



Universidade de Brasília
Instituto de Letras
Departamento de Linguística, Português e Línguas Clássicas
Programa de Pós-Graduação em Linguística

PERCEPTUAL-CENTER:
PARA O ESTUDO DE FATORES FONÉTICOS E RÍTMICOS
NA SINCRONIZAÇÃO FALA-METRÔNOMO

Edinizis Belusi de Melo

Brasília
-2016-

EDINIZIS BELUSI DE MELO

PERCEPTUAL-CENTER:

PARA O ESTUDO DE FATORES FONÉTICOS E RÍTMICOS NA
SINCRONIZAÇÃO FALA-METRÔNOMO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Linguística do Departamento de Linguística, Línguas Clássicas e Português da Universidade de Brasília como requisito para obtenção do título de Mestre em Linguística

Orientadora: Profa. Dra. Aveliny Mantovan Lima-Gregio

Co-orientador: Prof. Dr. Pablo Arantes

BRASÍLIA

- 2016 -

EDINIZIS BELUSI DE MELO

**PERCEPTUAL-CENTER:
PARA O ESTUDO DE FATORES FONÉTICOS E RÍTMICOS NA
SINCRONIZAÇÃO FALA-METRÔNOMO**

Banca Examinadora

Profa. Dra. Aveliny Mantovan Lima-Gregio
Universidade de Brasília - UnB
Orientadora e Presidente da banca

Prof. Dr. Plinio Almeida Barbosa
Universidade Estadual de Campinas
Membro titular da banca / Examinador externo

Prof. Dr. Thiago Chacón
Universidade de Brasília
Membro titular da banca / Examinador interno

Profa. Dra. Daniele Marcelle Granier
Universidade de Brasília
Suplente

Aos meus pais.

“A fé e a razão constituem como que as duas asas pelas quais o espírito humano se eleva para a contemplação da verdade.

Foi Deus quem colocou no coração do homem o desejo de conhecer a verdade e, em última análise, de O conhecer a Ele, para que O conhecendo e amando, chegue à verdade plena sobre si mesmo.”

São João Paulo II.

Agradecimentos

A Deus, fonte e princípio de todo bem e de toda sabedoria. Sua vontade santa me conduziu até aqui. Bendito seja!

Aos tantos amigos do céu que me ajudaram nessa jornada.

À professora Dra. Aveliny, amiga, irmã, madrinha, orientadora, companheira de jornada já há tantos anos e grande mediadora dessa realização: obrigada pelo apoio, presença, orientação e compreensão quando eu não pude corresponder como precisava. Você tem meu carinho, minha admiração e meu apoio sempre!

Ao professor Dr. Pablo Arantes: sua orientação foi essencial para que eu conseguisse construir o raciocínio que delineou esse trabalho. Obrigada pela disponibilidade em trabalhar sobre os dados estatísticos e a paciência e dedicação em repassar conosco os resultados tantas vezes.

Ao professor Dr. Plínio Barbosa: busquei seus artigos científicos, mas encontrei sua alma! Que presente eu ganhei! Seu apoio foi crucial – no sentido mais profundo e literal dessa palavra. Obrigada por tudo!!!

Aos meus pais e minha família: devo quem sou ao amor e apoio de vocês. Obrigada pelo incentivo, pelo sacrifício que sempre fizeram por mim, por compreenderem minha ausência. Amo vocês!

Ao Leonardo, grande responsável pela minha vinda para Brasília: você acreditou em mim, quando eu não acreditava. Serei sempre grata!

À Dom Justino, que conseguiu me “devolver aos trilhos”! Assim fui capaz de concluir esse trabalho.

Aos queridos Marília e Paulo Jacobina: obrigada por me acolherem e ampararem. Vocês se tornaram minha família em Brasília.

Aos muitos amigos que ganhei em Brasília: a presença de vocês é um dom!

Aos amigos que estão longe: saudades...

A todos que colaboraram, ajudaram, apoiaram, intercederam: impossível mencionar todos. Recebam minha gratidão!

RESUMO

Os sons da fala, considerados de maneira encadeada, podem ser entendidos como uma série de eventos articulatórios que se sucedem no tempo. Este estudo busca compreender os aspectos rítmicos da fala por meio de um experimento que associa a produção de sílabas às batidas de um metrônomo, e baseia-se no conceito de um possível centro perceptivo (P-Center) que nortearia essas produções. O estudo apoia-se na teoria dos sistemas dinâmicos que leva em conta a variável tempo nos aspectos em que ela se relaciona com a produção de fala. A observação dinâmica do comportamento nesse experimento permitiu verificar que o sujeito mantém sincronia mais precisa entre sua produção e o metrônomo nas taxas mais lentas do metrônomo e que a variação das taxas tem importante reflexo sobre o comportamento do falante. O estado preferencial do sistema – o atrator silábico – é a transição consoante-vogal, que é preferencialmente alinhada à batida do metrônomo.

Palavras-chave: prosódia; ritmo da fala; p-center

ABSTRACT

The sounds of speech, considered in a connected way, can be understood as a series of articulatory events that follow one another in time. This study aims at understanding the rhythmic aspects of speech by means of an experiment that combines the production of syllables to the beats of a metronome, and is based on the concept of a possible perceptual center (P -Center) that would guide these productions. The study relies on the theory of dynamical systems that takes into account the time as a variable in the aspects in which it relates to the production of speech. The dynamic observation of behavior in this experiment showed that the speaker maintains a more precise synchrony between their production and the metronome in slower rates of the metronome and that the variation of rates has an important reflection on the speaker's behavior. The preferred state of the system - the syllabic attractor - is the consonant-vowel transition, which is preferably aligned with the metronome beat.

Key words: prosody, rhythm of speech, p-center

SUMÁRIO

Lista de ilustrações	9
Lista de gráficos	10
Lista de abreviaturas	12
Lista de siglas	13
1. Introdução	14
2. Objetivos	16
3. Justificativa	17
4. Revisão de Literatura	18
4.1. Percepção Temporal	18
4.2. Estruturas neurais relacionadas à percepção do ritmo	28
4.3. Aspectos linguísticos da organização do ritmo	31
4.3.1. Modalidades de ritmo da fala	31
4.3.2. Aspecto articulatórios da organização do ritmo: o atrator silábico.....	33
4.3.3. Perceptual center	39
5. Metodologia	44
5.1. Análise dos dados	45
5.2. Análise estatística	49
6. Resultados e discussão	51
6.1. Sincronismo de períodos e sincronismo de fases	51
6.2. Duração das consoantes e das vogais	56
7. Considerações Finais	65
Referências.....	66
Anexos	67
Anexo A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	70
Anexo B – Autorização	72
Anexo C – Script “Duration.praat”	73
Anexo D – Script “Delta_to_phase.praat”	77
Anexo E – Script “v-to-v_periods.praat”	79
Anexo F – Gráficos	81

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sincronia de fase e de período	33
Figura 2 – Análise de /li/ 30-300	44
Figura 3 – Análise de /ma/ 30-300	45
Figura 4 – Análise de /pa/ 30-300	45
Figura 5 – Análise de /se/ 30-300	46
Figura 6 – Duração das consoantes e vogais aumentadas - produção de fala ocupando todo o intervalo das batidas do metrônomo	60
Figura 7 - Duração das consoantes e vogais diminuídas em taxas mais lentas	60

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Sincronia de período entre a produção da Sílabas /li/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 bpm	51
Gráfico 02 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /ma/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 bpm	51
Gráfico 03 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /li/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 e 30-300 bpm	52
Gráfico 04 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /ma/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 e 300-30 bpm	53
Gráfico 05 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /pa/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 e 300-30 bpm	53
Gráfico 06 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /se/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 e 30-300 bpm	53
Gráfico 07 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 30-300-30 bpm	55
Gráfico 08 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 30-300-30 bpm	56
Gráfico 09 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 300-30-300 bpm	56
Gráfico 10 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 300-30-300 bpm	56
Gráfico 11 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 30-300-30 bpm	57
Gráfico 12 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 30-300-30 bpm	57
Gráfico 13 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 300-30-300 bpm	57
Gráfico 14 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 300-30-300 bpm	58
Gráfico 15 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /se/ na taxa de 30-300-30 bpm	58

Gráfico 16 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /sɛ/ na taxa de 30-300-30 bpm 59

Gráfico 17 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /sɛ/ na taxa de 300-30-300 bpm 59

Gráfico 18 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /sɛ/ na taxa de 300-30-300 bpm 59

LISTA DE ABREVIATURAS

P-center	Perceptual Center
CV	Consoante-Vogal
ms	milissegundos
s	segundos
MMN	Mismatch negativity
PSU	Perceptual sense unit
TSD	Teoria dos sistemas dinâmicos
VV	Unidade vogal-a-vogal
V1	Primeira vogal
bpm	Batidas por minuto
C	Consoante
V	Vogal

LISTA DE SIGLAS

ASHA	American Speech-Language-Hearing Association
CEP-IH	Comitê de ética em pesquisa – Instituto de humanas
IEL-UNICAMP	Instituto de estudos da linguagem – Universidade de Campinas
UNB	Universidade de Brasília

1. INTRODUÇÃO

A percepção do tempo, e de variações de eventos ao longo dele, é algo que faz parte de nossa rotina, inclusive nas atividades que envolvem a língua. Entretanto, apesar da passagem do tempo ser percebida, não está claro se esta percepção pode ser considerada como o resultado de um sentido primário ou uma abstração inferida a partir de percepções mais elementares, tais como eventos (GRONDIN, 2001).

Os sons da fala, considerados de maneira encadeada – assim como ocorre na fala espontânea, por exemplo – podem ser entendidos como uma série de eventos articulatórios de curtíssima duração. Nesse sentido, alguns estudos têm sido realizados com o intuito de compreender os mecanismos de percepção e produção de tais eventos, especialmente com relação aos fenômenos rítmicos. Na tentativa experimental de quantificar a percepção do tempo, surge há cerca de trinta anos, o conceito de um possível centro perceptivo (do inglês, *Perceptual Center*, ou, de forma abreviada, P-center). Assim como inicialmente definido, o P-center pode ser entendido como o momento específico hipotético em que um breve evento pode ser percebido, ao longo de sua extensão no tempo; a percepção daquilo que seja regular em uma sequência perceptualmente regular de sons da fala (MORTON, MARCUS e FRANKISH, 1976). A partir desse conceito, é possível entender a vantagem de associar a investigação do P-center à compreensão dos aspectos rítmicos da fala. Para Villing (2010), o conhecimento do P-center permite medições mais precisas a respeito do ritmo.

Uma das formas de compreender a associação entre P-center e ritmo da fala, é conceber a fala como um fluxo contínuo de produção de unidades linguísticas do tamanho da sílaba. A percepção da regularidade temporal dessas unidades, entendida como isocronismo na fala, não se dá de forma absoluta “porque o ritmo da fala é construído na inter-relação entre regularidade e estruturação” (BARBOSA, 2006, p. 61). Apesar disso, informações importantes sobre a interação dinâmica dos processos sensoriais e motores – percepção e produção – podem ser fornecidas por meio de tarefas de sincronização, nas quais o participante é solicitado a fazer uma ação (que pode ser de natureza linguística, como a produção de sílabas) paralelamente a uma entrada sensorial externa. Exemplos deste tipo de tarefa, quando relacionada à fala, são os experimentos de fala-metrônomo, que unem a produção de sílabas pelo sujeito ao mesmo tempo em que ele percebe a sincronização da sua sequência de sílabas com as batidas do

metrônomo, assim como nos estudos realizados por Pompino-Marschall (1989) para sincronização fala-metrônomo. Uma interpretação possível para os resultados de experimentos deste tipo é que o desempenho dos participantes nestes experimentos revela a regularidade de um oscilador acentual¹ subjacente, no qual seus pulsos devem se alinhar com os *onsets* das vogais acentuadas (BARBOSA, 2006). Segundo essa interpretação, o que ocorre, na verdade, é o sincronismo dos cliques com o P-center, que fica na vizinhança da transição Consoante-Vogal (CV).

Essa transição é salientada, provavelmente, pela diferença das informações acústicas entre esses segmentos, que o nosso sistema apreende e associa às informações *top down*². Essa ‘saliência’ acústica da transição, torna-se o atrator da organização rítmica. A esse ‘local’ perceptual dá-se o nome de *p-center*.

A observação dinâmica deste comportamento via experimento fala-metrônomo, pode permitir a verificação das situações em que o falante é capaz de manter maior sincronia entre a produção de fala e o metrônomo e estabelecer padrões de variação, já que estudos preliminares apontaram para um melhor desempenho quando a velocidade das batidas do metrônomo foi mais próxima da taxa habitual do falante (BARBOSA, 2006). Portanto, a hipótese do presente trabalho é a de que o estado preferencial (atrator) do sistema é o alinhamento (zero grau de defasagem) entre a transição CV e a batida do metrônomo.

¹ O oscilador acentual é um componente do modelo de ritmo da fala proposto por Barbosa (2004) e trata da sucessão dos acentos frasais, isto é, das proeminências quase periódicas ao longo de um enunciado e delimitadoras dos grupos acentuais, cujas amplitudes e desvios da periodicidade são determinados por níveis linguísticos mais elevados – informação sintática, semântica e discursiva.

² Uma abordagem *top-down* é essencialmente a fragmentação de um sistema para promover compreensão da composição de seus subsistemas.

2. OBJETIVOS

2. Estudar os aspectos referentes à percepção e produção de ritmo de fala.

2.1. Estudar as situações que permitem a coincidência entre a batida do metrônomo e a transição consoante-vogal.

2.2. Evidenciar as condições de estabilidade e instabilidade do sistema formado entre o metrônomo e a produção silábica síncrona para o sujeito.

3. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho contribui para o conhecimento dos aspectos dinâmicos da percepção e produção da fala, a partir de um experimento que propõe uma tarefa de coordenação entre uma tarefa de produção e percepção de estímulos com estrutura temporal. Assume-se aqui, que os padrões perceptuais e cognitivos acontecem no mesmo nível.

O domínio das pesquisas relacionadas ao conhecimento de padrões de ritmo de fala é em extremo importante para a compreensão de como efetivamente acontece a percepção temporal da fala e sua conseqüente organização. O modelamento dinâmico do ritmo da fala, conforme proposto por Barbosa (2006), possibilita abordar o estudo dos padrões duracionais dos enunciados de uma língua a partir da consideração de seus níveis temporais.

Esse tipo de estudo pode servir tanto à construção teórica da compreensão dos aspectos da fala expandindo sua conceituação, quanto à elaboração de modelos que sirvam a outras áreas de conhecimento além da linguística, tais como as ciências da saúde, dedicadas à reabilitação da fala ou mesmo para as ciências exatas na construção de modelos humanos virtuais, conforme sugerido por Villing (2010).

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. PERCEPÇÃO TEMPORAL

A proposta de um experimento que integre a percepção de padrões rítmicos e uma consequente produção apoiada nessa percepção, exige a compreensão de como acontecem esses dois processos. Buscamos, a partir daqui, evidenciar possíveis descrições para os processos perceptuais dos padrões de ritmo de fala.

Além do que se sabe sobre a arquitetura cerebral envolvida na percepção de padrões rítmicos, muito se tem investigado a respeito de como essas estruturas processam essas informações. O conhecimento referente à percepção das variações do som em função do tempo provém, em grande parte, dos estudos das funções auditivas, especialmente do conhecimento relativo ao processamento auditivo central, das habilidades de processamento temporal da informação auditiva.

De acordo com a ASHA (1996), o processamento auditivo se dá a partir dos mecanismos do sistema auditivo e do fenômeno comportamental que o acompanha: localização e lateralização do som; discriminação auditiva; reconhecimento de padrões auditivos; aspectos temporais da audição (resolução temporal, mascaramento temporal, integração temporal, ordenação temporal); desempenho com sinais acústicos competitivos e desempenho com sinais acústicos degradados.

Ao receber uma informação auditiva o sistema nervoso auditivo faz uma série de análises desses componentes. O córtex distingue sons complexos, inibe respostas inadequadas, detecta de onde provém o estímulo sonoro, identifica as nuances que o acompanham e associa informações da experiência pessoal do indivíduo, despertando emoções e construindo conhecimento. É função também do córtex elaborar e preparar as respostas aos estímulos recebidos. Pereira (2007) apresenta um modelo biológico interativo de processamento auditivo contendo dez passos: receber uma informação auditiva e transformá-la em uma representação mental; tomar consciência; usar inteligência para interpretar com base na cultura, época da história, contexto; usar todo o conjunto de estruturas do sistema nervoso para rever a interpretação; sentir e se emocionar; aceitar o sucesso da interpretação; viver a emoção que acompanha essa interpretação; consolidar a experiência, memorizar e adquirir conhecimento. A autora

define o processamento auditivo central como a capacidade de detectar um evento acústico e codificar padrões de informação neural para transformação numa representação mental a fim de ser conscientizada, organizada, classificada e por fim armazenada para a formação de conhecimento.

Para Muniz et al (2007), os componentes neurobiológicos da audição envolvem grande complexidade de eventos e diversas inter-relações no sistema nervoso central. Os processos e mecanismos do sistema auditivo relacionam-se com a percepção dos sinais verbais e não verbais da linguagem influenciando as funções mais elevadas do aprendizado. As vias auditivas constam de redes neuronais complexas, assim como de funções mentais superiores e desvios ou dificuldades em determinadas conexões podem frustrar ou mesmo impedir o aprendizado de certos conhecimentos que têm como origem o som. Esses autores lembram ainda que a percepção auditiva, parte do processamento auditivo, precisa ser estimulada – como quase todos os processos neurológicos, pois as habilidades auditivas dependem de estímulos constantes e progressivos, que favoreçam o desenvolvimento da compreensão de qualquer som verbal, bem como dos sons não verbais e das informações suprasegmentais presentes na fala. Para compreensão do que é dito, faz-se necessário o perfeito funcionamento desse sistema auditivo central.

As baterias de testes destinadas a identificar as alterações do processamento auditivo descrevem vários mecanismos fisiológicos auditivos. Especialmente, Pereira (2010) descreve sete mecanismos: discriminação da direção da fonte sonora; discriminação de sons em sequência; processamento temporal; reconhecimento de sons fisicamente distorcidos; reconhecimento de sons verbais em escuta monótica ou dicótica e reconhecimento de sons não verbais em escuta dicótica. Deter-nos-emos a partir daqui, no mecanismo de processamento temporal da informação auditiva (também chamada resolução temporal), pois ele é a base para a percepção de padrões rítmicos.

