na produção de seus enunciados.
    1. O objeto de estudo da Fonética é essa complexa, variável e poderosa face sonora da linguagem; a fala.
    2. Soube que a Casa dos Bispos é visitada por turistas todos os dias e que o roteiro de visita dura cerca de duas horas para ser percorrido.
    3. Detesto ir à casa dele, pois fica do outro lado da cidade e o acesso é difícil.
    4. Não mencionei anteriormente, mas minha mãe morou muitos anos em Santos, numa mansão à beira mar.

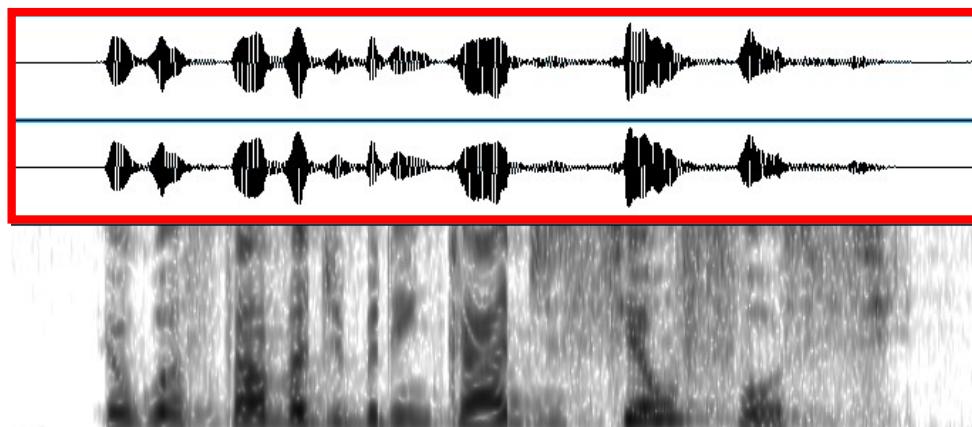
## Boas práticas em análise acústica da fala



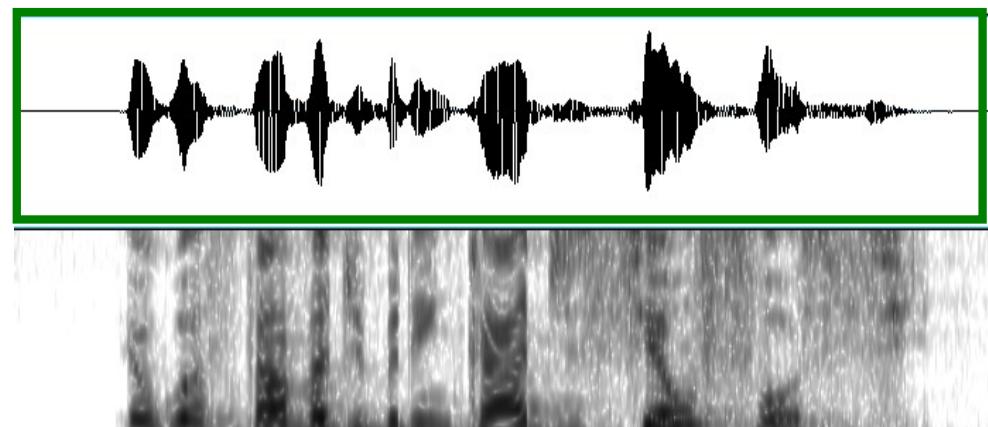
- Ao pensarmos nas imagens (*prints* e demais figuras), devemos nos concentrar **apenas** em nosso objeto de análise;
- Essas práticas facilitam nossas análises e a vida de nossos leitores
  - Primeiro, entenda o que você está analisando;
  - Em seguida, organize para que outros também entendam.

## Se estamos analisando apenas uma voz

- **NÃO** utilize mais de um canal
  - A menos que esteja avaliando outros parâmetros a serem combinados com a voz (**respiratórios, prosódicos combinados à voz, de ruído externo etc.**)

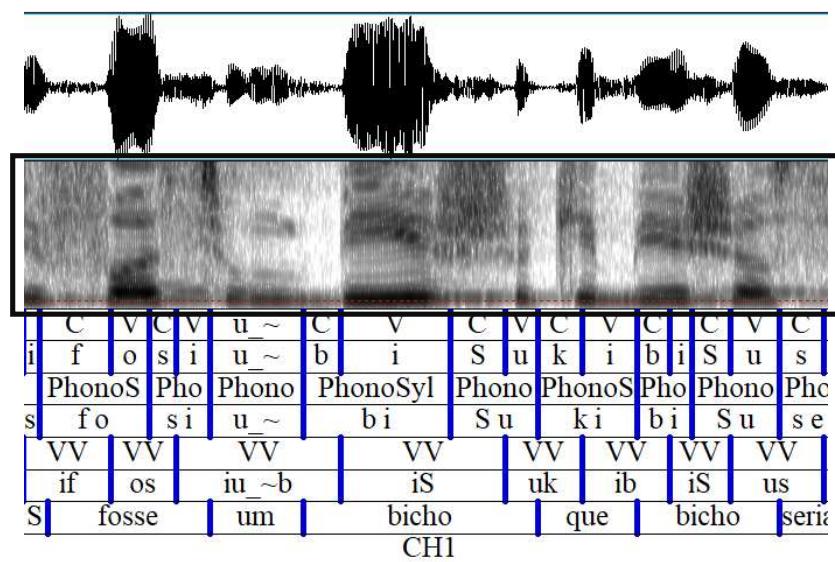
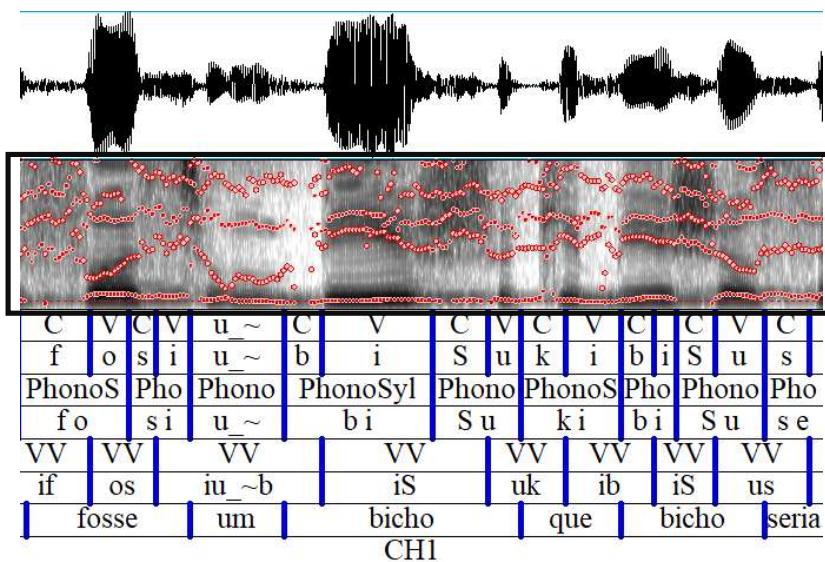


- Mantenha apenas um canal de áudio, isto é, uma janela de forma de onda



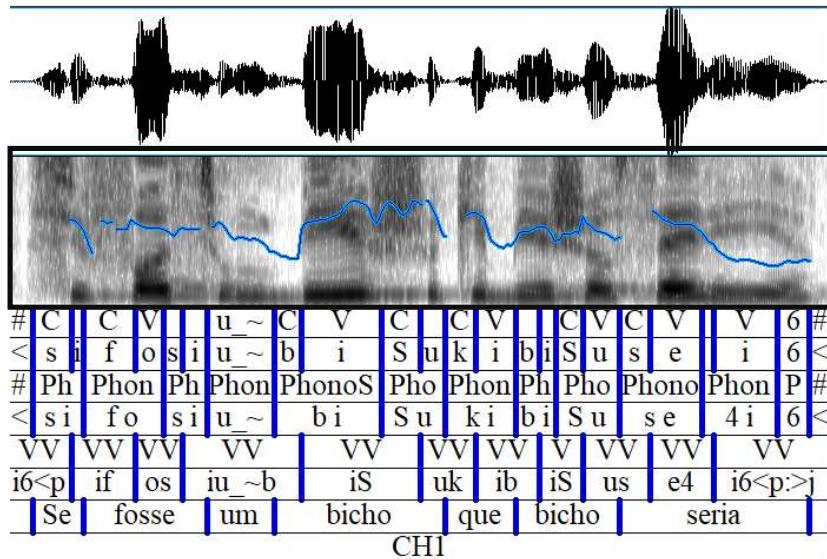
## Se estamos analisando **formantes**

- Manter o contorno dos *formantes*;
- Evitar outras componentes para não “poluir” as imagens.
  - A menos que sejam realmente necessárias
- Ou simplesmente não usa-se o traçado ‘LPC’ (*preferencialmente*)