Segundo Ishii et al (2006), reconhecer e identificar os padrões auditivos exige a participação de muitos processos perceptuais e auditivos, como a percepção correta das variações dos elementos acústicos e da ordenação temporal dos mesmos. A resolução temporal seria a capacidade de detectar intervalos de tempo entre estímulos sonoros ou detectar o menor tempo que um indivíduo possa discriminar entre dois sinais audíveis (PHILLIPS ET AL., 2000; SHINN, 2003). A ASHA (1996) define a habilidade auditiva de resolução temporal como um dos aspectos do processamento temporal, que se encontra entre aqueles comportamentos que são denominados processamento auditivo central. Samelli e Schochat (2008) afirmam que o processamento auditivo temporal é a

percepção do som ou da alteração do som dentro de um período restrito e definido de tempo, ou seja, a habilidade de perceber ou diferenciar estímulos apresentados em rápida sucessão.

A resolução temporal refere-se à habilidade para detectar mudanças no estímulo em função do tempo, como, por exemplo, a capacidade de detectar mudanças de um som para outro, discriminando se são dois ou um único som (BALEN et al, 2009; ZAIDAN et al, 2008). A integração temporal se relaciona à habilidade do sistema auditivo em adicionar informações em função do tempo, com o objetivo de acentuar a detecção ou discriminação do estímulo. O processamento temporal é o processamento do sinal acústico em função do tempo de recepção e se relaciona com inúmeras etapas de escuta cotidiana, que incluem a percepção de fala, a ordem de eventos, se há vozeamento dos fones, a discriminação de palavras similares, a duração e ordenação das consoantes (BALEN et al, 2009).

Para Azzolini e Ferreira (2010) o processamento temporal é a capacidade de processar eventos acústicos mínimos necessários à percepção da fala (para discriminação dos traços de sonoridade e duração das consoantes) e da música (percepção das notas musicais e escalas). Zaidan et al (2008) concordam com essa informação considerando o processamento temporal uma habilidade fundamental na percepção auditiva de sons verbais e não verbais, na percepção de música, ritmo e na discriminação de *pitch*, e de duração de segmentos.

As habilidades do processamento temporal são a base do processamento auditivo, especificamente no que concerne à percepção de fala, e muitas características da informação auditiva são, de alguma forma, influenciadas pelo tempo. A codificação sensorial da informação temporal como duração, intervalo e ordem de diferentes padrões de estímulo provê informações vitais para o sistema nervoso. Estas pistas regem o processamento temporal e são importantes para a percepção da fala e da música, pois a estrutura destes dois eventos apresenta-se como rápidas mudanças do sinal acústico em função do tempo (SAMELLI e SCHOCHAT, 2008).

A habilidade de ordenação temporal de frequências e de durações é utilizada para analisar aspectos prosódicos da fala como ritmo, acentuação e entoação. A decodificação da mensagem falada envolve a análise de vários componentes do sinal, incluindo os componentes acústicos, fonéticos, fonológicos, lexicais, suprasegmentais, sintáticos e semânticos. Para que isso aconteça, as pistas acústicas de frequência, de intensidade e de

tempo devem ser processadas de forma precisa pelo sistema auditivo (BALEN et al, 2009).

De acordo com Frota e Pereira (2004) as funções do sistema nervoso auditivo central são influenciadas pela sequência dos eventos acústicos que se sucedem no tempo e o padrão de atividade neural seria fortemente mediado pela informação temporal precisa. A percepção de eventos acústicos em função do tempo necessariamente depende de respostas comportamentais e o processamento destas respostas ocorre em nível mais central, em áreas corticais localizadas no lobo temporal do encéfalo, envolvidas na percepção de padrões sequenciais de estímulos. Segundo as autoras, a sequencialização temporal seria uma função que envolve a percepção e processamento de dois ou mais estímulos auditivos em sua ordem de ocorrência no tempo, sem dúvida, uma das mais básicas e importantes funções do sistema nervoso auditivo central. Acredita-se que ambos os hemisférios cerebrais estariam envolvidos na sequencialização temporal. Provavelmente, o hemisfério esquerdo seria o responsável pelo processamento da linguagem, tanto em indivíduos destros, como em alguns sinistros ou canhotos, enquanto o hemisfério direito seria o responsável pelas funções de decodificação do padrão do contorno acústico (entoação, tonicidade e ritmo) também essenciais para a sequencialização temporal – além da participação da memória de curto prazo – para que a sequência seja processada.

Outros autores afirmam que a codificação da informação temporal deve ocorrer, também, em nível mais periférico, no tronco cerebral (PINHEIRO E MUSIEK, 1985). Para esses autores, o hemisfério esquerdo é analítico e importante para a sequencialização serial da informação temporal e seria capaz de comparar ou analisar as inter-relações entre os componentes das sequências.

Diversos outros autores analisaram a capacidade que possuímos de perceber eventos ao longo do tempo, não só auditivamente, mas sob todas as possibilidades dos sistemas sensoriais diversos. Há certa divergência a respeito de como acontece essa percepção: há estruturas neurais específicas capazes de perceber o ‘tempo’? Ou essa percepção seria uma ‘construção mental’?

Não possuímos um sistema sensorial dedicado à noção de tempo, como possuímos para outras percepções como a visual, olfativa ou proprioceptiva, por exemplo. No entanto, muitas percepções e nossas ações em resposta a essas percepções, são agudas e dependentes da representação precisa de tempo. Os termos ‘tempo’ e ‘processamento

temporal' abrangem uma vasta gama de fenômenos, incluindo a simultaneidade, a ordem temporal e a percepção de duração (IVRY e SCHLERF, 2008).

Ivry e Schlerf (2008) destacam que esse posicionamento a respeito da percepção do tempo pode ser abordado sob duas propostas explicativas. A primeira hipótese, é a de que haveriam mecanismos e estruturas neurais dedicadas à percepção do tempo. Alternativamente, a representação de duração poderia ser onipresente, decorrente da dinâmica intrínseca de mecanismos neurais não dedicados. Nestes modelos, a duração pode ser codificada diretamente através da quantidade de ativação de processos sensoriais ou como padrões espaciais de atividade em uma rede de neurônios.

A questão central aqui é: a nossa percepção da passagem do tempo é a consequência de mecanismos neurais dedicados como um relógio? Ou esta duração é codificada de forma acessível como uma propriedade intrínseca e onipresente da atividade neural? (IVRY e SCHLERF, 2008)

Modelos dedicados de percepção do tempo são, em sua essência, modulares. Como os cientistas falam de mecanismos da visão dedicados à cor ou percepção do movimento, modelos modulares de percepção do tempo implicam algum tipo de mecanismo especializado que representa a relação temporal entre os eventos. Em modelos dedicados as representações de eventos em função do tempo são vistos como especializações, exclusivas para estruturas neurais específicas, que proporcionam uma cronotopia funcional que é recrutada em diversos domínios de tarefas. Uma motivação para modelos dedicados vem da observação de que o nosso sentido da passagem do tempo parece transcender a modalidade sensorial de um estímulo. Podemos comparar a duração de um tom com uma luz ou metricamente reproduzir a duração de um estímulo visual com uma tecla. A maneira fácil com que comparamos o tempo através de diferentes modalidades sugere algum tipo de relógio interno. Estudos utilizando sincronismo entre percepção e ação parecem corroborar essa hipótese. Medidas estatísticas de variabilidade ou dispersão costumam ser proporcionais à duração média, e quando as tarefas são adequadamente acompanhadas – tornam-se síncronas – essa proporção é semelhante para a percepção e a ação. Estes resultados apontam para um sistema dedicado para o sincronismo (IVRY e SCHLERF, 2008), conforme descrevemos anteriormente.

A base de um modelo dedicado é a hipótese de temporização cerebelar. Os doentes com patologia cerebelar são prejudicados em uma série de tarefas que exigem o sincronismo preciso, incluindo tarefas de percepção, como julgar a duração de tons breves ou categorizar os sons da fala que variam em duração. A hipótese de sincronismo

também fornece princípios para especificar a contribuição do cerebelo à aprendizagem sensório-motora: esta estrutura seria essencial quando aprender exige a representação da relação temporal entre eventos, como no condicionamento de piscar de olhos. Consistente com uma perspectiva modular, a hipótese de temporização cerebelar baseia-se no pressuposto de que o cerebelo possui uma capacidade de representação singular e é acessado sempre que uma determinada tarefa requer temporização precisa. Argumentos similares foram desenvolvidos para outras regiões neurais que podem servir como sistemas de cronometragem dedicados (gânglios basais, área motora suplementar e córtex pré-frontal, especialmente no hemisfério direito). Pacientes com lesões abrangendo uma dessas regiões particulares podem ser prejudicados em julgar a duração de um estímulo auditivo ainda que não mostrem problemas em julgar outras características acústicas. Estas dissociações, seja decorrente de lesões ou da utilização de fármacos, favorecem a hipótese de estruturas e mecanismos dedicados ao processamento temporal. Outros modelos dedicados evitam problemas de localização postulando que a representação dos resultados da atividade temporal se dá através de uma rede de regiões. No âmbito de tais modelos, a operação de algumas áreas pode ser específica para distribuição, enquanto que outras áreas podem fornecer funções mais gerais (por exemplo, memória de trabalho para armazenar informações temporais). Patologia em qualquer nó dessa rede iria perturbar o desempenho em tarefas temporais (IVRY e SCHLERF, 2008).

Estudos recentes têm promovido uma visão mais genérica de cronometragem, que Ivry e Schlerf (2008) chamam de ‘modelos’ intrínsecos. Tais modelos oferecem uma perspectiva radicalmente diferente na percepção de tempo. Eles assumem que não existe um sistema cerebral especializado para representar informação temporal, afirmando que o tempo é inerente à dinâmica neural. Numa classe de modelos, esta propriedade pode ser limitada às regiões neurais que são capazes de sustentar a sua atividade na ausência de estímulos sensoriais. Por exemplo, em tarefas de resposta retardada, a duração pode ser codificada na atividade de neurônios que proporcionam uma representação da memória de trabalho do estímulo ou do tempo até a resposta.

Nessa perspectiva, o tempo pode ser onipresente e surgir como parte de uma modalidade específica de processamento. Assim, perceber a duração de um evento visual iria depender da dinâmica de neurônios em regiões visuais do cérebro enquanto a mesma duração de um evento auditivo vai depender de operações semelhantes em regiões auditivas. Esta ideia contrasta com os conceitos dos modelos dedicados (IVRY e SCHLERF, 2008).

A pesquisa neuropsicológica geralmente promove modelos em que o tempo é representado por sistemas neurais dedicados. Uma característica interessante desses modelos é que eles são responsáveis por características supramodais de percepção do tempo e fornecem uma base de princípios para a ligação de processamento temporal em ação, percepção e cognição. Modelos intrínsecos devem ter em conta alguns dos fenômenos que forneceram o ímpeto inicial para modelos dedicados. Além disso, muitos dos efeitos agora tomados como evidência em favor de mecanismos intrínsecos podem, na realidade, ser demonstrações de como informações não temporais podem influenciar o desempenho em tarefas de percepção temporais. Processos relacionados a registro sensorial, atenção e tomada de decisão continuam a ser relevantes, independentemente de uma representação cortical específica (IVRY e SCHLERF, 2008).

De outro lado, do ponto de vista de Pöppel (1989), a percepção do tempo pode ser descrita por meio de um sistema hierárquico, no qual diferentes experiências temporais elementares são incorporados em níveis diferentes. Essa percepção temporal compreende fenômenos como simultaneidade, sucessividade, ordenação temporal, presente subjetivo (percebido como o ‘agora’), antecipação, continuidade temporal e a duração. Embora esses fenômenos apareçam independentes, uma estrutura interna – ou hierarquia – os relaciona entre si.

O autor afirma que a habilidade mais básica é a nossa capacidade de discriminar entre simultaneidade e não simultaneidade de estímulos e cada sistema sensorial (visual, auditivo, tátil) possui um limiar de sensibilidade à não simultaneidade dos estímulos. A resolução temporal visual, por exemplo, é dez vezes menos sensível que a auditiva. Cada sistema sensorial tem o seu próprio mecanismo de transdução³, e o tempo necessário para a transdução parece ser responsável pela resolução temporal do sistema (PÖPPEL, 1989; SPENCE e SQUIRE, 2003).

A detecção de não simultaneidade de estímulos, no entanto, não é suficiente para indicar a sua ordem temporal. Se um sujeito ouve dois cliques com um atraso de 5 ms entre eles, ele sabe que ouviu dois, mas não pode dizer qual veio primeiro. São necessários cerca de 30 ms ou mais para identificar a ordem temporal dos eventos auditivos. A habilidade relacionada à sucessão ou ordenação temporal tem uma posição mais elevada na taxonomia hierárquica de percepção do tempo, porque há um mecanismo adicional no trabalho (PÖPPEL, 1989).

³Transdução se refere ao mecanismo que converte uma informação sensorial externa em atividade elétrica, permitindo assim que o sistema nervoso central a processe.

No próximo nível dessa taxonomia hierárquica, há novamente um mecanismo adicional (uma integração) que liga acontecimentos sucessivos separados em uma unidade. Segundo Pöppel (1989), a extensão temporal desta integração é limitada, e em média, a 3 segundos. A habilidade que é mediada por esta integração é geralmente referida como o presente subjetivo ou a sensação de "agora". Algumas outras observações também podem estar relacionadas com a hipótese de uma integração com um limite de 3 segundos. Fala espontânea em diferentes línguas (como o Inglês, Espanhol, Alemão ou chinês) é organizada de tal forma que os enunciados geralmente duram 2-3s e, em seguida, são seguidos por uma pausa que é utilizada para organizar o próximo enunciado. Aparentemente, o mecanismo de integração não permite o planejamento antecipado superior a este limite temporal. Estes dados sugerem uma integração que tem um limite temporal de apenas alguns segundos. Subjetivamente, essa integração é sugerida para ser a base para o que experimentamos como “presente” ou “agora” (PÖPPEL, 1989). Esses conceitos serão melhor esclarecidos adiante.

Em artigo mais recente, Pöppel (1997) argumenta que, embora essas experiências temporais elementares sejam hierarquicamente ordenadas, os algoritmos neurocognitivos implementados para cada uma delas é independente. Segundo o autor (*ibidem*), a percepção do “tempo” não poderia ocorrer pois não existem ‘receptores de tempo’. Ele sugere que essa percepção do tempo é obtida por meio das já explicadas experiências temporais elementares e que seria, então, uma construção mental. Tal afirmação nos remete aos já descritos “modelos intrínsecos” de percepção temporal.

Os processos cognitivos não podem ser compreendidos sem considerar sua dinâmica temporal. Ao se referir à transdução de estímulos sensoriais diversos, Pöppel (1997) relata que há – entre as diversas modalidades sensoriais: visão, audição, tato etc. – diferenças no tempo de sua transdução. O autor discute dois principais sistemas de processamento temporal independentes. Um sistema de processamento de alta frequência (que gera *quanta* de duração de 30 ms de tempo discreto). E o autor também considera um sistema de processamento de baixa frequência que configura estados funcionais de 3 segundos, e que ele acredita explicar o que sentimos como sendo o presente subjetivo. Esses dois processamentos proveem os elementos essenciais para a estimativa de duração.

Evidências para esse sistema de processamento de alta frequência vêm dos estudos de limiares de processamento temporal. Segundo Pöppel (1997), sempre que a ordem temporal de dois estímulos é indicada – independente da modalidade sensorial – um

limiar de 30 ms é obtido. Isso não significa que o sistema nervoso central não consiga perceber eventos mais curtos que 30 ms, mas que ele precisa de um intervalo de pelo menos 30 ms para perceber esses eventos como sucessivos. Este autor relata que achados de neurofisiologia demonstram que após a transdução de um estímulo, uma oscilação com um período de 30 ms é iniciada. Além disso, potenciais evocados auditivos de média latência também evidenciam um componente oscilatório com um período de 30 ms. Tais considerações se referem aos requisitos temporais mínimos, como expresso por estados do sistema, e como eles se relacionam com a identificação dos eventos. Se vários eventos têm que ser sequenciados, um mecanismo neurocognitivo tem de ser adicionado para que esses eventos sucessivos sejam rotulados com marcas de tempo. A sucessividade de dois ou mais eventos é necessária, mas não suficiente, para permitir uma representação cognitiva de uma série de acontecimentos de tal modo que cada um pode ser caracterizado por um número ordinal definindo a sua posição na sequência. De acordo com o autor, essa integridade do sistema temporal é particularmente importante para a fala, já que esta é particularmente sensível às perturbações temporais. Como exemplo Pöppel (1997) cita o fato de que afásicos tenham os limiares de ordenação temporal aumentados. Após submetidos a um treinamento temporal, esses pacientes reduziram os limiares de ordenação temporal e teriam melhoras significativas na produção de fala (PÖPPEL, 1997).

Independentemente desse mecanismo de alta frequência para identificação de eventos, um mecanismo de baixa frequência liga acontecimentos sucessivos de até 3s em unidades de percepção. O suporte para uma operação de tal ligação vem do conhecimento sobre a reprodução temporal de estímulos com duração diferente. Os intervalos de até 3s podem ser preservados mentalmente, ou apreendidos como uma unidade, o que sugere um mecanismo de integração específico (PÖPPEL, 1997).

Pöppel (1997) sugere um exemplo dessa afirmação seria a interpretação de material auditivo ambíguo, como a sequência de sílabas CU-CU-BA, onde – em apresentações de repetição – se ouve ou CUBA ou BACU. Isso sugere que, após um período de exaustão de 3s, os mecanismos de atenção são suscitados por canais sensoriais abertos para novas informações: se o estímulo físico permanece o mesmo, a interpretação alternativa do estímulo vai ganhar controle. Segundo o autor (*ibidem*), metaforicamente, a cada 3s o cérebro pergunta: ‘o que há de novo?’. Dessa forma, com estímulos não usuais, tais como material ambíguo, esses mecanismos temporais são revelados. O autor cita o estudo de Sams et al. (1993 *appud* Pöppel, 1997) feito com o *mismatch negativity* (MMN), um

exame eletrofisiológico da função auditiva, que detecta atividade neuronal, quando um estímulo diferente é introduzido numa sequência de estímulos iguais. Foi observado nesse estudo que uma amplitude maior do MMN ocorre quando os intervalos interestímulos foram de 3s. Pöppel (1997) refere que essa modulação da atividade neuronal é endogenamente determinada, sendo assim uma propriedade intrínseca da maquinaria neurocognitiva, e implica que a cada 3s o canal sensorial é mais sensível que para outros tempos de novas informações (PÖPPEL, 1997).