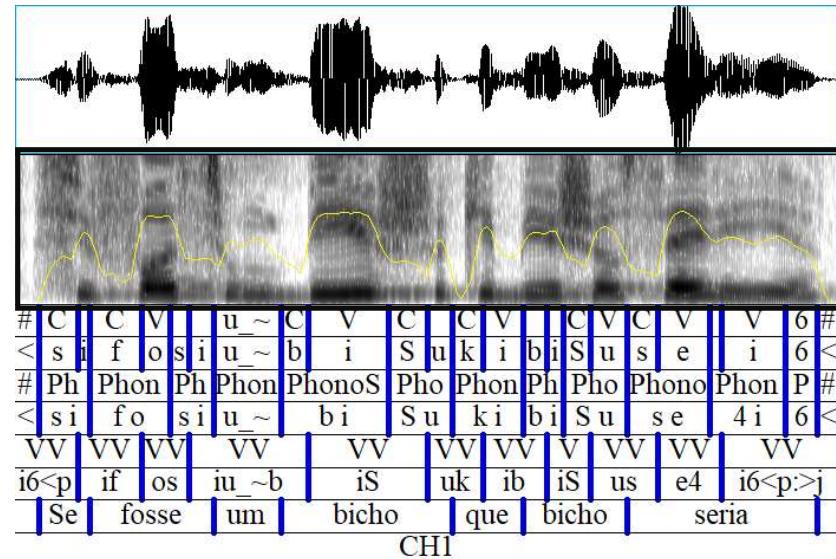
## Se estamos analisando F0

- Manter o contorno da *F0*;
- Evitar outras componentes para não “poluir” as imagens.
  - A menos que sejam realmente necessárias



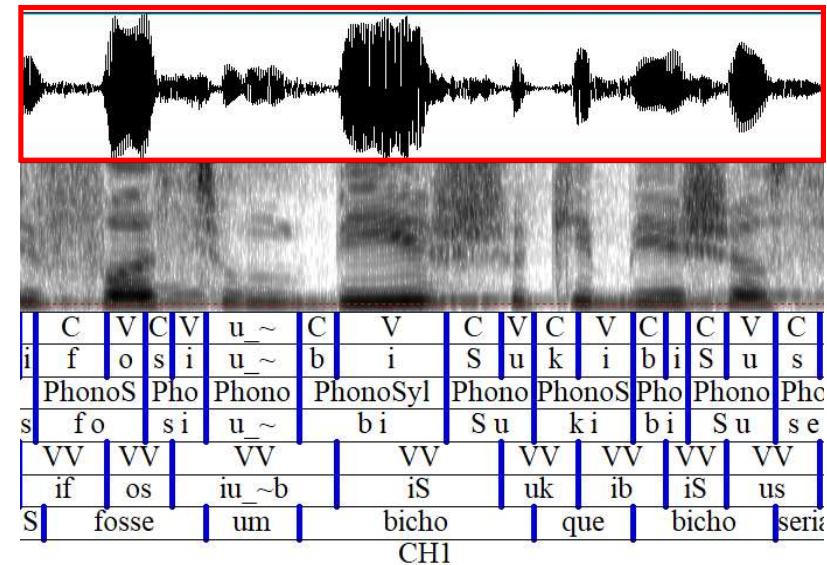
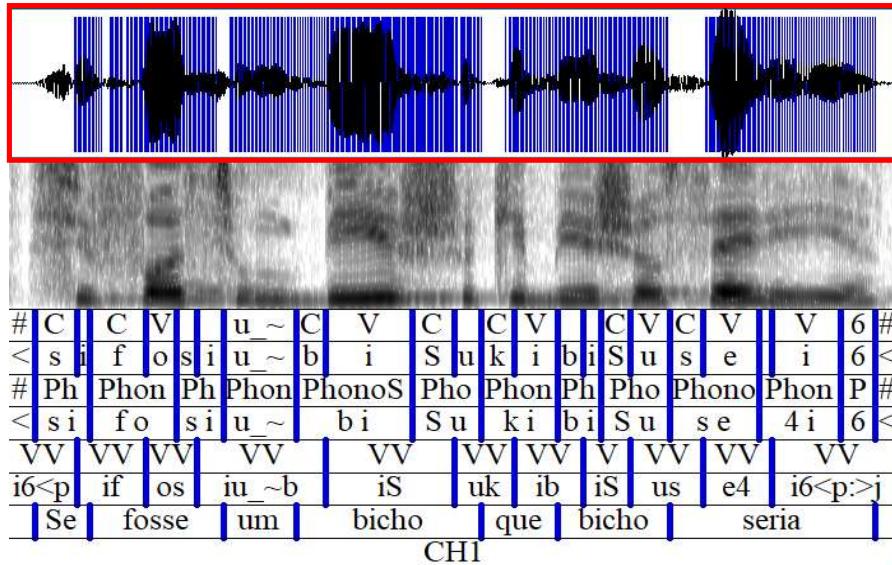
## Se estamos analisando Intensidade

- Manter o contorno da *intensidade*;
- Evitar outras componentes para não “poluir” as imagens
  - A menos que sejam realmente necessárias



## Se estamos analisando **qualidade de voz ou (des)vozeamento**

- Manter o contorno dos *formantes*;
- Evitar outras componentes para não “poluir” as imagens.
  - A menos que sejam realmente necessárias
- Ou simplesmente não usa as estrias de pulso (*preferencialmente*)



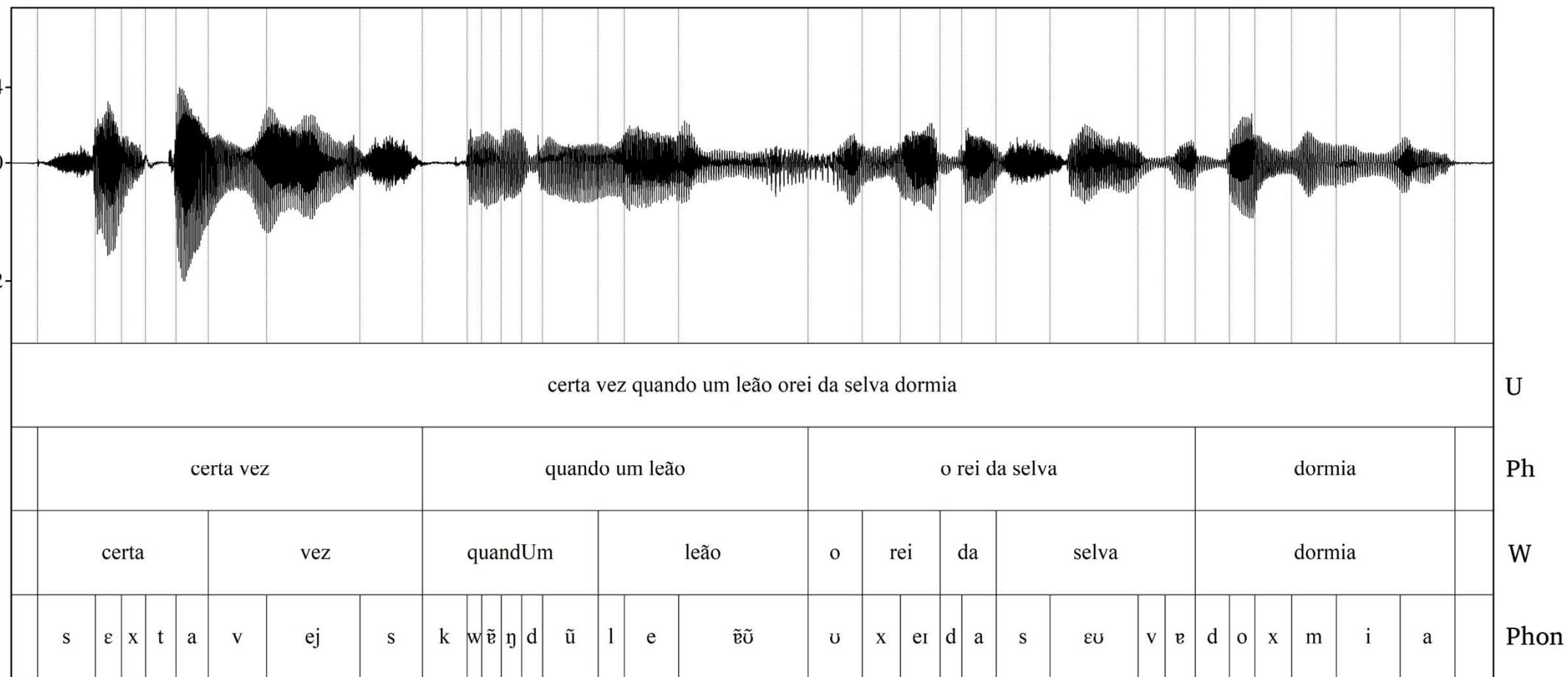
## Boas práticas em análise acústica da fala

- Podemos combinar elementos para explicar um dado fenômeno encontrado durante a análise acústica.
- No entanto, devemos retirar o máximo de componentes que não estão em voga na análise e deixar apenas as que servem de suporte.