De acordo com Pöppel (1997), a integração temporal de até 3s é também observada no comportamento sensório-motor. Se um sujeito é solicitado a sincronizar uma sequência regular de estímulos auditivos com o movimento dos dedos, os estímulos são antecipados por algumas dezenas de milissegundos. Para o autor (*ibidem*), a antecipação do estímulo com alta precisão temporal é, contudo, possível apenas se os intervalos interestímulos forem por volta de 3s. Se o estímulo seguinte se encontra muito longe no futuro (mais de 3s), não é possível programar um movimento de antecipação que é precisamente relacionada com o estímulo. Em tais casos, movimentos tornam-se temporalmente irregulares, assíncronos. Acredita-se, com isso, que uma constante de tempo universal de 3s domina os movimentos em seres humanos que estão sob controle volitivo. Padrões de movimento de mamíferos superiores, incluindo seres humanos, estão aparentemente controlados por mecanismos neuronais homólogos que ligam automaticamente atividades sucessivas dentro de 3s. Isso explicaria a definição pragmática do presente subjetivo, que é caracterizada por uma sensação de ‘novidade’ (PÖPPEL, 1997).

4.2. ESTRUTURAS NEURAIS RELACIONADAS À PERCEPÇÃO DO RITMO

Para a produção de fala apoiada a um metrônomo, é preciso que o indivíduo seja capaz de inferir os padrões de ritmo do metrônomo para reproduzi-lo na produção de sílabas. Tal tarefa envolve um grande complexo de estruturas neurológicas e processamentos nervosos de funções superiores. Estudaremos a seguir os processos envolvidos na percepção do ritmo (como habilidade essencialmente auditiva).

O som é um tipo de energia mecânica, resultado da transmissão de energia de partículas de ar em vibração, de uma fonte sonora em direção a partes mais distantes. Zeigelboim et al (2010) dividem a neurofisiologia da audição em três etapas: atividade auditiva periférica; atividade auditiva central e processamento auditivo central.

A atividade auditiva periférica inclui a captação do som pela orelha externa e sua transmissão pelas estruturas subsequentes. O meato acústico externo transfere e amplifica o som para a orelha média. Na orelha interna, a cóclea constitui o labirinto e é responsável pela transdução de energia acústica (mecânica) em energia elétrica – única passível de processamento cerebral. A movimentação dos estereocílios das células ciliadas internas presentes na cóclea abre canais iônicos de sódio e potássio que convertem a energia mecânica das vibrações sonoras em impulsos elétricos que percorrerão o nervo auditivo até as estruturas superiores cerebrais (DOUGLAS, 2007).

O sistema nervoso auditivo central tem organização tonotópica, dependente da frequência e nem todas as fibras passam por todas as estruturas. A codificação neural do espectro acústico tem início na decomposição por frequência realizada ainda na cóclea. Há, então, a transmissão dos impulsos elétricos da cóclea, e essa organização tonotópica é preservada em canais específicos por frequência até os altos níveis do sistema nervoso. No córtex auditivo primário, neurônios distribuem-se em colunas de isofrequência, contendo um mapa tonotópico completo. Em função disso, a representação cortical do espectro acústico reside nos padrões de atividade neural evocados dentro e ao longo destas colunas de isofrequência. Desse modo, as frequências contidas no evento sonoro ativam neurônios de frequências características mais sensíveis, em faixas de isofrequência específicas (PHILLIPS e HALL, 1990; LINDEN e SCHREINER, 2003).

O córtex auditivo primário se localiza dentro da cisterna de Sylvius – região presente no lobo temporal cerebral – área primária de análise dos sons. Os neurônios corticais não são sensíveis a estímulos sonoros contínuos, diferentemente dos núcleos do

tronco cerebral, o que é importante para separar um sinal auditivo de um ruído de fundo, por exemplo. O tipo de resposta de cada célula cortical pode variar em função do espectro, intensidade e localização espacial do som. Alguns autores citam a existência da especialização hemisférica do córtex auditivo central, característica muito discutível e que estaria fortemente influenciada pelo aprendizado (LENT, 2010).

Grahn e Brett (2004), realizaram experimento a fim de examinar as regiões cerebrais envolvidas na percepção de padrões rítmicos. Os autores estudaram o cérebro de pessoas expostas a batidas de ritmos regulares e irregulares (métricas simples, complexas e não métricas). Eles acreditavam que apenas os ritmos de métricas simples ativariam a rede de sincronismo baseada em batidas (tal rede composta pela área motora suplementar e gânglios da base, de acordo com estudos anteriores), e comprovaram que essa ativação foi significativamente mais precisa nessa situação. Eles perceberam que o incremento de dificuldade confunde o julgamento motor e a preparação de resposta a partir da ativação dessa análise. Em músicos e não músicos, ritmos de métricas simples ativaram os gânglios da base e a área motora suplementar significativamente mais do que as duas outras condições. Músicos também mostraram significativamente mais ativação da área motora suplementar, da área pré-motora direita, e do cerebelo bilateral. Os autores (*ibidem*) sugerem que a estrutura de sequência é importante na percepção da batida, e que os gânglios da base e a área motora suplementar mediam a geração de uma batida interna. Formação musical parece alterar a ativação de áreas envolvidas no processamento temporal mais geral, tais como a memória de trabalho. Grahn e Watson (2013), através de técnicas de neuroimagem e investigação de grupos de pacientes neurológicos, confirmam que várias áreas motoras do cérebro respondem aos ritmos, sejam ritmos musicais regulares ou ritmos irregulares e uma resposta específica aos ritmos com uma batida é observada também nos gânglios da base. Ritmos baseados em batidas podem aumentar a atividade nos gânglios da base e, conseqüentemente, melhorar sua função em distúrbios como a doença de Parkinson, patologia em que se verifica importante alteração dos padrões rítmicos da fala.

Kuck et al. (2003) utilizaram potenciais de grande latência para determinar as estruturas corticais envolvidas em uma métrica global e a localização do processamento do ritmo, gravadas no couro cabeludo de dezoito sujeitos treinados musicalmente enquanto ouviam pares de sequências sonoras, ambas com estruturas métricas e variações rítmicas. A segunda sequência poderia ser idêntica ou diferente da primeira. As diferenças foram ou na métrica ou na estrutura do ritmo. A tarefa dos sujeitos era julgar

se as sequências eram idênticas ou não. Durante a realização da tarefa, padrões de ativação cerebral foram medidas nos sujeitos. O processamento tanto de métrica quando de ritmo produziu ativação cortical sustentada sobre as regiões bilaterais frontal e temporal. Uma deslocada ativação hemisférica direita foi nítida durante a apresentação do segundo estímulo. Diferenças no processamento do ritmo renderam uma ativação mais centroparietal comparado à métrica. Os autores (*ibidem*) sugerem que a predominância uniforme temporofrontal reflete o trabalho da memória auditiva e o módulo de cognição padrão, que participaram em ambas as tarefas. Ativações parietais mais nítidas durante o processamento de ritmo podem ser relatadas para a comutação de estratégias de resolução de tarefas de imaginação mental.

Thaut et al. (2014) investigaram se elementos rítmicos distintos (métrica, tempo e padrão) envolvem diferentes mecanismos neurais através da gravação de atividade cerebral de músicos adultos e não-músicos com tomografia por emissão de pósitrons (PET), durante a tarefa de fazerem discriminações de pares de sequências de sons rítmicos monotônicos e pares de melodias isócronos. O estudo evidenciou – tanto para métrica, quanto tempo e padrão – atividades focais em córtex frontal direito ou bilateral, cíngulo, córtex parietal, pré-frontal, temporal e córtex cerebelar. Processamento de métrica recrutou áreas corticais direitas envolvidas em diferentes tipos de processamento auditivo. Processamento de tempo envolveu córtex somatossensorial e pré-motor (ínsula posterior e giro pós-central). Processamento de melodia produziu atividade diferente das condições de ritmo (ínsula anterior direita e várias áreas do cerebelo). Estes achados sugerem componentes neurais distintos subjacentes aos componentes da estrutura rítmica.

4.3. ASPECTOS LINGUISTICOS DA ORGANIZAÇÃO DO RITMO

4.3.1. Modalidades de ritmo da fala

Linguistas, ao longo do tempo, vêm classificando o ritmo das línguas em acentual (*stress-timed*) ou silábico (*syllable-timed*). Essa classificação não é tão simples, entretanto. Roach (1982) refere a grande dificuldade de se classificar as línguas em um ou outro tipo, dado que diversas inferências baseadas puramente na percepção, não se confirmaram em experimentos que envolveram análise acústica. O autor (*ibidem*) refere que nenhuma língua pode ser exclusivamente classificada em um ritmo acentual ou silábico, e que todas podem apresentar os dois padrões de ritmo, apresentando, no entanto, um deles predominantemente. O ritmo acentual se caracterizaria por um ritmo no qual as proeminências principais, ocorrem em intervalos aproximadamente iguais, independentemente do número de sílabas átonas no meio. Nas línguas de ritmo silábico a cadência é predominantemente silábica. O ritmo do inglês, por exemplo, seria caracterizado por uma sucessão de alternância entre sílabas acentuadas e não acentuadas em que as primeiras ocorreriam a intervalos regulares de tempo (isocronismo acentual). Já outras línguas, como o espanhol se caracterizariam por uma sucessão de sílabas igualmente espaçadas no tempo (isocronismo silábico).

Kohno (2000) afirma que a dicotomia mencionada nunca é uma classificação fixa, mas uma manifestação superficial dos sistemas humanos inatos de processamento de ritmo. Seres humanos teriam dois sistemas de processamento de sequências repetitivas de sons: um holístico (tudo em um tempo; independente do tempo) e um analítico (um por um; em curso). O sistema holístico compete com um tempo rápido cujos intervalos entre batidas são menores que 330ms, e o sistema analítico corresponde a um tempo lento, cujos intervalos entre batidas são maiores que 410ms. Os dois processamentos são neuropsicologicamente diferentes um do outro, e podem ser definidos de maneira inata em cada ser humano. Segundo o autor (*ibidem*), os dois sistemas são automaticamente ativados pelas sequências de sons com tempos rápidos ou lentos respectivamente. Isso quer dizer que as sequências de sílabas em que cada sílaba é conectada com outra com menos de 330 ms de intervalo evocam o processamento holístico. Aquelas com 410 ms ou com intervalos entre sílabas mais longos evocam o

processo analítico. O processamento holístico, dá conta de sete, mais ou menos duas sílabas no seu máximo, o que corresponde ao breve espaço de tempo de memória imediata, ou memória fonológica de curto prazo. Essa também seria a base para uma “unidade de sentido perceptual” (PSU – *perceptual sense unit*), que é uma unidade de sentido dada na memória fonológica de curto prazo. Esta unidade de sentido perceptual é designada por um contorno de entonação e pausas em seus finais. O sistema analítico, por sua vez, busca as relações semânticas e gramaticais entre PSUs, lidando com elas uma por uma. A extensão de processamento do sistema analítico é, portanto, infinita.

De acordo com Kohno (2000), a menor unidade que pode ser percebida como realidade física e psíquica é chamada de sílaba e a duração da sílaba na maioria das línguas faladas, em geral não excede 330 ms, o que evoca a percepção holística dos humanos. Segundo ele, algumas línguas, entretanto, podem facilmente manifestar seus ritmos pelo sistema holístico de processamento do ritmo, e outras não, dependendo da sua constituição silábica. Em línguas como inglês, os tipos de estruturas silábicas são cheios de variedades, o que torna muito difícil proferir todas na mesma quantidade de tempo, mas no espanhol, por exemplo, a realização do isocronismo nas sílabas é relativamente fácil, porque as estruturas silábicas são mais ou menos uniformes. O sistema analítico ativa a si mesmo, reagindo à acentuação primária, que está alocada pelo menos uma vez pra cada PSU, cujo comprimento é usualmente maior que 420ms. Os PSUs são, eles mesmos, produtos do sistema de processamento holístico. Se o PSU for curto, os falantes tendem a alocar pausas entre eles, e se elas são muito longas, os falantes tendem a falar rapidamente para manter o isocronismo.

O presente estudo pensa a construção do ritmo da fala sob uma ótica mais dinamiscista, como previsto na teoria dos sistemas dinâmicos, a partir da noção de atratores cíclicos. Esses conceitos serão explorados na próxima sessão.

4.3.2. Aspectos articulatórios na organização do ritmo: O atrator silábico

Conforme já descrito, produção e percepção de ritmo parecem complementares e influenciadoras uma da outra. Descreveremos, a partir de agora, como os aspectos articulatórios determinam a manutenção do ritmo da fala, a partir de uma teoria dos sistemas dinâmicos (doravante, TSD).

Sistemas com comportamento dinâmico mútuo são encontrados em quase todos os ambientes no nosso dia-a-dia. São exemplos disso os vagalumes piscando em unísono, uma revoada de pássaros, as células marca-passo no coração ou robôs executando tarefas conjuntas. Estes comportamentos coletivos são modelados de modo dinâmico e envolvem um elevado número de elementos (cujas ações podem ser modeladas como se fossem osciladores), interligados por interações de acoplamento. Como resultado desta interação surge o fenômeno da sincronização. A caracterização deste fenômeno em grandes conjuntos de sistemas em que as partes interagem é um problema emergente e vem se destacando na neurociência durante o processo cognitivo e em certas patologias neurológicas, como doença de Parkinson, por exemplo. Este importante fenômeno encontrado na natureza, a sincronização, ocorre quando sistemas acoplados têm suas dinâmicas alteradas de forma a convergirem para um ritmo comum. (BAGESTON, 2011).

Um tipo mais específico de sincronização é a sincronização de fase. Esta se caracteriza quando dois ou mais processos acoplados desenvolvem sincronismo entre suas fases, sem que suas amplitudes evoluam de forma acoplada. Esta sincronização desperta grande interesse por ser considerada um fenômeno frequente na natureza, onde interações envolvem sistemas não idênticos (é praticamente impossível encontrar dois sistemas idênticos na natureza). Este fenômeno vem sendo observado em sistemas neuronais, sistemas ecológicos, em experimentos de laboratório e eletromecânicos, entre outros (BAGESTON, 2011).

O fenômeno de sincronização é muito difundido e pode manifestar-se em todo sistema cujo comportamento de interesse pode ser descrito por suas frequências, com acoplamento entre as dinâmicas. A sincronização de ritmos existe também no mundo vivo, onde ela pode desempenhar um papel fundamental na estabilidade de certas periodicidades vitais, como a do coração. Dentre os muitos fenômenos de sincronia na natureza, observamos a sincronia completa e exata de períodos da rotação da lua em torno de si mesma com a Terra sobre seu próprio eixo. Esse fenômeno garante que vejamos

sempre a mesma face da lua, ano após ano. Uma intensa força atratora entre os dois corpos garante seu sincronismo perfeito de períodos (BERGÉ, 1996).

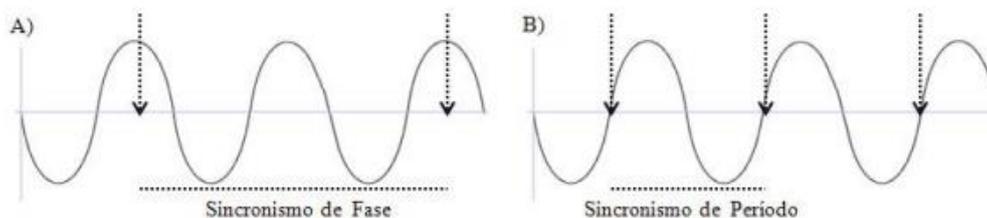


Figura 1 – Sincronismo de fase e de período

A título de ilustração, no estudo que será reportado aqui sobre sincronização fala-metrônomo, há sincronismo de fase quando o ciclo de um metrônomo e o ciclo de uma sequência de sílabas produzidas simultaneamente com o último (na percepção de quem produz as sílabas) têm a mesma fase (cf. Barbosa 2006, p. 73). Isso ocorre quando a localização do perceptual-center, considerado como a posição do metrônomo, está relativamente estável em relação ao onset da vogal. A figura acima (fig. 1) ilustra os sincronismos de fase e de período, de acordo com um estímulo externo, indicado pelas setas. A base do experimento proposto neste trabalho é a ideia de que a fala pode ser entendida como um sistema dinâmico que pode apresentar um comportamento de acoplamento com um estímulo externo. Propomos um experimento onde a percepção da regularidade das batidas de metrônomo influencia a produção rítmica da fala.

As Teorias de Sistemas Dinâmicos, já foram empregadas extensamente para modelamentos biológicos de estudos da motricidade em geral. De acordo com Barbosa (2007), numa TSD, o indivíduo e o ambiente constituem um sistema dinâmico – partes que se relacionam de algum modo e que evoluem com o tempo. O autor explica a estruturação prosódica da fala como comportamento de um sistema dinâmico, propondo para tanto um modelo matemático-computacional. Tal modelo permitiria a previsão do comportamento desse sistema ao longo do tempo. Os sistemas dinâmicos se orientam por uma propriedade de auto-organização, onde o comportamento visível do sistema é regido pela interação entre seus componentes e a interação seria disparada por um estímulo externo, que funcionaria como parâmetro para a orientação do comportamento. Os componentes do sistema exercem e recebem influência uns dos outros e do ambiente em que se encontram. Essa influência é chamada de *acoplamento*.

Barbosa (2007) cita o exemplo dos pêndulos dos relógios de Huyguens para explicar os efeitos de acoplamento. O físico holandês Christiaan Huygens, em 1665, observava por longos períodos os movimentos dos pêndulos dos relógios que ele mesmo inventara (STROGATZ e STEWART, 1993 *apud* BARBOSA, 2007). Tais relógios pendurados na mesma parede mantinham sincronia de fase entre seus pêndulos⁴. Se havia uma perturbação dessa periodicidade, eles tornavam-se assíncronos, mas voltavam ao estado de sincronia após algum tempo. O acoplamento destes pêndulos resultaria de pequenas perturbações transmitidas aos relógios pela parede em que estavam pendurados. Um efeito de acoplamento semelhante ocorre também na fala, e se dá especialmente pela interação entre os falantes. Exemplo disso seriam as modificações que ocorrem na fala de um indivíduo que se insere num ambiente linguístico diverso do seu. Esta sincronia provocada pelo acoplamento também fica evidente na leitura simultânea de um texto por dois ou mais falantes distintos.