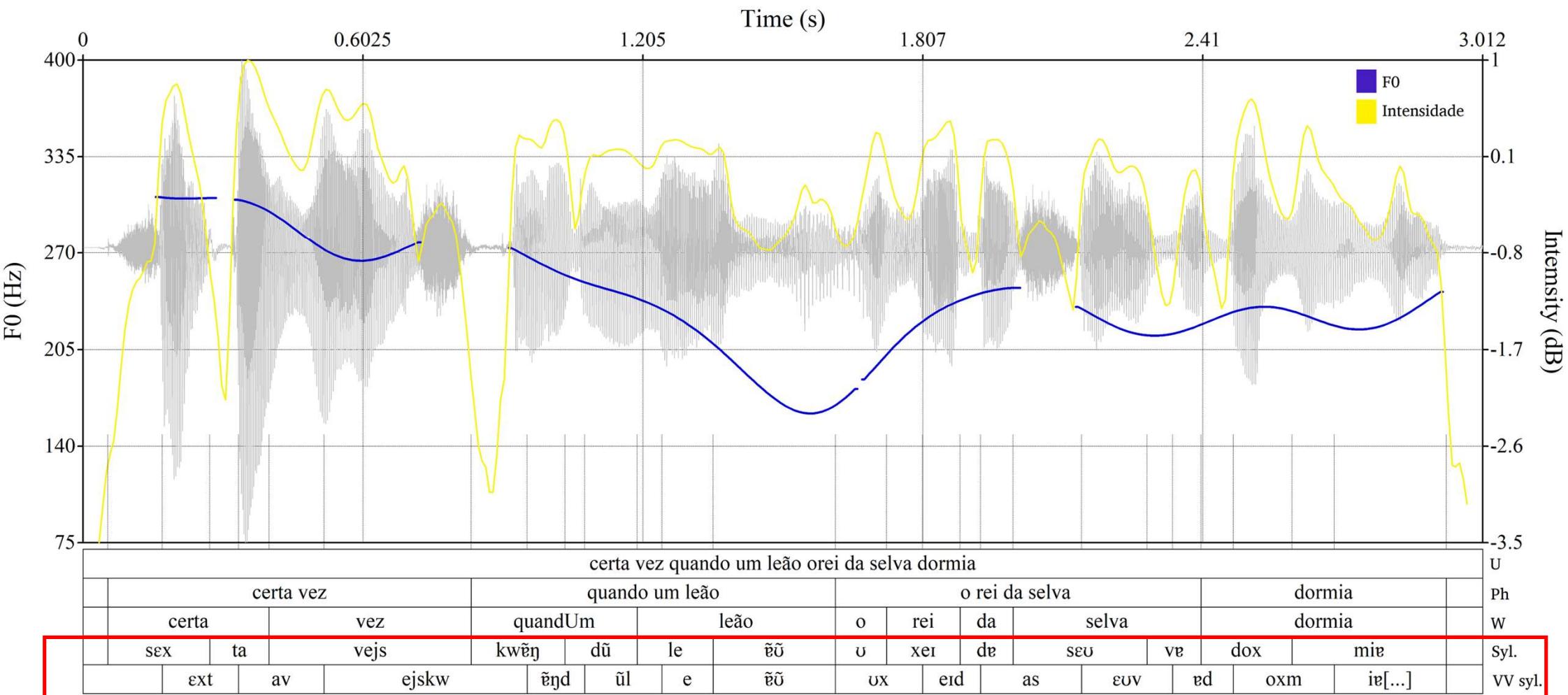
Exemplos aplicados de boas práticas em análise acústica da fala

- Silva Jr. (2020, 2022).
  - Introdução ao uso do software Praat. **Projeto ‘Tardes em Linguística’**. Programa de Pós-graduação em Linguística, Universidade de São Paulo – USP
  - **Sotaque Estrangeiro & Prosódia de L2: implicações cognitivas, atitudinais e sociais**. Centre for Cognitive and Brain Sciences, Centro de Ciências Cognitivas e Cerebrais, Universidade de Macau – UM. Macau, China.