Cummins (2009) testou essa possibilidade em uma situação experimental em que os falantes falam em sincronia um com o outro. Inicialmente, ele propõe um experimento onde os falantes sincronizam com gravações específicas. Em seguida, apresenta dois experimentos em que a informação de fala é sistematicamente reduzida, permitindo uma avaliação da influência dos respectivos parâmetros acústicos, a saber: o envelope de amplitude, a frequência fundamental e inteligibilidade na sincronização entre os falantes. Os resultados demonstram que a sincronização é afetada por vários fatores trabalhando juntos. O envelope de amplitude, o *pitch* e as qualidades espectrais do sinal contribuíram para a sincronização. A análise da inteligibilidade não demonstrou evidências que indicassem influência sobre a sincronização.

O efeito de acoplamento na fala pode também apresentar efeitos prosódicos de oposição. O primeiro efeito refere-se a uma tendência à regularidade na extensão temporal; o segundo, à diferenciação temporal. Os dois efeitos podem atuar sobre as unidades do tamanho de sílaba e sobre as unidades do tamanho do grupo acentual. O efeito de regularidade é um facilitador para o falante, já que, se há regularidade, ele pode prever a frequência e planejar o enunciado, em vez de planejar eventos isolados. Quando ocorre uma diferenciação nesses padrões, consegue-se o efeito de atrair a atenção do

⁴ Sincronismo de fase: os instantes de tempo em que os pêndulos atingem os extremos de deslocamento à esquerda e à direita são os mesmos. (BARBOSA, 2007)

ouvinte. As duas tendências – regularidade e variação – agem como atratores cíclicos⁵ em oposição para o sistema. (BARBOSA, 2007).

Pesquisas a respeito da base fonética da prosódia analisam o papel dos parâmetros prosódico-acústicos clássicos para a produção (prosódia articulatória) e a percepção (prosódia auditiva). Na produção, importa a curva de frequência laríngea (cujo correlato acústico é a frequência fundamental) para a entoação, bem como a evolução da duração de unidades linguísticas do tamanho da sílaba ao longo do enunciado, que tem sido considerada como estruturadora do ritmo da fala (BARBOSA, 1994).

Diversos autores têm se dedicado extensamente à investigação dos mecanismos de construção dessa organização rítmica da fala. Barbosa (2004) propõe, para isso, um modelo de osciladores acoplados, em que um oscilador silábico é usado para representar a sucessão de unidades do tamanho da sílaba chamada unidade vogal-a-vogal (ou, abreviadamente, unidade VV⁶) e, portanto, está relacionado à noção de silabicidade, entendida como um fluxo contínuo de vogais que é interrompido por gestos consonantais. A unidade VV está relacionada à importância da transição Consoante-Vogal (CV) para a produção e percepção da fala. A sucessão de transições CV funciona como sequência de pontos de ancoramento para a produção e percepção da fala, implementando um fluxo vocálico contínuo (perturbado localmente por consoantes), diretamente relacionado à oscilação mandibular.

Em outro trabalho, Barbosa (2006) menciona que o movimento oscilatório da mandíbula, regular à produção de cada sílaba, é fator determinante na manutenção do ritmo da fala. Segundo ele, há uma periodicidade – repetição no curso do tempo (período) – oferecida por um fluxo vocálico interrompido de tempos em tempos pelas consoantes interpostas neste fluxo. Esse período tem a duração de uma sílaba, ainda que seu *onset* e *offset* não coincidam com os da sílaba fonológica, mas sejam delimitados pelos *onsets* de duas vogais consecutivas. O autor argumenta que há uma regularidade na duração das unidades VV, conforme será explicado adiante.

O oscilador silábico, por sua vez, tem os máximos de seus pulsos coincidentes com os *onsets* das vogais do enunciado. É após o acoplamento – i.e., por sua interação com o oscilador acentual – que o oscilador silábico determina extrinsecamente para a pauta gestual⁷ a posição dos *onsets* vocálicos ao longo do enunciado.

⁵ “Um atrator é um padrão de comportamento ou movimento estacionário para o qual um sistema dinâmico tende. Se esse padrão é oscilatório tem-se um atrator cíclico. Um oscilador como o relógio de Huygens ou a mandíbula são exemplos típicos de atratores cíclicos.” Barbosa, (2007)

⁶ Unidade fônica delimitada por dois *onsets* vocálicos consecutivos, incluindo todas as consoantes produzidas no intervalo.

⁷ As pautas gestuais (do inglês, *gestural scores*) são uma representação abstrata do planejamento do enunciado e estão relacionadas aos movimentos do trato vocal, que, por sua vez, são representados como descontínuos (TATHAM, 1995).

Há uma tendência à regularidade na extensão temporal e uma tendência à diferenciação temporal tanto de unidades VV (que caracterizam a silabicidade) quanto de unidades do tamanho do grupo acentual. A regularidade – entendida como a manutenção da periodicidade – serve o falante, pois torna a produção do enunciado mais simples: se os eventos são regulares basta planejar sua frequência, e não os eventos isoladamente. No entanto, conforme Barbosa (2006, p.42),

“...essa mesma periodicidade é desvantajosa para a percepção, visto que para assinalar informação linguística ao longo do enunciado para um ouvinte em potencial é preciso diferir, isto é, perturbar a regularidade estabelecendo um padrão não regular”.

A regularidade das durações VV pressupõe estabilidade, que significa certa resistência à perturbação imposta pela realização das consoantes. Tal resistência indicaria uma atração por um período de repetição da ordem de grandeza da sílaba. Esse comportamento evidenciaria um atrator cíclico, com a função de manter a regularidade – a periodicidade – por meio de um oscilador silábico (BARBOSA, 2006).

Dessa forma, a diferenciação gera uma estrutura temporal e serve o ouvinte, pois assinala, dirige sua atenção para uma determinada informação linguística e paralinguística. Essas duas tendências, regularidade e diferenciação, agem como opostos, prevalecendo ora uma, ora outra, configurando-se, portanto, como atratores cíclicos.

O atrator é definido como um local para o qual o sistema dinâmico tende ou prefere: se for estático, trata-se de um atrator pontual; se for oscilatório, atrator cíclico. Uma estrutura é considerada um atrator quando as trajetórias próximas a ela continuam próximas, mesmo que levemente perturbadas. Quando há mudança num parâmetro do sistema, há mudança qualitativa do atrator. A esse fenômeno dá-se o nome de bifurcação (MEIRELES, 2007). A movimentação da mandíbula no plano vertical é exemplo típico de uma atividade que pode ser entendida como a manifestação de um atrator cíclico (BARBOSA, 2007).

O movimento oscilatório da mandíbula é o principal marcador silábico da maioria das línguas: as sílabas são delimitadas, especialmente, pelo deslocamento vertical desse articulador (MEIRELES, 2007). De acordo com esse autor, estudos sugerem a existência

de um oscilador silábico na produção da fala. Entretanto, a periodicidade de unidades do tamanho da sílaba nesse modelo não é coincidente, na maior parte, com a sílaba fonológica. Em um modelamento dinâmico do ritmo, a unidade prosódica básica é a unidade VV – conforme descrito anteriormente – definida do início de uma vogal até o início da próxima vogal, independentemente do número de segmentos intervenientes entre as mesmas e de fronteiras silábico-lexicais. Este autor reitera que a ideia de uma produção contínua de vogais, intercaladas por consoantes, está presente na literatura desde o século XVIII, bem antes da inauguração da linguística como ciência por Ferdinand de Saussure – ideia essa, baseada na observação puramente visual da fala.

Conforme dito acima, Barbosa (2006) afirma que a estabilidade da unidade VV serve como indício de que uma unidade periódica do tamanho da sílaba funciona como um atrator cíclico no sistema da fala — um oscilador silábico. As vantagens para tal atrator seriam a necessidade de um consumo mínimo de energia e planejamento para o sistema cognitivo e a possibilidade de sincronização com um estímulo externo.

Kelso e colaboradores (1979) encontraram evidências para estruturas articulatórias estáveis na fala. Esses autores afirmam que os movimentos articulatórios devem ser reanalisados como trajetórias em um plano de fase. Tais autores sugerem que movimentos articulatórios tão díspares quanto movimentos de mãos e fala, ou locomoção de quadrúpedes, podem ser analisados dentro de um mesmo panorama, o da TSD. Quaisquer desses sistemas experimentam instabilidades quando afastados do equilíbrio. Essas instabilidades podem ser explicadas pelas transições de fase. Para se descobrir padrões na teoria dos sistemas dinâmicos, insere-se um elemento perturbador do sistema para observar a emergência de regularidades. No caso da fala, o perturbador mais comum é a variação da taxa de elocução, e nesse trabalho, a variação das taxas do metrônomo.

4.3.3. Perceptual Center: percepção e produção do ritmo da fala

O início das pesquisas envolvendo a noção de P-center deu-se em função de observações a respeito de como o ritmo era percebido por participantes de um experimento de memorização, realizado por Morton, Marcus e Frankish (1976). O foco estava em como ocorria a percepção de aspectos de sincronia de fala. Estes autores descrevem que P-centers podem ser pensados como centros de produção, e podem ser encontrados em produções rítmicas de falantes, com ou sem ajuda de metrônimos. Em experimentos desenvolvidos por eles, os falantes tendiam a não associar *onsets* isócronos, mas a alinhar o ritmo regularmente a algum ponto das sílabas. De acordo com esses autores (*ibidem*), percepção e produção seriam similares quando se pensa o ritmo da fala. Já Pompino-Marschall (1989) descreve P-centers como eventos essencialmente relacionados à percepção. Para o autor, produções rítmicas seriam produções designadas a criar padrões de estimulação auditiva que apareceriam isócronas de acordo com seu modelo perceptual.

Marcus (1981) descreve a influência de diversos parâmetros acústicos sobre a determinação da localização do P-center. O primeiro, segundo ele, é a duração da consoante inicial e secundariamente, as durações das vogais e consoantes subsequentes. Este autor, afirma que a determinação do P-center não ocorre em função de um simples evento acústico, mas de uma série de eventos ocorrendo ao longo do tempo. Pompino-Marschall (1989) descreve um experimento utilizando a apresentação da sílaba /ma/ a três sujeitos, com efeitos de variação na duração dos segmentos, a partir da solicitação de que eles ajustassem a produção das sílabas ao clique que era apresentado simultaneamente. A apresentação dos estímulos era feita em intervalos de 40ms, tendo início em 100ms e atingindo 260ms (um total de 25 estímulos). A duração das consoantes variou de 40 a 200ms e a das vogais, sofreu incrementos de 40ms a cada intervalo. O autor descreve o distanciamento do P-center em relação ao *onset* acústico da sílaba, conforme os segmentos eram expandidos. De modo a testar se o efeito do P-center era apenas afetado pela duração dos segmentos e não afetado pela categorização fonética dos mesmos, este autor replicou o experimento com a sílaba /ji/. Foram utilizados os mesmos procedimentos do primeiro experimento. Desta vez, observou-se o mesmo efeito de distanciamento do p-center do *onset* acústico da sílaba, conforme havia o incremento da duração da consoante inicial. Tais experimentos, entretanto, se referem exclusivamente

aos aspectos perceptuais do ritmo, pois não envolvem produção de fala, mas apenas a sincronização de informações percebidas auditivamente.

Šturm e Volín (2016) propuseram um experimento para investigar a posição do P-center na língua Checa, com o objetivo de replicar os resultados de inglês e de várias outras línguas, e aumentar substancialmente a gama de tipos fonotáticos e o número de participantes. Em uma tarefa de sincronização fala-metrônomo, 24 indivíduos pronunciaram um conjunto de 37 palavras checas (dissílabos naturais de diferentes complexidades) com duas taxas diferentes no metrônomo (70 e 90 bpm). O início da primeira vogal (V1) e o momento do aumento mais rápido da energia dentro da primeira sílaba foram os pontos de sincronização mais consistentes. O P-center, no entanto, ocorreu um pouco antes que no limite inicial da V1. Os intervalos de sincronização foram significativamente influenciados pela complexidade do início da sílaba: P-center foi posicionado anteriormente (mais longe da V1) quando mais consoantes compunham o *onset*. Os efeitos do comprimento da vogal e coda final também estavam presentes, mas mais fracos.

Outros autores, entretanto, acreditam que os eventos relacionados ao P-center não podem reduzir-se aos processos perceptuais do ritmo. Fowler (1983) propõe que P-centers estariam diretamente associados aos eventos gestuais na produção de fala. Para ela, falantes executam produções rítmicas por meio de produções isócronas de gestos vocálicos. Tal hipótese é corroborada pelos estudos de Jong (1992). O autor realizou experimento em que os falantes eram convidados a sincronizar palavras que eles ouviam com algumas modificações prosódicas em sua apresentação. De acordo com o Jong (1992), seus resultados apontam para diferenças entre os ouvintes que corroboram a ideia de que um modelo exclusivamente perceptual de P-center, não seria suficiente para explicar tais eventos. Uma importante questão articulatória estaria implicada na manutenção rítmica da fala. Barbosa et al. (2005) afirmam que P-centers podem ser vistos como uma projeção sobre um eixo temporal inferido durante a realização da tarefa de produzir (e, ao mesmo tempo, perceber) uma sequência de sílabas apoiada por um metrônomo. Neste tipo de inferência, as vogais iniciais atuam como atratores de ponto para a tarefa de sincronização e o P-center é considerado como o atrator previsto pelo sujeito realizador da mesma tarefa.

Em seus primórdios, o termo P-center não tinha conteúdo explicativo, apenas supunha uma “âncora” que explicasse o fato de a percepção da ocorrência de sílabas⁸ coincidir, em geral, com a transição CV e não com o *onset* acústico das sílabas. As primeiras publicações e também desenvolvimentos posteriores apostaram num entendimento do fenômeno por meio do modelamento psicoacústico (como em Pompino-Marschall, 1989) ou de um processamento auditivo acoplado a uma resposta motora (JANKER, 1996).

Villing (2010) relaciona o P-center às percepções temporais de sincronia e ritmo. No referido trabalho, o autor descreve um significativo conjunto de pesquisas com P-center, relacionadas à investigação da produção da fala com um ritmo perceptual específico, com e sem ajuda de metrônomo. Tais investigações se dividem em duas grandes categorias: as que incidem sobre a medição das propriedades da forma de onda acústica produzida, e aqueles que, em vez disso, medem os gestos articulatórios necessários para produzir o discurso. Para o autor, sem o conhecimento sobre o P-center do ritmo da linguagem falada, não há como medi-lo com precisão e, conseqüentemente, as perguntas sobre o sincronismo percebido em idiomas individuais só podem ser respondidas com base em dados defeituosos ou indiretos. O autor afirma, ainda, que embora a duração das unidades de fala, tais como fonemas, possam ser diretamente manipuladas e medidas, não havia aparentemente, nenhum método para mapear a duração das percepções do ritmo da fala.

O estudo de referência para o experimento descrito e analisado nesta dissertação foi realizado por Barbosa et al. (2005). Os autores utilizaram um metrônomo eletrônico, com taxas limite de 40 e 208 bpm, com controle manual das taxas. O estudo buscou aprofundar a compreensão da variabilidade da assincronia entre P-centers e o *onset* acústico das vogais, através da introdução de novas condições experimentais, com relação à literatura prévia: um maior número de sílabas que combinaram sete consoantes cuja energia se estende a partir de um mínimo a um máximo: /p f s r ʃ l m/ com três diferentes graus de abertura da vogal: /i/, /ɛ/ e /a/. O molde silábico CV foi escolhido por serem o mais frequente em português brasileiro e por minimizar possíveis fontes de variabilidade em função de consoantes de coda. De acordo com o experimento, as 21 diferentes sequências de sílabas permitiram que os autores testassem duas hipóteses possíveis para o sucesso na tarefa de sincronização fala-metrônomo: (1) quanto mais

⁸ A relação temporal de sucessão dessas sílabas era ajustada de modo a soarem isócronas.

abrupta a diferença de energia na transição CV, mais próximo o P-center estaria do *onset* da vogal, isto é, P-centers para a sílaba /pa/, em que há a maior diferença entre a energia da consoante e da vogal, seriam mais próximos da transição CV comparado com a sílaba /mi/, e (2) quanto maior a energia na banda de alta frequência da consoante, mais próximo o P-center do início da sílaba, isto é, p-centers de sílabas que começam com /s/ ou /ʃ/ tenderiam a deslocar-se para o início da sílaba (BARBOSA, 2005). A ideia aqui é que o P-center possa ser entendido como o resultado da formação de um padrão dinâmico formado pela coordenação de duas atividades oscilatórias.

Nos resultados do estudo de Barbosa et al. (2005), observou-se que a primeira hipótese nula (1) do estudo foi mantida para as sílabas [pɛ], [pi], [fa], [ʃa], [la], [lɛ] e [mi], para a taxa de 108 bpm. A coincidência entre o P-center e o *onset* da vogal para sílabas como [mi] e [lɛ] na taxa mais alta de produção (a saber, 208 bpm) contradisse a primeira hipótese, uma vez que a diferença de energia total no início da vogal é mínima para essas sílabas. Para sílabas que começaram com a fricativa /ʃ/, P-centers precederam o *onset* da vogal mais do que para aqueles com outras consoantes, o que esteve de acordo com a segunda hipótese estudada. As consoantes com menor energia, tal como /p/ e /r/ (e mesmo /s/ em alguns casos), bem como uma vogal com maior energia como o /a/ favorecem a tarefa de sincronização de fase, o que corroborou a hipótese (1). Uma consoante, como /ʃ/, com uma grande quantidade de energia em uma banda de alta frequência, perturba a tarefa de sincronização de fase. Tal resultado confirmou a hipótese (2), fato demonstrado pelos valores de correlação significativa: quanto maior a quantidade de energia na banda de alta frequência, mais perto esteve o P-center em relação ao início da vogal. Ambos os resultados, segundo os autores (*ibidem*), podem ser compreendidos se P-centers forem vistos como uma manifestação superficial de uma tarefa fundamental de prever as latências entre as ocorrências de vogais sucessivas numa sequência de sílabas. Ainda segundo eles, a tarefa seria perturbada pelo ruído em algumas faixas de frequência: quanto maior a amplitude deste ruído, mais perturbada seria a previsão. Barbosa et al. (2005) reportam que o intervalo entre os inícios de vogais na repetição espontânea de sílabas /pa/ foi, em média, 556 ms para o participante do experimento, um falante nativo do PB. No mesmo estudo, os autores apontam para o fato de que a duração típica dos grupos acentuais em diversas línguas também ocorre em torno de 500 ms. Outro dado do PB mostra que essa duração média, em frases isoladas lidas por um locutor pernambucano, é de 549 ms (Barbosa, 2006:182). De acordo com Barbosa

(*ibidem*), a similaridade desses dados sustenta a ideia de um oscilador acentual que ocorre abstratamente a intervalos regulares.