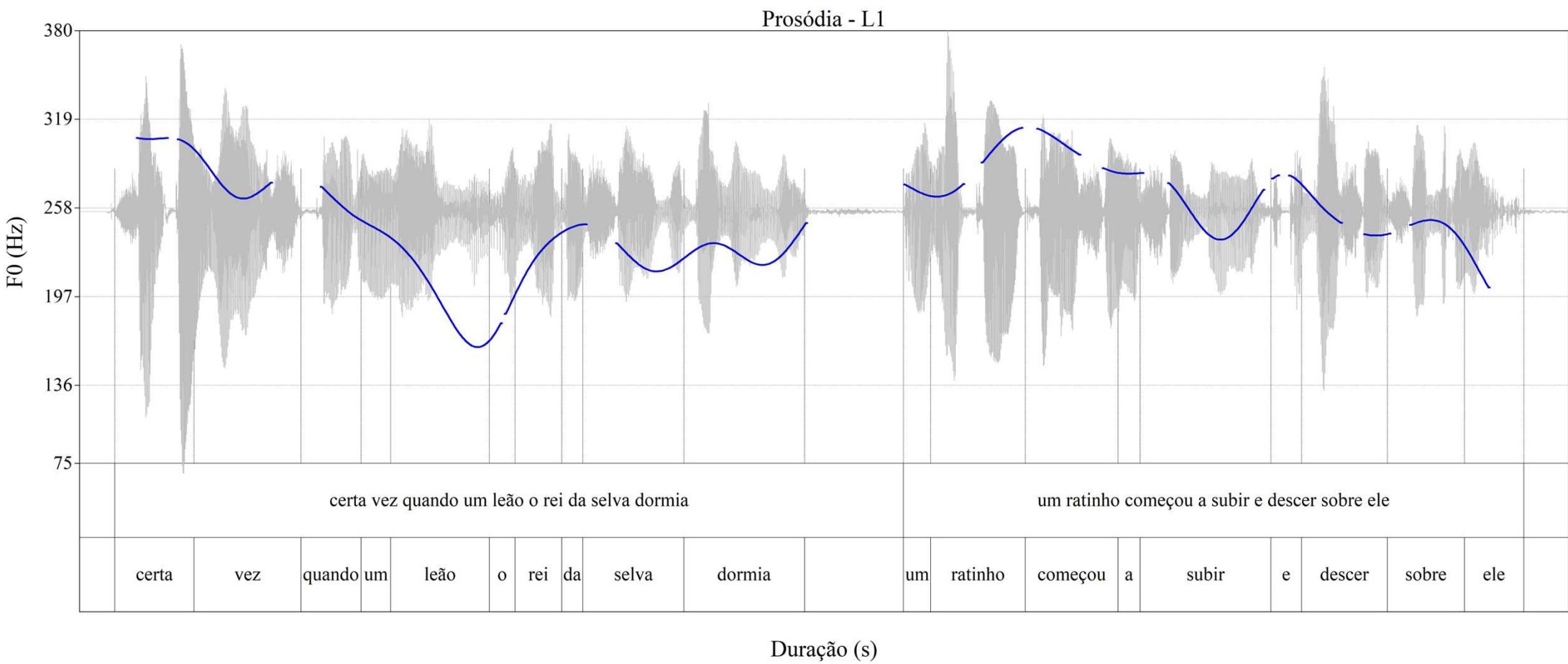
# Informação segmental



# Informação prosódica



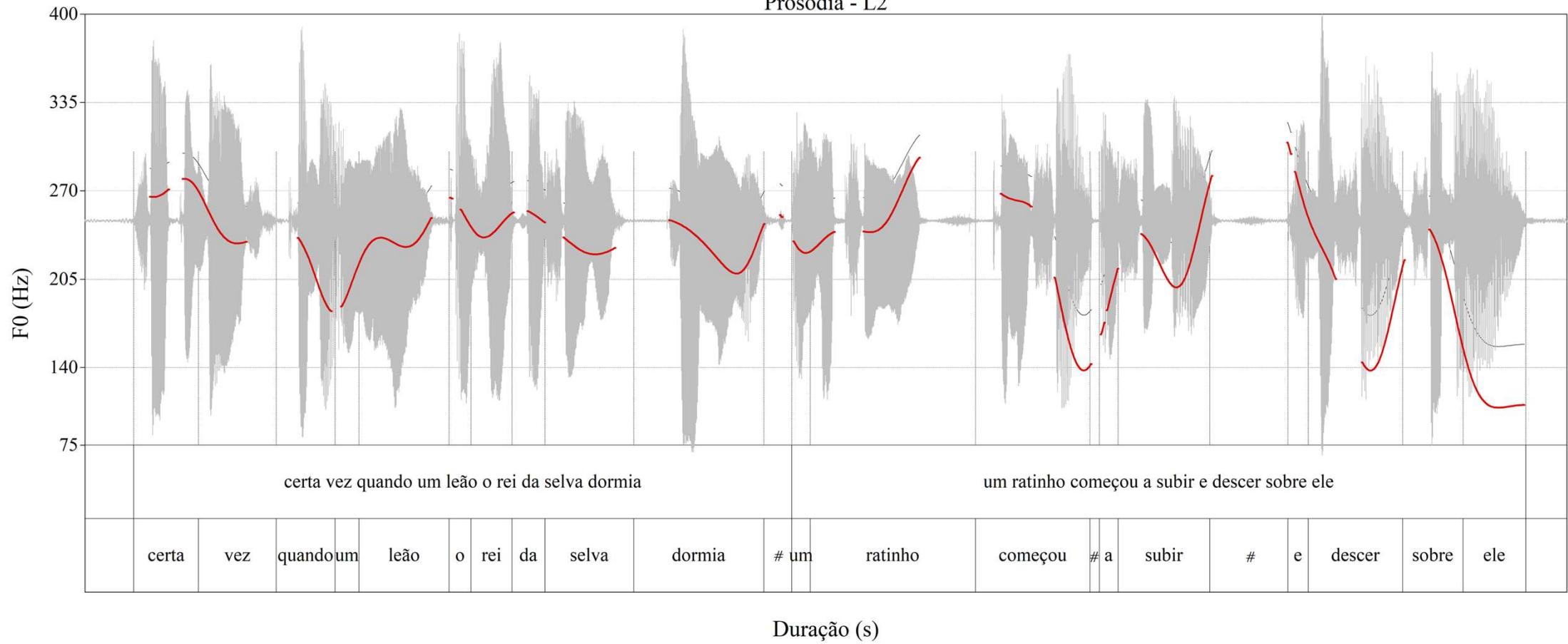
*“Certa vez, quando um leão, o rei da selva dormia, um ratinho  
começou a subir e descer sobre ele (...)"*



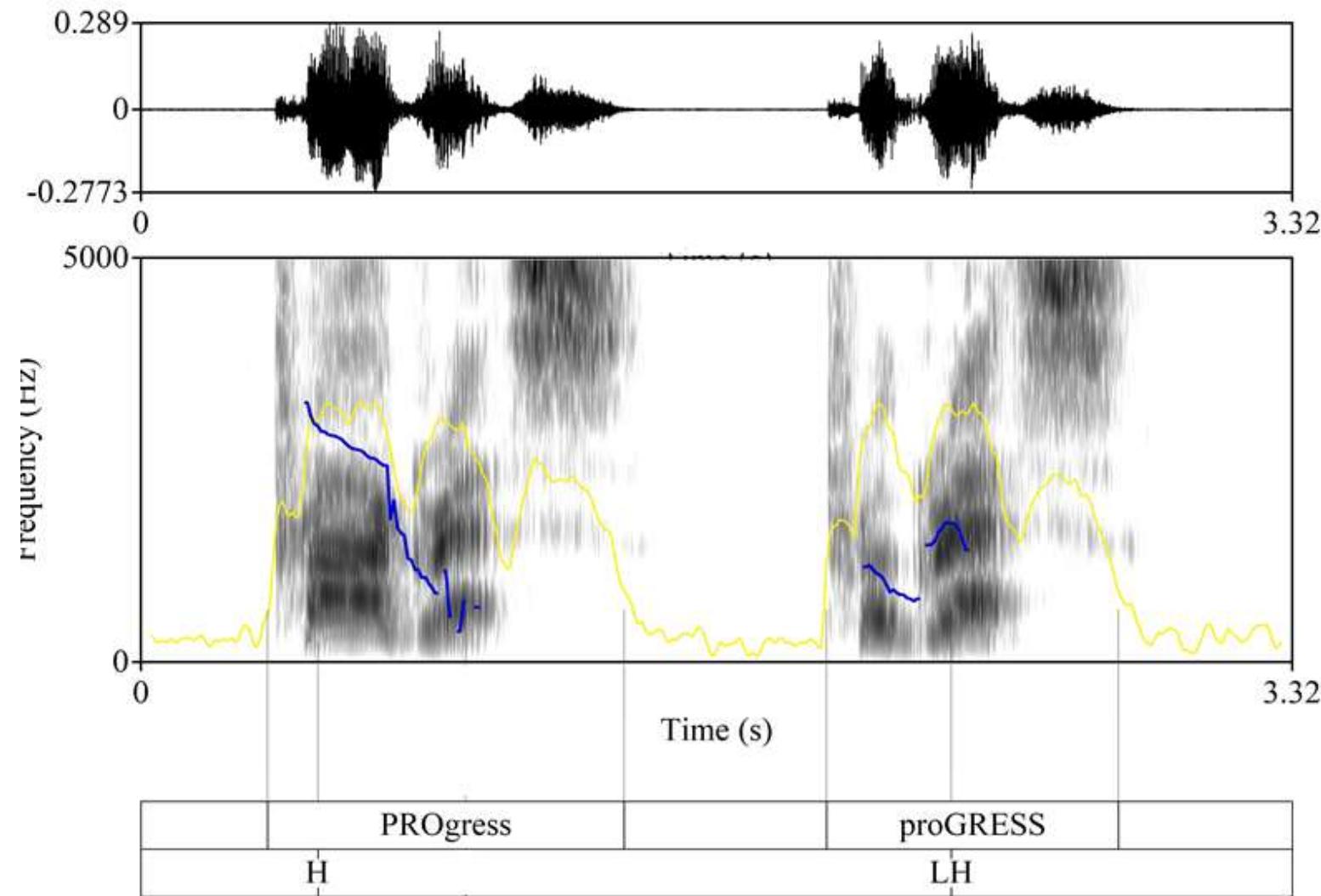
*“Certa vez, quando um leão, o rei da selva dormia, um ratinho  
começou a subir e descer sobre ele (...)"*



Prosódia - L2



Um experimento de acento lexical com mensuração de intensidade e F0 (adaptado de Lehiste e Peterson, 1959, p.434)