Ainda que a maioria dos autores consultados (Morton, Marcus e Frankish (1976), Marcus (1981), Pompino-Marschall (1989), Fowler (1983), Jong (1992)) tenham especificado parâmetros de duração dos segmentos e intervalos de apresentação dos estímulos, não referiram a influência da frequência de apresentação dos estímulos na determinação do P-center.

2. METODOLOGIA

O experimento proposto para essa pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Humanas da UnB – CEP-IH, por meio da Plataforma Brasil (<http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil>) sob o título deste trabalho e número de protocolo CAAE 37764814.2.0000.5540 (ver documentos nos Anexos A e B), e obteve aprovação.

O experimento realizado neste trabalho consistiu na análise da gravação de amostras de fala de um adulto do sexo masculino que foram coletadas pelo Grupo de Pesquisa de Prosódia da Fala do IEL-UNICAMP, por meio de gravação em estúdio. O sujeito foi posicionado de frente para o microfone *Shure Beta 58A*. Foi utilizada a placa de áudio *Sound Blaster Audigy Audio 9000 (Audigy2, Creative)*. A gravação foi realizada em dois canais, com taxa de amostragem de 22.050 Hz e resolução de 16 bits.

As amostras de fala foram compostas pela repetição das sílabas /pa/, /sɛ/, /li/ e /ma/ apoiada pelas batidas de um metrônomo, que o sujeito ouvia em um fone de ouvido do tipo *over ear*. Tais sílabas foram escolhidas para o presente estudo, pois apresentaram melhor desempenho de sincronização em estudo prévio (cf. BARBOSA ET AL., 2005).

O sujeito participante da pesquisa foi um adulto do sexo masculino, 23 anos, oriundo de Descalvado-SP, e nunca havia morado fora do estado. Além disso, nunca recebeu treinamento musical.

Foram escolhidas para o presente experimento, também com base no estudo prévio de Barbosa et al. (2005), as seguintes taxas de batida do metrônomo: 1) variação ascendente, iniciando em 30 e terminando em 300 bpm; 2) variação decrescente iniciando em 300 e terminando em 30 bpm; 3) variação ascendente seguida de decrescente – 30-300-30 bpm; 4) variação decrescente seguida de ascendente – 300-30-300 bpm. A variação da taxa do metrônomo ocorreu em passos de 15 bpm, sendo que depois das 15 batidas de taxas múltiplas de 15 (30 bpm, 45 bpm, 60 bpm etc) seguem-se 5 batidas de transição (aumento ou diminuição de 3 bpm, conforme a sessão) para passar para a próxima taxa múltipla de 15. Dessa forma, o sujeito percebeu a variação gradual da taxa do metrônomo. Tem-se, por exemplo, a primeira sessão do experimento, que foi a variação crescente da taxa do metrônomo de 30 a 300bpm: são 15 pulsos de 30bpm; 5 pulsos de transição (33bpm, 36bpm, 39bpm, 42bpm, 45bpm), seguidos de 15 pulsos de 45bpm e assim sucessivamente, até a taxa de 300bpm. O mesmo ocorreu para todas as outras sessões: 30-300bpm, 30-300-30bpm, 300-30bpm, 300-30-300bpm. O sujeito,

portanto, teve que adaptar, simultaneamente, a sua produção da sequência de sílabas e sincronizar com a sequência de batidas do metrônomo.

2.1. ANÁLISE DOS DADOS

O procedimento empregado para análise dos dados compreendeu a delimitação manual de todos os intervalos de defasagem entre metrônomo e sílaba, para cada sílaba proposta e em cada taxa de batidas do metrônomo.

As anotações para a análise dos dados foram realizadas em arquivo TextGrid organizado em quatro camadas (*tiers*), a saber: 1) delimitação da diferença entre a batida do metrônomo e o *onset* vocálico. A estes valores atribuímos o nome ‘Delta’ – se a produção do sujeito antecedia a batida do metrônomo, atribuiu-se um sinal negativo ao valor de Delta; se a produção sucedia a batida do metrônomo, o valor foi considerado positivo; 2) delimitações da duração de todos os Segmentos – consoantes e vogais – separadamente – aos intervalos dos segmentos atribuiu-se a notação ‘C’ (consoantes) ou ‘V’ (vogais) acompanhado da notação > ou < conforme aumentasse ou diminuísse a taxa das batidas do metrônomo e da taxa das batidas (o número presente antes de cada sinal > ou < significa a taxa das batidas do metrônomo naquele momento); 3) delimitação dos intervalos entre os *onsets* vocálicos – intervalos VV; 4) controle da taxa das batidas do metrônomo. A seguir, apresentamos figuras que ilustram algumas das análises realizadas, por meio de capturas de telas do programa *Praat*.

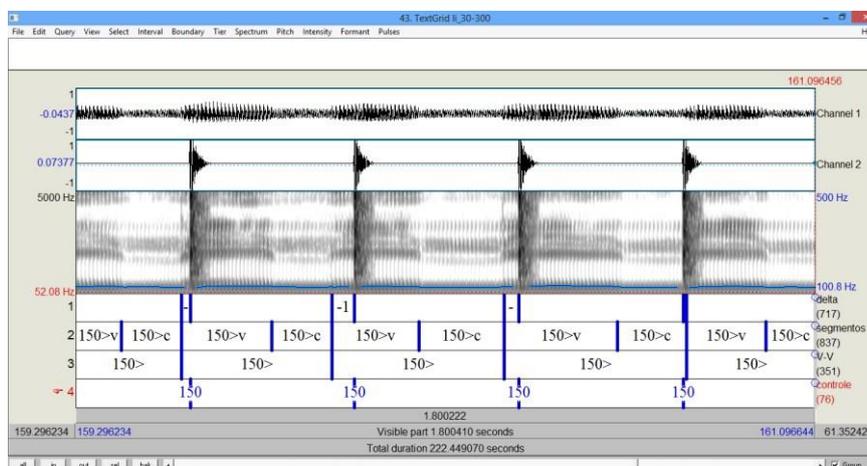


Figura 2 – Produções da sílaba /li/ na taxa de batida do metrônomo com variação de 30 a 300 bpm. Neste caso, a taxa é de 150 bpm em condição ascendente.

Os *onsets* vocálicos foram delimitados a partir de F2, em função do contraste com o segmento anterior.

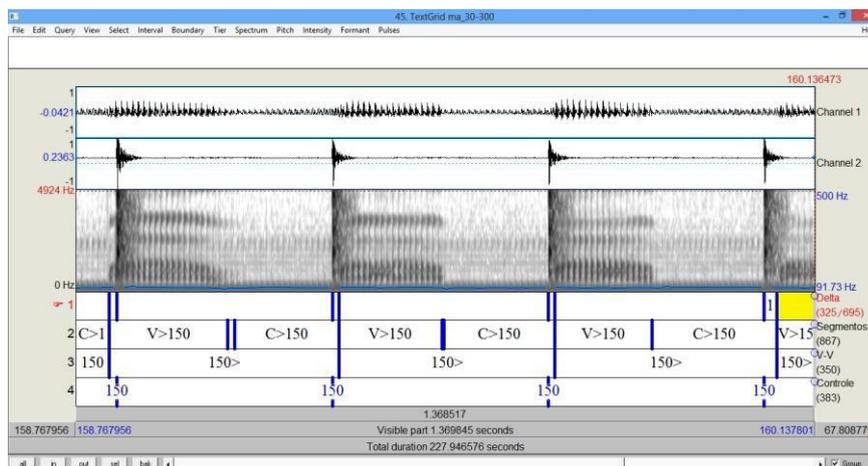


Figura 3 - Produções da sílaba /ma/ na taxa de batida do metrônomo com variação de 30 a 300 bpm. Na tela a taxa é de 150 bpm, em aceleração.

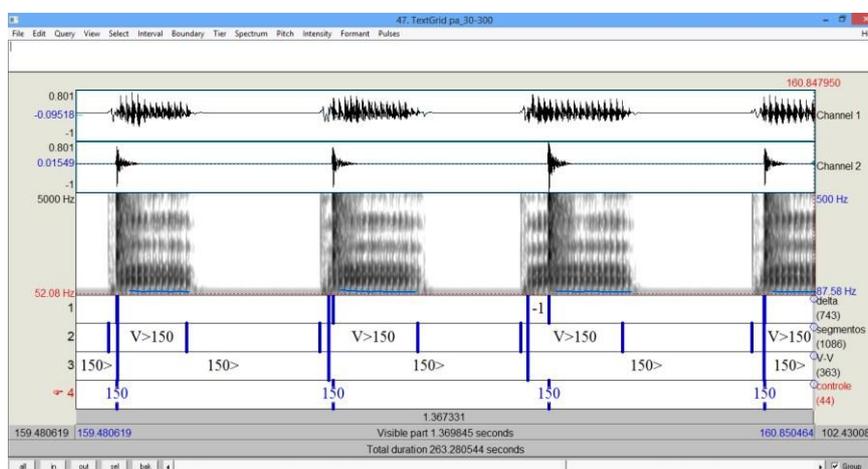


Figura 4 - Produções da sílaba /pa/ na taxa de batida do metrônomo com variação de 30 a 300 bpm. Na tela a taxa é de 150 bpm, em aceleração.

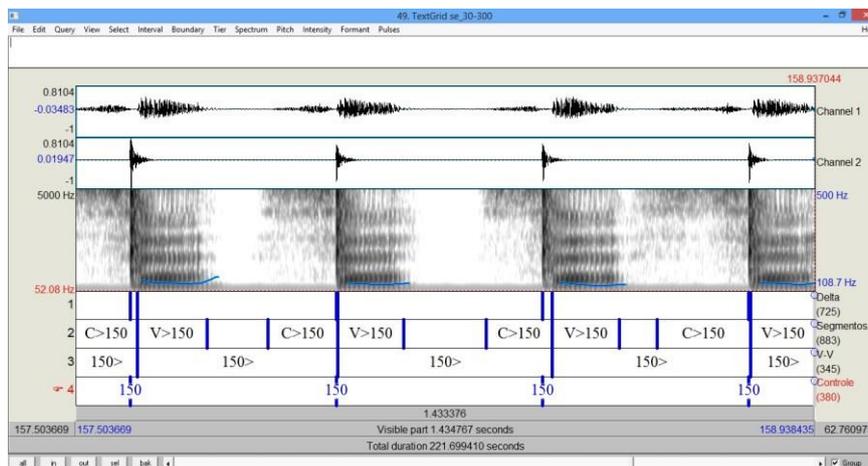


Figura 5 - Produções da sílaba /se/ na taxa de batida do metrônomo com variação de 30 a300 bpm. Na tela a taxa é de 150 bpm, em aceleração.

As medidas dos intervalos de defasagem e dos intervalos entre os *onsets* vocálicos (VV) foram extraídas por meio de *scripts* do programa de análise Praat (<http://www.praat.org>) de Boersma e Weenink (2014). Um *script* é uma sequência de instruções que o programa Praat realiza para obter, automaticamente, as medidas especificadas pelo autor do *script*.

O primeiro *script* (ARANTES, 2013) aplicado (Anexo C – ‘Duration.praat’) teve como objetivo extrair medida de duração (em milissegundos) das delimitações realizadas. Assim, obteve-se a duração de cada um dos segmentos, de delta e dos intervalos VV (camadas 1 e 3 do TextGrid, respectivamente).

Sobre os resultados desse *script* para camada 1 foi aplicado um segundo *script* (ARANTES, 2014) Anexo D – ‘Delta_to_phase.praat’), com o objetivo de converter os valores (milissegundos) de duração de delta para graus, dado pela seguinte fórmula:

$$period = (1/num) . 60 . 1000$$

$$phase = (delta / period) . 360$$

Onde: *period* é período; *num* refere-se à taxa de batidas do metrônomo; *phase* é fase e *delta* é a diferença entre a batida do metrônomo e o *onset* vocálico.

Por meio desse *script* conseguiu-se determinar os valores de fases. A assincronia entre o *onset* vocálico e a batida do metrônomo é apresentada em graus, a fim de normalizar as medidas, permitindo assim a comparação das assincronias nas diferentes taxas. Convertendo-se os valores de tempo para um referencial de deslocamento (quantos

graus o *onset* vocálico está deslocado em relação à batida do metrônomo), podemos compará-las, independente dos tempos de intervalo entre as batidas. Ou seja, importa saber aqui qual é a distância, em graus, da produção do sujeito em relação ao alvo, que é zero grau. Se o sujeito tiver antecipado a sua produção em relação à batida do metrônomo, os valores duracionais apresentaram-se negativos (delta negativo). Quando ocorre a conversão para graus, entende-se que o deslocamento, nesse caso, ocorreu à esquerda. Se o valor for positivo inicialmente, o deslocamento ocorreu à direita.

Da mesma forma, sobre os resultados do primeiro *script* para a camada 3, aplicou-se um terceiro *script* (Anexo E – ‘v-to-v_periods.praat’), com o objetivo de obter a assincronia de período, a partir dos valores de duração entre os *onsets* vocálicos (VV), em milissegundos. Os períodos foram obtidos a partir da razão da diferença entre o período produzido pelo sujeito e as batidas do metrônomo, pela batida do metrônomo. Para tanto, o *script* converteu a unidade bpm (batidas por minuto) para milissegundos, a fim de normalizar a diferença entre os intervalos das batidas do metrônomo e os *onsets* vocálicos das produções do sujeito.

Após a extração dos dados pelos *scripts*, eles foram organizados em tabelas e gráficos e foram aplicadas as técnicas de análise estatística descritiva e inferencial, que serão descritas a seguir.

3.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi feita por meio do ambiente de computação estatística R (R Core Team, 2015). Para as amostras que continham variação ascendente de taxa e decrescente de taxa e também para as amostras que continham ambas as variações, 30-300-30 e 300-30-300, foi realizado o teste F de homogeneidade de variância, que comparou a variabilidade das variáveis dependentes (assincronia de fase e de período) das duas direções de variação (variação ascendente de taxa e variação descendente de taxa). Para essas mesmas amostras, foi aplicado o teste-*t* de duas amostras que comparou a média das variáveis dependentes das duas direções de variação com todas as taxas do metrônomo variação ascendente de taxa e na variação descendente de taxa.

Para as amostras que continham as taxas de direção única, apenas variação ascendente de taxa – 30-300bpm –, ou apenas variação descendente de taxa – 300-30 bpm –, foi realizado o teste-*t* de amostra única para variação ascendente de taxa ou variação descendente de taxa, verificando se o resultado seria estatisticamente diferente ou não de zero, sendo que “zero” indica sincronia. Então, as respostas obtidas foram codificadas segundo a seguinte convenção: N (sincronia – fase média não significativamente diferente de zero) ou Y (assincronia – fase média diferente de zero).

Os dados para visualização do desempenho do sujeito nas taxas avaliadas foram apresentados por meio de diagramas de caixa, conhecidos como *boxplots*, que são gráficos nos quais o eixo vertical representa a variável a ser analisada e o eixo horizontal o fator de interesse, nesse caso, as taxas de batidas do metrônomo. O diagrama de caixa permite localizar e analisar o comportamento de uma variável dentre diferentes grupos de dados. O principal objetivo foi demonstrar as seguintes informações:

- (a) a mediana e os quartis, sendo que o quartil inferior contém 25% (1/4) das menores medidas e o quartil superior contém 75% (3/4) de todas as medidas;
- (b) a caixa representa 50% de todos os valores observados, concentrados na tendência central dos valores, eliminando os 25% menores valores e 25% maiores valores;
- (c) o segmento *Whisker*, que é um segmento de reta vertical que conecta o topo da caixa ao maior valor observado e outro segmento conecta a base da caixa ao menor valor observado.

Em suma, o diagrama de caixa identifica onde estão localizados 50% dos valores mais prováveis, a mediana e os valores extremos. Tanto a altura da caixa como o tamanho do *Whisker* fornecem informações sobre a dispersão dos dados. Esta ferramenta de apresentação foi escolhida porque permite também visualizar se em conjuntos de dados existe ou não equivalência.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos agora o resultado da relação entre as produções do falante e as batidas do metrônomo. Seleccionamos os gráficos que melhor demonstram os efeitos que pretendemos descrever. Todos os demais gráficos encontram-se no Anexo F. Esse capítulo foi dividido em duas sessões que discutirão os resultados em relação ao sincronismo de períodos e sincronismo de fases, e à duração das consoantes e vogais.

Nos casos em que houve assincronia, isto é, aqueles em que a média dos períodos ou fases produzidos pelo falante foi significativamente diferente do período do metrônomo, foi feita a representação no gráfico por meio do símbolo 'x'. Os traços verticais representam intervalos de confiança de 95% em torno da média.

6. 1. SINCRONISMO DE PERÍODOS E SINCRONISMO DE FASES

A sincronia de períodos foi mantida em todas as sílabas para quase todas as taxas do metrônomo. Tal dado demonstra que o falante foi capaz de cumprir a tarefa e produzir uma sílaba para cada batida do metrônomo, ainda que com algumas adaptações para que fosse capaz de realizá-la, conforme previsto pela TSD. O objetivo – a tarefa proposta ao falante – foi realizado e foi demonstrado pela sincronia de períodos, que foi mantida em quase todas as taxas. Os dados reiteram a perspectiva do modelamento dinâmico da fala conforme proposto por Barbosa (2006).

Chama a atenção um dado importante observado em todas as sílabas: nas taxas mais lentas do metrônomo (entre 30bpm e aproximadamente 150bpm), a amplitude de variação dos valores de Delta é bastante reduzida. Percebe-se, assim, que quando o tempo entre as batidas do metrônomo é maior, o falante consegue ajustar mais facilmente a sua produção à batida do metrônomo, ou se afasta menos dessa condição ideal. Nas taxas mais altas, há maior dificuldade de ajustar sua produção ao metrônomo, ainda que ele tenha conseguido cumprir a tarefa, mesmo nessas taxas. Para exemplo, destacamos os seguintes gráficos:

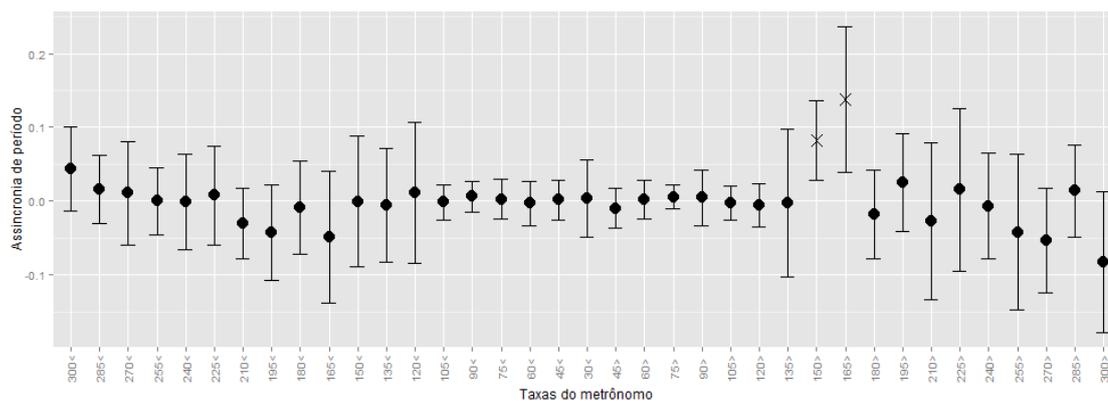


Gráfico 1 – Sincronia de período entre a produção da Sílabas /li/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 bpm.

A assincronia aqui é apresentada apenas para as taxas de 150 e 165 bpm. Nas taxas entre e105 bpm desacelerando e 120 bpm acelerando, a amplitude dos *boxplots* é menor, evidenciando a menor variabilidade dos valores de Delta.

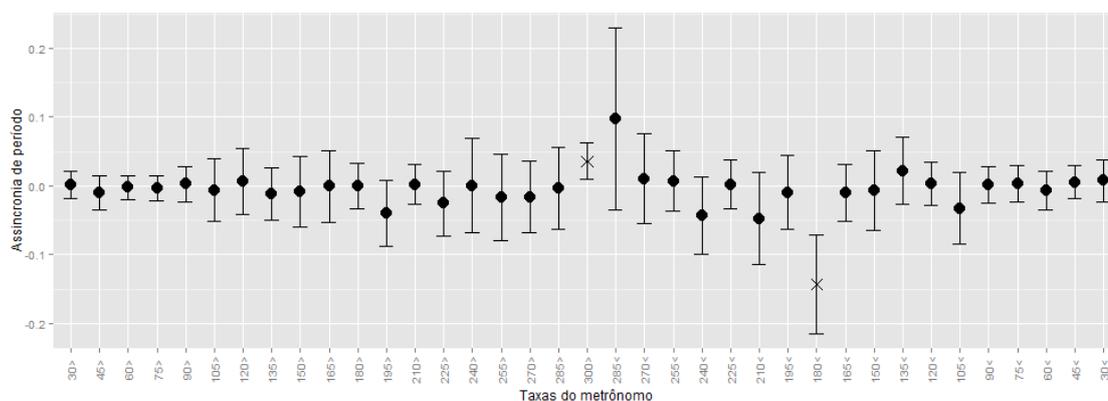


Gráfico 2 – Sincronia de período entre a produção da sílabas /ma/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 bpm.

A assincronia aqui é apresentada apenas nas taxas de 300 bpm e 180 bpm na desaceleração. A menor extensão dos *boxplots* nas extremidades do gráfico representa a menor variabilidade de Delta.

Os resultados para sincronia de período permitem dizer que o falante consegue basicamente produzir ou “espaçar” a produção dos *onsets* vocálicos seguindo o estímulo externo dado pelo metrônomo. Isso mostra que ele consegue alongar e encurtar esse intervalo entre *onsets* de forma relativamente bem-sucedida em uma ampla gama de valores de período (ou taxas).

Esses dados não permitiram inferir diferenças articulatórias que interferiram na ocorrência de sincronia dos períodos. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre as taxas na aceleração ou desaceleração do metrônomo, o que não evidenciou também fenômenos como o da histerese: a taxa anterior não parece ter influência significativa sobre o comportamento na taxa seguinte.

Com relação à sincronia de fase, as análises evidenciam dados ligeiramente diversos dos apresentados anteriormente. Se a manutenção do período era tarefa simples de ser executada pelo falante, não o é tanto para a manutenção da sincronia de fases. Ainda que haja uma tendência geral do falante em alinhar à batida do metrônomo o *onset* da vogal, esse objetivo é mais difícil de ser atingido. Conforme descrito na literatura por Bageston (2011), a sincronia de fase é mais difícil de ser mantida na maioria dos sistemas dinâmicos, apesar de ser muito frequente na natureza.

Os gráficos a seguir conjugam dados de duas produções diferentes. Estão apresentados juntos – em cores distintas – as produções do falante para as taxas que apresentam aceleração e desaceleração ou apenas uma das duas situações. As situações em que a sincronia não foi mantida estão representadas pelo ‘x’ no gráfico.

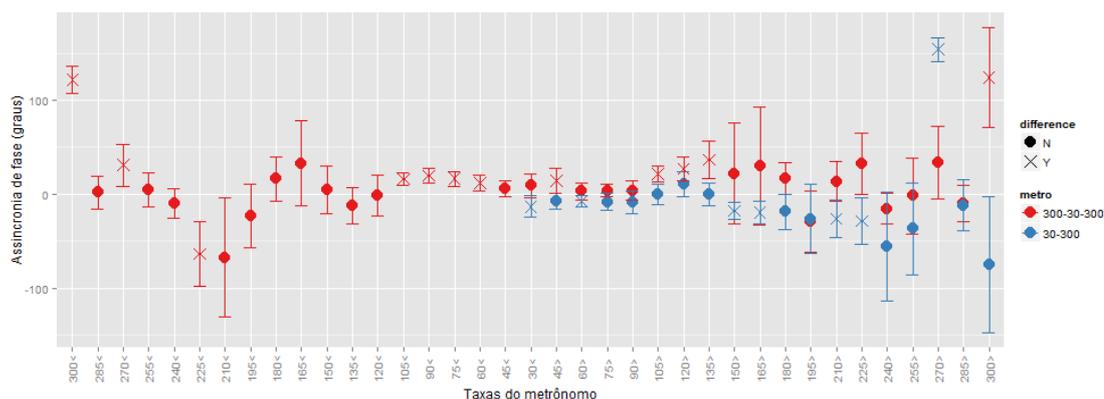


Gráfico 03 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /li/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 e 30-300 bpm.

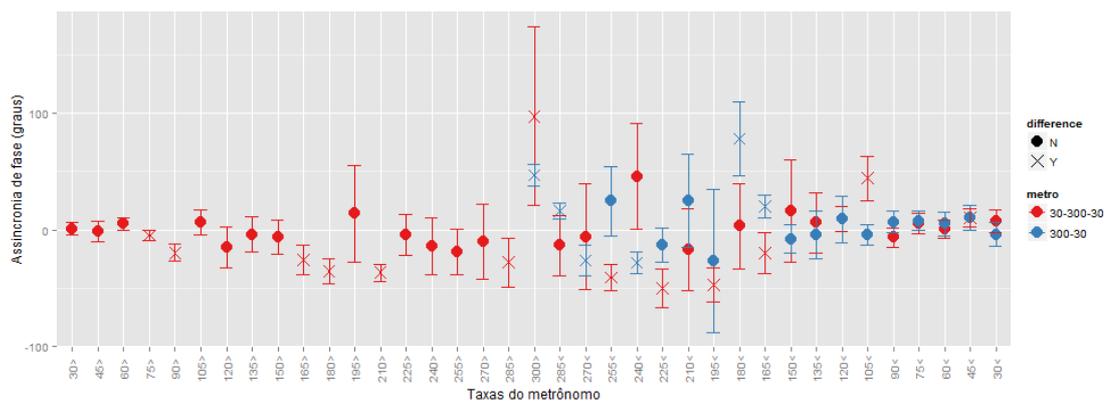


Gráfico 04 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /ma/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 e 300-30 bpm.

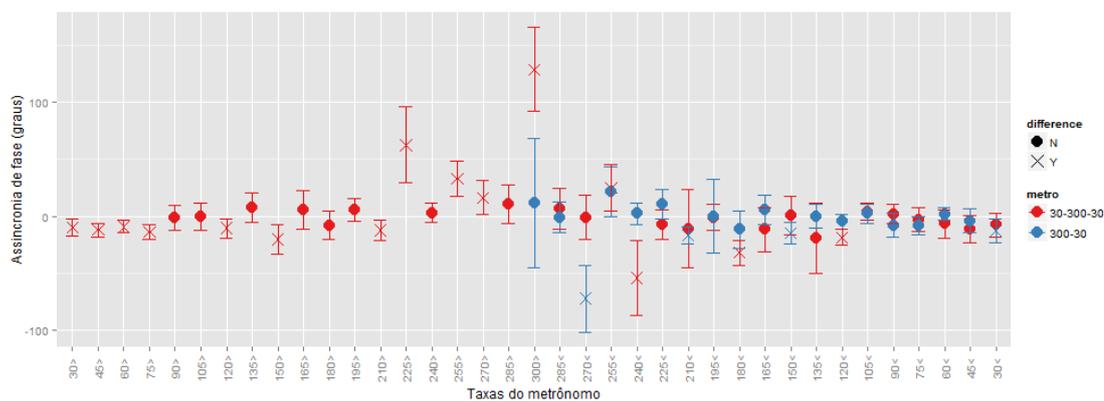


Gráfico 05 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /pa/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 e 300-30 bpm.

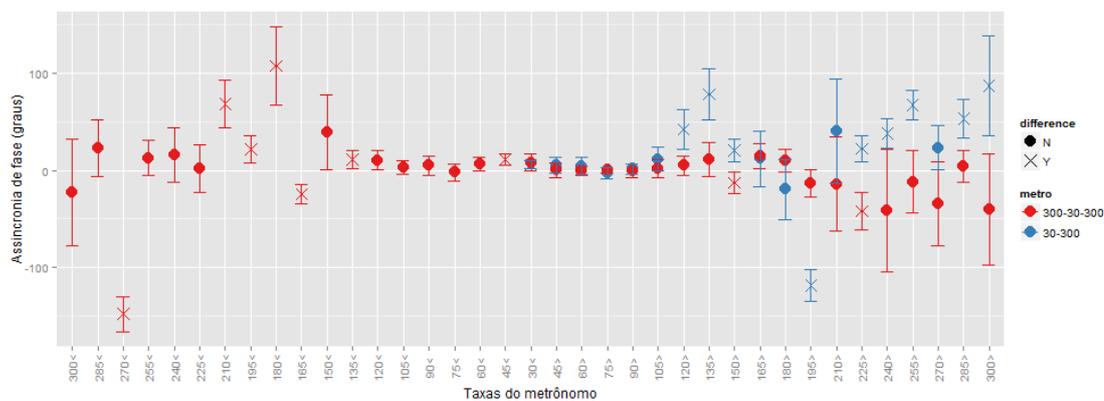


Gráfico 06 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /se/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 e 30-300 bpm.

Os gráficos referentes à sincronia de fase revelam dados similares aos de sincronia de período. Ainda que seja mais difícil alcançar o alinhamento com a transição CV – que é o dado indicado por esses gráficos – o desempenho do falante é nitidamente melhor nas taxas mais baixas do metrônomo, assim como nos gráficos que assinalam as sincronias de período. Apesar de em diversas taxas a análise demonstrar que a sincronia de fase não foi constante, as amplitudes de variações são menores nessas taxas.

A princípio, pode-se pensar que nas taxas mais baixas, o falante conta com mais tempo para planejar os atos motores envolvidos no processo articulatório e assim alinhá-los à batida do metrônomo. De acordo com Pöppel (1997), é necessário que haja um intervalo de aproximadamente 3s para que um indivíduo consiga sincronizar de maneira exata sequências regulares de estímulos auditivos com os dedos. O autor acredita que uma constante de tempo universal de 3s domina os movimentos em seres humanos que estão sob controle volitivo. Nas taxas de 30 bpm (as mais lentas testadas) o intervalo é de 2s entre uma batida e outra. Não testamos taxas de 3s de intervalo, mas entendemos que quanto menor for esse intervalo, pode ser mais difícil para o falante realizar a programação do próximo evento e sincronizá-lo à batida do metrônomo. Por outro lado, observamos nas análises que o sujeito consegue manter a sincronia de fase em intervalos de tempo ainda menores que 1s (até cerca de 135 bpm no caso de /sɛ/). Desse modo, nos parece que esse desempenho pode ser ainda satisfatório mesmo em situações em que não haja a condição específica dos 3s. Tal dado é favorável à proposta da fala como um sistema dinâmico. O metrônomo parece ser o atrator cíclico que orienta as produções do falante, para além do controle volitivo do mesmo. Nesse conjunto de taxas, parece haver maior facilidade de manutenção da sincronia. De certo modo, nessas situações a sincronia emerge mais consistentemente, conforme previsto pela TSD.

A composição das sílabas pareceu interferir pouco ou nada no desempenho do falante, já que as maiores interferências foram determinadas pelas taxas do metrônomo. O experimento de Šturm e Volín (2016), no entanto, evidenciou diferenças articulatórias que implicavam na localização do P-center. Mas esses autores testaram dissílabos da língua tcheca de diferentes complexidades, contendo – inclusive – *onsets* compostos por diversas consoantes, o que não acontece em português.

6.2. DURAÇÃO DAS CONSOANTES E VOGAIS

Apresentamos a seguir os gráficos que demonstram a duração das consoantes e vogais em relação à duração do intervalo entre as batidas do metrônomo. As representações nos gráficos estão descritas pela legenda superior à direita da imagem. A linha descrita como ‘V’ representa a duração das vogais; a linha descrita como ‘C’, a das consoantes e a ‘CV’, a soma das duas. As linhas horizontais sólidas e intermitentes representam a duração dos intervalos entre as batidas do metrônomo.

Após cada gráfico de duração, apresentamos também um gráfico que demonstra os coeficientes de variação da duração de vogais e consoantes em duas situações distintas observadas no comportamento. A primeira, quando nas taxas mais rápidas (entre aproximadamente 150bpm e 300bpm) o falante acoplou sua produção silábica ao intervalo completo entre as batidas do metrônomo. A segunda, quando o intervalo entre as batidas era maior (entre aproximadamente 30bpm e 150bpm), e a sua produção era mais livre em relação ao metrônomo.

Observe-se que, na maioria dos gráficos, esse comportamento em que as durações dos segmentos se aproximam da duração das batidas do metrônomo, se dá em taxas próximas a 150 bpm (especialmente entre 135 e 165 bpm). Essas velocidades seriam “pontos chave” para a mudança de comportamento do falante.

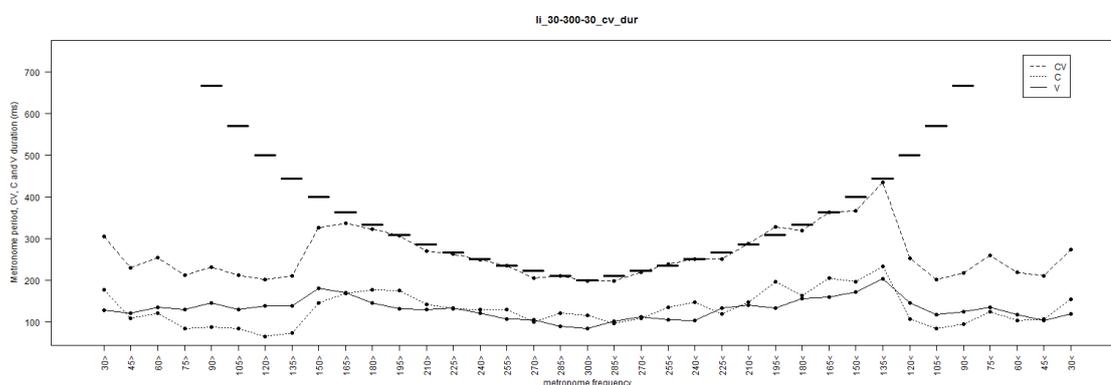


Gráfico 07 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 30-300-30 bpm

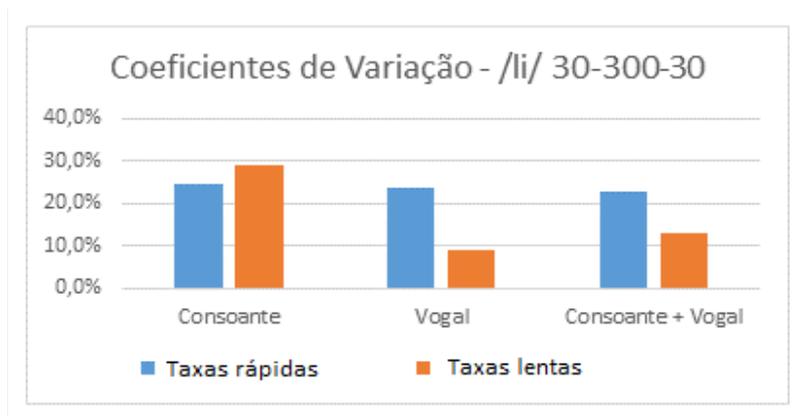


Gráfico 08 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 30-300-30 bpm.