## Referências (e sugestões\*)

- Barbosa, P.; Madureira, S. **Manual de fonética acústica experimental. Aplicações a dados do português brasileiro.** Campinas: Cortez, 2015. Disponível em: <https://www.cortezeditora.com.br/produto/manual-de-fonetica-acustica-experimental-1781>
- Boersma, P; Weenink, D. **Praat: doing phonetics by computer** (Version 6.1), 2021. Disponível em: <http://www.praat.org>
- Camargo, Z. Madureira, S. Voice quality analysis from a phonetic perspective: Voice Profile Analysis Scheme Profile for Brazilian Portuguese (BP- VPAS). **Proceedings of the 4th Conference on Speech Prosody, 2008.** Campinas:.. p 57-60. 2008.
- Cristófaro, T. **Fonética acústica: Os sons do português brasileiro.** São Paulo: Contexto, 2019.\*
- Escudero, P.; Boersma, P.; Rauber, A.; Bion, R. A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 126, n. 3, p. 1379-1393, 2009.
- Ladefoged, P.; Disner, S. **Vowels and consonants.** West Sussex: Wiley Blackwell, 2012.\*
- Ladefoged, P.; Johnson, K. **A course in phonetics.** Wadsworth: Cengage Learning, 2011.\*
- Lehiste, I. **Suprasegmentals.** Cambridge: MIT Press, 1970.
- Lehiste, I.; Peterson, G. Vowel amplitude and phonemic stress in American English. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 31, p. 428-435, 1959.
- Poton, A. Como funciona a audição? [Blog Jaleko Acadêmico], Disponível em: <https://blog.jaleko.com.br/como-funciona-a-audicao/>
- Quatieri, T. **Discrete-Time Speech Signal Processing: Principles and Practice.** Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.
- Silva Jr., L. **VowelPlot.** (Portuguese version) [Script para Praat], 2023. Disponível em: [https://github.com/leonidasjr/VowelCode/blob/main/VowelPlot\\_PortugueseVersion.PSC](https://github.com/leonidasjr/VowelCode/blob/main/VowelPlot_PortugueseVersion.PSC)
- Silva Jr. L. **Sotaque Estrangeiro & Prosódia de L2: implicações cognitivas, atitudinais e sociais.** Centre for Cognitive and Brain Sciences, Faculty of Humanities and Arts, Macau University, China (Centro de Ciências Cognitivas e Cerebrais, Faculdade de Letras, Universidade de Macau – UM). Macau, China, 2022.
- Silva Jr. L. Introdução ao uso do software Praat. **Projeto ‘Tardes em Linguística’.** Programa de Pós-graduação em Linguística, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo: 2020.

# Referências sugeridas para uso do Praat

- **Abralin EaD: Introdução ao uso do Praat** (*Plínio Barbosa – 10 aulas*)  **ABRALIN EAD**  
<https://ead.abralin.org/course/view.php?id=14>
- **Plínio Barbosa** (canal no YouTube): 
  - **Usando o Praat** (playlist com 10 aulas de como usar o Praat):  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PL0d036y-KYM5Q75JCD5-RqUHezbr4gfWO>
- **Listen lab** (canal no YouTube): <https://www.youtube.com/@listenlab6528> 
  - **Speech Acoustics** (playlist):  
[https://www.youtube.com/watch?v=fP344rFDduA&list=PL6niCBwOhjHhQFfl88fQfdLgiD7QaShBo&ab\\_channel=ListenLab](https://www.youtube.com/watch?v=fP344rFDduA&list=PL6niCBwOhjHhQFfl88fQfdLgiD7QaShBo&ab_channel=ListenLab)
  - **Praat** (usando exaustivamente o Praat: do zero até análises mais avançadas):  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PL6niCBwOhjHga4bCS83VJ2uKzQ8ZjEVeG>
- **Fonética e Fonologia** (Thaís Cristófaro): <https://fonologia.org/>
  - **FONÉTICA ACÚSTICA**: <https://fonologia.org/fonetica-acustica/>
  - **Praat**: <https://fonologia.org/fonetica-acustica-praat/>
  - **Links e tutoriais**
    - **Manual de como usar o Praat**: [https://fonologia.org/wp-content/uploads/2021/05/Praat\\_instructions\\_TC\\_28Jul21\\_MF.pdf](https://fonologia.org/wp-content/uploads/2021/05/Praat_instructions_TC_28Jul21_MF.pdf)
    - **Manual de como fazer etiquetagens no Praat**: [https://fonologia.org/wp-content/uploads/2021/07/Praat\\_tiers\\_MF\\_29Jul21.pdf](https://fonologia.org/wp-content/uploads/2021/07/Praat_tiers_MF_29Jul21.pdf)