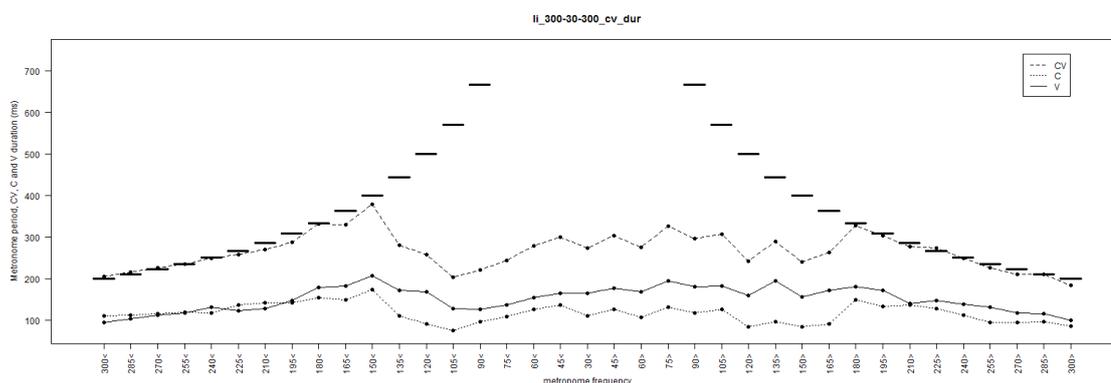


Gráfico 09 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 300-30-300 bpm

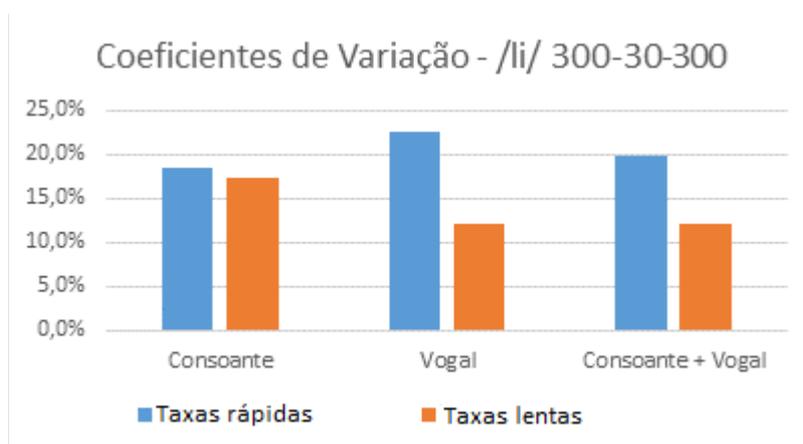


Gráfico 10 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 300-30-300 bpm.

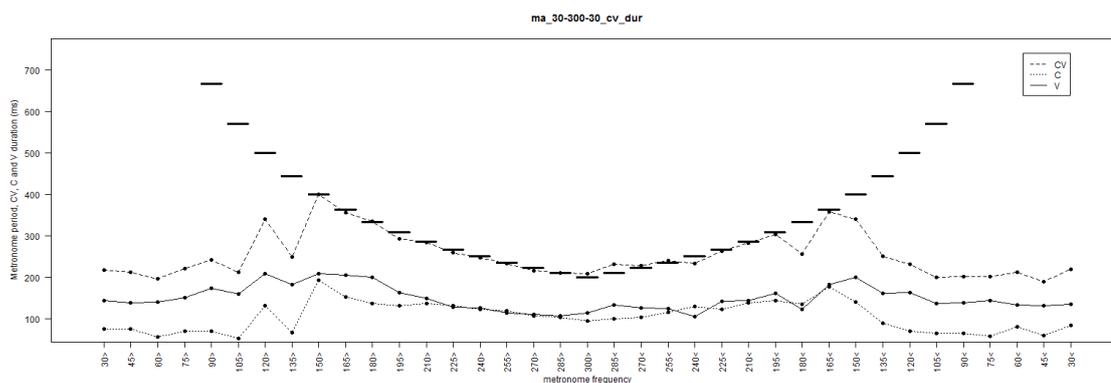


Gráfico 11 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 30-300-30 bpm

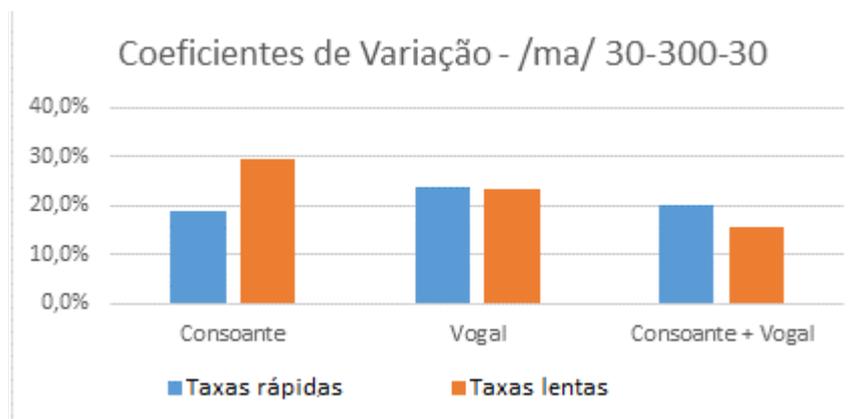


Gráfico 12 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 30-300-30 bpm.

Por esse gráfico observa-se uma pequena divergência com relação ao comportamento geral das durações dos segmentos. A taxa de variação das consoantes é maior nas taxas lentas, ao contrário do comportamento nas outras taxas e sílabas.

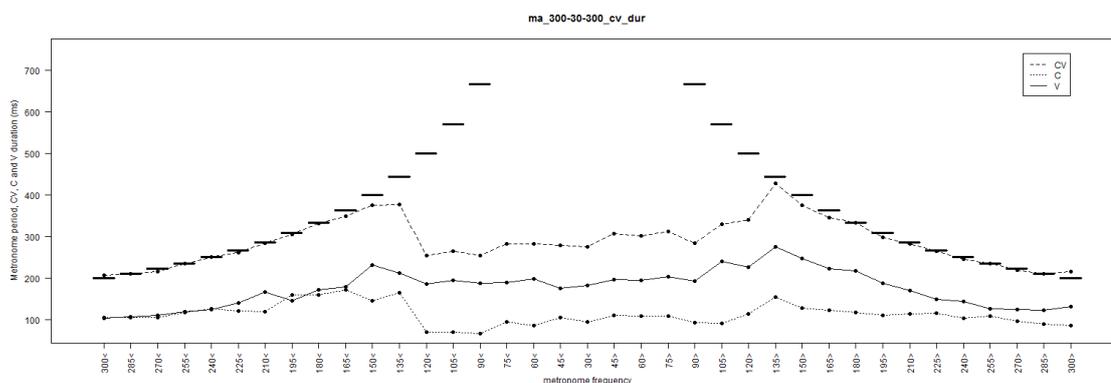


Gráfico 13 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 300-30-300 bpm

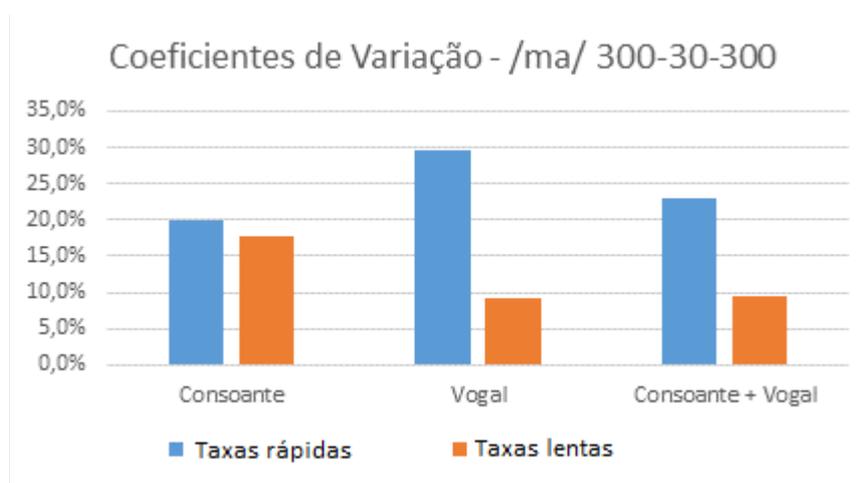


Gráfico 14 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 300-30-300 bpm.

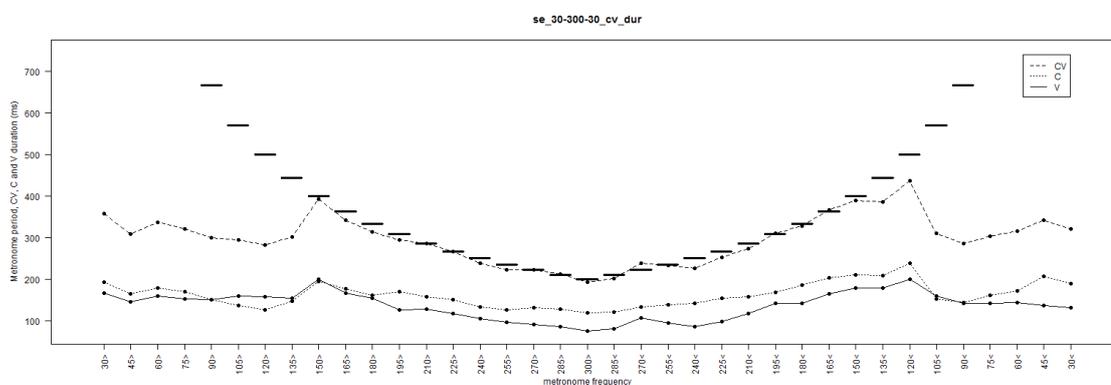


Gráfico 15 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /se/ na taxa de 30-300-30 bpm

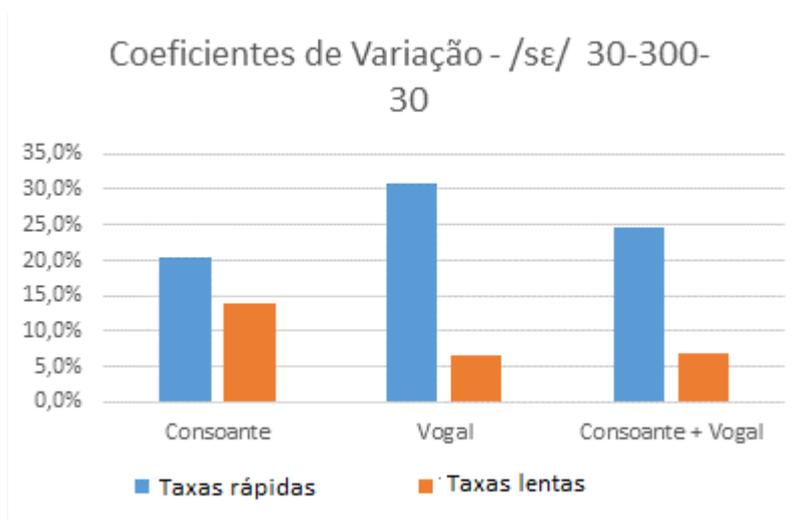


Gráfico 16 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /sɛ/ na taxa de 30-300-30 bpm.

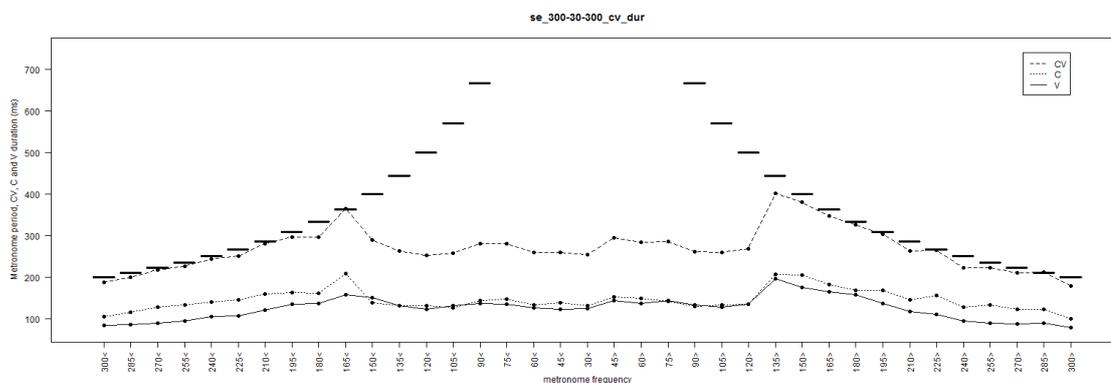


Gráfico 17 - Duração das consoantes e vogais da sílaba /sɛ/ na taxa de 300-30-300 bpm

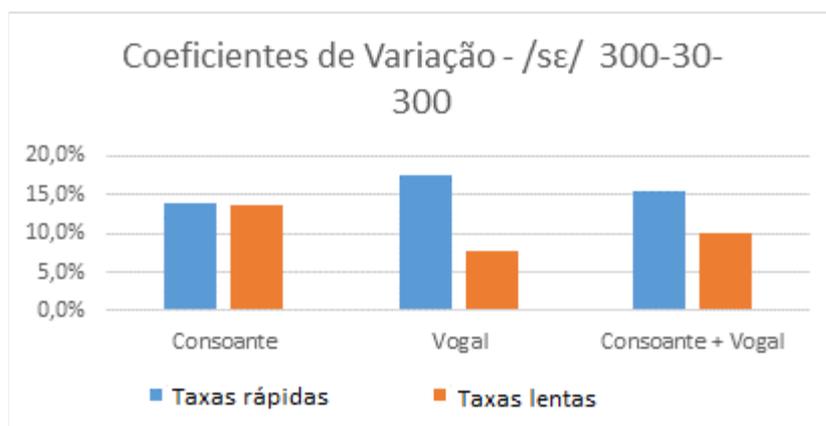


Gráfico 18 - Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /sɛ/ na taxa de 300-30-300 bpm.

Os gráficos referentes à duração dos segmentos demonstram que há um momento – nas taxas mais lentas do metrônomo – em que as durações das vogais e das consoantes são reduzidas. Essas durações se tornam “mais livres”, por assim dizer, com uma duração – que supomos – seja mais confortável para o falante. Nas taxas mais rápidas, o falante tende a prolongar consoantes e vogais, de modo a ‘ocupar’ com produção de fala, todo o intervalo entre as batidas do metrônomo, conforme as figuras:

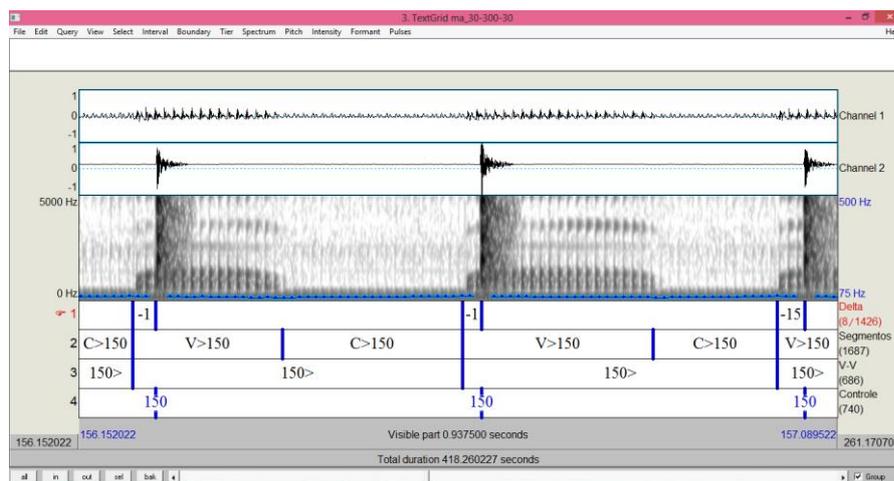


Figura 6 - Duração das consoantes e vogais aumentadas na sílaba /ma/ - produção de fala ocupando todo o intervalo das batidas do metrônomo.

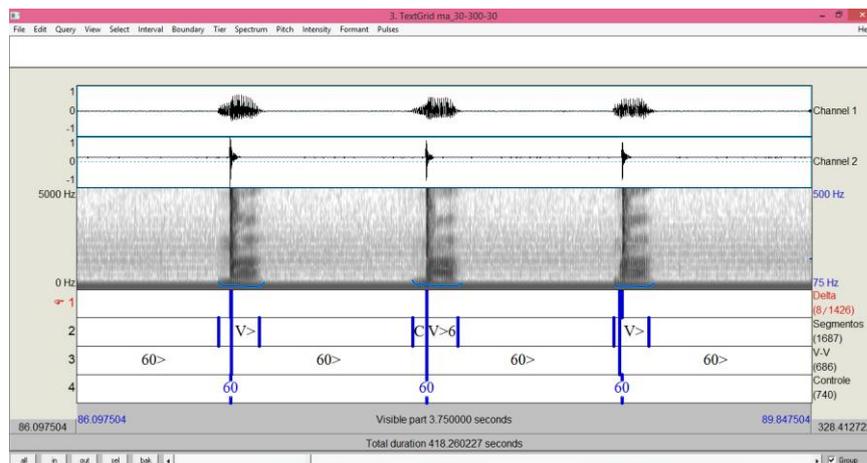


Figura 7 - Duração das consoantes e vogais diminuídas na sílaba /ma/ em taxas mais lentas.

Os gráficos demonstram que em quase todas as sílabas essa ruptura do comportamento de preencher com som (ausência de silêncios entre as sílabas) todo o intervalo entre duas batidas do metrônomo acontece, quase sempre, próximo à taxa de 150 bpm. Ou seja, ele passa a produzir som continuamente quando o intervalo entre as batidas do metrônomo se aproxima de 400-500ms (na maior parte dos casos) ainda que, em algumas situações, os gráficos apontem para que essa ruptura no comportamento aconteça em taxas pouco mais rápidas ou pouco mais lentas (135 bpm ou 165 bpm). Tal mudança de comportamento poderia ter relação com a duração dos grupos acentuais, que segundo Barbosa et al (2005), tem duração média em torno de 550 ms.

Percebe-se também, pela observação dos gráficos, que há uma preferência por variar a duração das consoantes nas taxas mais lentas (menores que 150bpm). O falante produz consoantes mais curtas quando as taxas são mais lentas e as prolonga até que ajuste sua produção de modo a tornar consoantes e vogais aproximadamente isócronas, preenchendo todo o intervalo das batidas do metrônomo. Nas taxas mais lentas, quando a produção se torna mais livre, o falante tende a reduzir as consoantes, mantendo as vogais com duração mais próxima àquela que produzia nas taxas mais rápidas. A duração das vogais mantém-se mais constante do que a das consoantes nas taxas mais rápidas (maiores que 150bpm em geral). As vogais parecem ser os marcadores temporais do ritmo: é ela quem menos varia no comportamento geral do falante. Nas situações em que a duração das consoantes e vogais coincidem com a duração do intervalo entre as batidas do metrônomo, essa duração coincide com o período.

A diferença na duração entre consoantes e vogais é mais acentuada na sílaba /ma/ do que na sílaba /li/ e /se/. Isso pode se dever ao fato de que é articulatoriamente menos custoso prolongar as últimas. Uma razão que pode explicar essa situação, é o fato de que a diferença de energia do /m/ e do /a/ é muito pequena, e a transição CV nesse caso é menos nítida. Além disso, sendo a vogal /a/ mais baixa do que /i/ e /e/, ela exigiria um tempo maior de produção, já que a mandíbula precisa se deslocar mais.

Não incluímos a análise da sílaba /pa/ sob o aspecto da duração dos segmentos, pois seria inviável a medição da duração do /p/.

Muitos autores, como Fowler (1983) e Jong (1992), afirmam que os eventos relacionados ao P-center não podem reduzir-se aos processos perceptuais do ritmo, mas se relacionam com os eventos gestuais da produção de fala. Barbosa et al. (2005) afirmam que P-centers podem ser vistos como uma projeção sobre um eixo temporal inferido durante a realização da tarefa de produzir (e, ao mesmo tempo, perceber) uma sequência de sílabas apoiada por um metrônomo. Para ele, as vogais atuam como atratores de ponto para a tarefa de sincronização e o P-center é considerado como o atrator previsto pelo sujeito realizador da mesma tarefa.

Os achados dessa pesquisa estão em sintonia com esses conceitos. Se nas taxas mais baixas do metrônomo, a produção é mais síncrona – acreditamos que o sujeito consegue prever mais facilmente a batida do metrônomo e sincronizar sua produção, situação essencialmente vinculada à percepção do ritmo –, nas taxas mais rápidas, ele tende a preencher todo o ‘espaço’ entre as batidas do metrônomo com a produção de fala, ajustando a duração dos segmentos – especialmente das consoantes – para conseguir manter a sincronia. Essa situação é mais próxima do que acontece na fala espontânea (não temos intervalos de 2s entre uma sílaba e outra quando falamos espontaneamente). Tal achado corrobora a ideia de que as vogais seriam as carreadoras do ritmo da fala.

Fazendo uma analogia com outras funções orgânicas regidas por controle nervoso, poderíamos comparar a fala espontânea a um sistema que pode ser regido, também, de modo autonômico. Sabemos que a linguagem é uma função cortical superior e áreas corticais específicas (área 44 de Brodman) fazem a programação motora da fala e que diversas estruturas corticais determinam o ritmo (conforme Lent (2010), Grahn e Brett (2004), Grahn e Watson (2013), Kuck et al. (2003), Thaut et al. (2014)). As funções corticais – regidas por estruturas mais altas do sistema nervoso – são passíveis de controle voluntário. No entanto, pensar a fala espontânea como sendo uma função programada ‘evento-a-evento’ não parece ser viável. Não é econômico. O experimento reporta essa

condição: quando os intervalos entre as batidas do metrônomo permitem uma maior previsibilidade, o sujeito consegue fazer um alinhamento mais preciso de sua produção com o metrônomo. Quando as taxas aumentam, a produção parece se tornar mais autonômica, regida então por mecanismos mais “automáticos” como previsto pela TSD. Quem passa a organizar o ritmo é o fluxo contínuo das vogais, interrompido pelas consoantes, conforme o modelamento dinâmico do ritmo da fala proposto por Barbosa (2006).

Barbosa *et al.* (2005) associam mudanças no comportamento observado em seu experimento aos dois modos de processamento do ritmo descritos por Kohno (2000). O comportamento nas taxas mais lentas evocaria o processamento analítico do ritmo. O andamento mais rápido, o processamento holístico. Em nosso experimento observamos também uma mudança importante de comportamento que poderia remeter a essas condições. Nas taxas mais lentas, em que se permite o processamento analítico – um a um – observa-se a produção mais livre, com a duração de consoantes e vogais diminuída. Nas taxas mais rápidas, o comportamento do falante muda e as durações dos segmentos passam a preencher todo o tempo entre as batidas do metrônomo. Aqui encontraríamos o processamento holístico.

No início desse trabalho, pensávamos encontrar melhor desempenho do falante nas taxas do metrônomo que fossem mais próximas da taxa habitual do falante, conforme descrito pelos trabalhos de Barbosa (2006). O que vimos foi, na verdade, uma mudança importante no comportamento nas taxas em torno de 150 bpm. Os trabalhos descritos nessa pesquisa (Morton, Marcus e Frankish (1976), Marcus (1981), Pompino-Marschall (1989), Fowler (1983), Jong (1992)) não fazem referência à influência das taxas do metrônomo sobre o comportamento do falante. Tal situação pode dever-se ao fato de tais trabalhos não terem observado uma gama tão grande de variações dessas taxas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A observação dinâmica do comportamento nesse experimento permitiu verificar que o sujeito mantém sincronia mais precisa entre sua produção e o metrônomo nas taxas mais lentas do metrônomo e que a variação das taxas tem importante reflexo sobre o comportamento do falante. Reafirma-se a hipótese de que o estado preferencial do sistema – o atrator silábico – seja a transição CV, que é preferencialmente alinhada à batida do metrônomo.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION (ASHA). Central auditory processing: current status of research and implications for clinical practice. *Am. J. Audiol.*, v. 5, p. 41-54, 1996.
- AZZOLINI, V. C. e FERREIRA, M. I. D. C. Processamento Auditivo Temporal em Idosos. *Arq. Int. Otorrinolaringol. / Intl. Arch. Otorhinolaryngol.*, São Paulo - Brasil, v.14, n.1, p. 95-102, Jan/Fev/Março - 2010.
- BAGESTON, R. F. Sincronização de fase em sistemas caóticos e sua aplicabilidade ao reconhecimento de padrões. 2010. 250 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada): INPE, São José dos Campos, 2011.
- BALEN, S. A., LIEBEL G., BOENO, M. R. M. e MOTTECY, C. M. Resolução temporal de crianças escolares. *Rev CEFAC*, v.11, Supl1, 52-61, 2009.
- BARBOSA, P. A. Análise e modelamento dinâmicos da prosódia do português brasileiro. *Revista de Estudos da Linguagem*, v. 15, p. 75-96, 2007.
- BARBOSA, P. A. At least two macrorhythmic units are necessary for modeling brazilian portuguese duration: emphasis on segmental duration generation. *Cadernos de Estudos Linguísticos*, n. 31, p. 33-53, 1996.
- BARBOSA, P. A. Elementos para uma tipologia do ritmo (linguístico) da fala à luz de um modelo de osciladores acoplados. *In Cognito-Cadernos Românicos em Ciências Cognitiva*, v. 2, n. 1, p. 31-58, 2004.
- BARBOSA, P. A., ARANTES, P., MEIRELES, A. R. e VIEIRA, J. M. Abstractness in Speech-Metronome Synchronisation: P-Centres as Cyclic Attractors, *Interspeech*, p. 4-8, Lisboa, Setembro 2005.
- BARBOSA, P.A. (2009). Prosódia. *Enciclopédia Virtual de Psicolinguística*. Disponível em: <http://wikipsicolinguistica.org.br>, acessado em 15/out/2013.
- BARBOSA, P.A. Do ritmo como regularidade: o atrator silábico. In: _____. *Incursões em torno do ritmo da fala*. Campinas: Pontes. 2006, p.29-98.
- BISHOP, D. V. M. What causes specific language impairment in children? *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, New York, v. 15, n. 5, p. 217-21, Oct. 2006.
- CUMMINS, F. Rhythm as entrainment: The case of synchronous speech. *Journal of Phonetics*, vol. 37, p. 16–28, 2009.
- DOUGLAS, C. R. *Fisiologia Aplicada À Fonoaudiologia - 2ª Ed.* 2007. Ed. Guanabara-koogan. Rio de Janeiro.

- EGGERMONT, J. J. Neural responses in primary auditory cortex mimic psychophysical, across-frequency-channel, gap-detection thresholds. *J Neurophysiol*; v. 84:1453-63, 2000.
- FORTUNATO-TAVARES, T., ROCHA, C. N., ANDRADE, C. R., BEFI-LOPES, D. M., SCHOCHAT, E. e HESTVIK, A. Linguistic and auditory temporal processing in children with specific language impairment. *Pró-Fono*; v. 21, n. 4:279-84
- FROTA, S. e PEREIRA, L. D. Processos temporais em crianças com déficit de consciência fonológica. *Rev Iberoam Educac.*; v. 33, n. 9, p. 1-9, 2004.
- GRAHN, J. A.; BRETT, M. Beat-based rhythm processing in the brain. Proceedings of the 8th International Conference of Music Perception and Cognition, Evanston. Australia. *Oxford Journals*. Vol. 31, p. 25-30, 2013.
- GRONDIN, S. From Physical Time to the First and Second Moments of Psychological Time, *Psychological Bulletin*, vol. 127, n. 1, p. 22-44, 2001.
- GUILHERME, L. D. S. Processamento auditivo em disléxicos: padrão de duração, sequencialização e teste dicótico não verbal [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.
- ISHII, C., ARASHIRO, P. M. e PEREIRA, L. D. Ordenação e resolução temporal em cantores profissionais e amadores afinados e desafinados. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, Barueri (SP), v. 18, n. 3, p. 285-292, set.-dez 2006.
- IVRY R. B.; SCHLERF, J. E. Dedicated and intrinsic models of time perception. *Trends Cogn Sci*, vol. 12, n. 7, 273-80. Jul. 2008.
- JANKER, P. M. Evidence for the p-center syllable-nucleus-onset correspondence hypothesis, *ZAS Papers in Linguistics (ZASPIL)*, vol. 7, p. 94-124, 1996.
- JONG, K. Acoustic and articulatory correlates of p-center perception. *ICP*, n. 81. Grenoble, julho 1992.
- KELSO, J. A.; SOUTHARD, D. L. E GOODMAN, D. On the nature of human interlimb coordination. *Science*, Vol. 203, p. 1029-31, Mar 1979.
- KOHNO, M. Rhythmic patterns in languages and psychology of speech perception. *Psycholinguistics on the threshold of the year 2000*, p. 793-97. 2000.
- KUCK, H.; GROSSBACH, M.; BANGERT, M. ALTENMÜLLER, E. Brain processing of meter and rhythm in music: Electrophysiological evidence of a common network. *Ann N Y Acad Sci*. p. 244-53. Nov 2003.
- LENT, R. Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais em neurociências. 2^a ed. Rio de Janeiro: Ed. Atheneu. 2010.

- LINDEN, J. F.; SCHREINER, C. E. Columnar transformations in auditory cortex? A comparison to visual and somatosensory cortices. *Cerebral Cortex*. Vol. 13, n. 1, p. 83-9. 2003.
- MARCUS, S. M. Acoustic determinants of perceptual center (P-center) location. *Perception and psychophysics*, n. 30, vol. 3, p. 247-256, 1981.
- MORTON, J., MARCUS, S. e FRANKISH, C. Perceptual Centers (P-centers), *Psychological Review*, vol. 83, no. 5, pp. 405-8, 1976.
- MUNIZ, L. F., ROAZZI, A., SCHOCHAT, E., TEIXEIRA, C. F. e LUCENA, J. A. Avaliação da habilidade de resolução temporal, com uso de tom puro, em crianças com e sem desvio fonológico. *Rev CEFAC*, São Paulo, v.9, n.4, 550-562, out-dez, 2007.
- PHILLIPS, D. P.; HALL, S. E. Response timing constraints on the cortical representation of sound time structure. *The Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 88, n. 3, p. 1403-11. 1990.
- PHILLIPS, S. L., GORDON-SALANT, S., FITZGIBBONS, P. J. e YENI-KOMSHIAN, G. Frequency and temporal resolution in elderly listeners with good and poor word recognition. *J. Speech Lang. Hear. Res.*, Rockville, v. 43, n. 1, p. 217-218, fev. 2000.
- PINHEIRO, M. L. e MUSIEK, F. E. Sequencing and temporal ordering in the auditory system. In: Keith RW. Assessment of central auditory dysfunction foundations and clinical correlates. Baltimore: Williams & Wilkins; 1985. p. 219-38.
- POMPINO-MARSCHALL, B. On the psychoacoustic nature of the P-center phenomenon, *Journal of Phonetics*, vol. 17, pp. 175-92, 1989.
- PÖPPEL, E. A hierarchical model of human time perception. *International Journal of Psychophysiology*, vol. 7, p. 357-9, agosto 1989.
- PÖPPEL, E. A hierarchical model of temporal perception, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 1, no. 2, pp. 56-61. 1997.
- R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- ROACH, P. On the distinction between 'stress-timed' and 'syllable-timed' languages. *Linguistic Controversies*. P. 73-79, 1982.
- SAMELLI, A. G. e SCHOCHAT, E. Processamento auditivo, resolução temporal e teste de detecção de GAP: revisão da literatura. *Rev CEFAC*, São Paulo, v.10, n.3, 369-377, jul-set, 2008.

- SAMS, M. *et al.* The human auditory sensory memory trace persists about 10s: neuromagnetic evidence. *J. Cogn. Neurosci.* Vol. 5, p. 363-370, 1993.
- SHINN, J. B. Temporal processing: the basics. *Hearing Journal, Pathways*, 56 (7), p. 52, jul. 2003.
- SPENCE, C. e SQUIRE, S. Multisensory Integration: Maintaining the Perception of Synchrony. *Current Biology*, vol. 1, p. R519–R521, julho 2003.
- ŠTURM, P.; VOLÍN, J. P-centres in natural disyllabic Czech words in a large-scale speech-metronome synchronization experiment. *Journal of Phonetics*, vol. 55, p. 38–52, março 2016.
- TATHAM, M. Dynamic articulatory phonology and the supervision of speech production. In: ELENIUS, K. (ed) *Proceedings of ICPHS 95*. Stockholm: Royal Institute of Technology. p. 58-61. 1995.
- THAUT, M. H.; TRIMARCHI, P. D. e PARSONS, L. M. Human Brain Basis of Musical Rhythm Perception: Common and Distinct Neural Substrates for Meter, Tempo, and Pattern. *Brain Sci.* Vol. 4, p. 428-452, 2014.
- VILLING, R. C. Hearing the Moment: Measures and Models of the Perceptual Centre. 2010. 312 f. Tese (Doutorado em Filosofia): National University of Ireland, Maynooth, 2010.
- ZAIDAN, E., GARCIA, A. P., TEDESCO, M. L. F. e BARAN, J. A. Desempenho de adultos jovens normais em dois testes de resolução temporal. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, vol. 20, n. 1, p. 19-24. jan-mar 2008.
- ZEIGELBOIM, B. S., KLAGENBERGA, K. F., LIBERALOSSA, P. B. N., MENEZES, P. e GONÇALVES, D. V. Avaliação Neurofisiológica das Vias Auditivas e do Equilíbrio na Afasia de Broca – Apresentação de um caso ilustrativo. *J Epilepsy Clin Neurophysiol*, vol. 16, n. 4, p. 143-148, 2010.

ANEXO A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu EDINIZIS BELUSI DE MELO, responsável pela pesquisa PERCEPTUALCENTER: PARA O ESTUDO DE FATORES FONÉTICOS E RÍTMICOS NA SINCRONIZAÇÃO FALA-METRÔNOMO, estou fazendo um convite para você participar como voluntário deste estudo.

Esta pesquisa pretende estudar os processos envolvidos na produção de ritmo da fala. Acreditamos que ela seja importante para as Ciências da Fala, porque pode oferecer dados significativos para a compreensão de tais processos. Para a realização deste estudo você será convidado a realizar a gravação de uma amostra da sua fala. Durante o procedimento de gravação será solicitado que você repita algumas sílabas enquanto você ouve as batidas de um metrônomo em um fone de ouvido. Sua participação constará apenas da gravação dessa amostra da sua fala. A análise da sua fala será feita com auxílio de um programa de análise acústica, específico para estudos de fala e voz, e em nenhum momento você será identificado.

Essa pesquisa não oferece riscos à sua integridade física ou moral, e você não sofrerá nenhum tipo de sanção caso se recuse a participar.

Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato com algum dos pesquisadores. Os contatos estão disponíveis ao final deste documento. Você tem garantido o seu direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação, pela sua decisão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais, e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos pelos pesquisadores.

Contatos dos pesquisadores:

Edinizis Belusi de Melo: e.belusi@gmail.com Tel.: 61 8281-9258 (pesquisadora)
SCRS 513, BL C, ENTR 3 AP 209

Aveliny Lima: aveliny@unb.br Tel: 61 8602-1718 (orientadora)

ENDEREÇO: Comitê de Ética em Pesquisa: Universidade de Brasília – Campus
Universitário

Darcy Ribeiro – Instituto Central de Ciências (ICC) – Centro – Mezanino –
Departamento de

Serviço Social, Sala B1 683. www.cepih.org.br cep_ih@unb.br

ANEXO B

Autorização:

Eu, _____, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto expresso minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Assinatura do voluntário

Nome por extenso: _____

Assinatura de uma testemunha

Nome por extenso: _____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste voluntário (ou de seu representante legal) para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE

ANEXO C

Script “Duration.praat”

```
# Takes one or multiple segmented TextGrid files and extracts
duration values # in milliseconds for non-empty intervals in a user-
specified interval tier. #
# Input:
# Previously segmented TextGrid files
#
# Output:
# Duration in milliseconds for segmented TextGrid are written to a tab-
separated report file. #
# Comments:
# Script file and user files don't need to be in the same file directory.
#
# Copyright (C) 2008-2013 Pablo Arantes
#
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as
published by # the Free Software Foundation; either version 2 of
the License, or # (at your option) any later version.
#
# This program is distributed in the hope that it will be useful,
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied
warranty of # MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A
PARTICULAR PURPOSE. See the
# GNU General Public License for more details.
#
# You should have received a copy of the GNU General
Public License # along with this program. If not, see
<http://www.gnu.org/licenses/>.
```

form duration.praat comment If "Single file" is selected you will be prompted to select a TextGrid file. comment If "Multiple files" is selected you have to provide the path to a folder containing TextGrid files.

choice Mode: 1

button Single file

button Multiple files

comment Directory where the TextGrid files are (only if "Multiple files" mode is selected) sentence Folder comment Tier from which duration should be extracted:

integer Tier comment Report folder and name

sentence Report

comment What character to use as column separator on the report file

optionmenu Column_separator: 1

button Tab

button Comma

button Space

endform

if column_separator = 1

sep\$ = tab\$

elseif column_separator = 2

sep\$ = ","

else

sep\$ = " "

endif

filedelete 'report\$'

if mode = 1

fileappend 'report\$' label'sep\$'position'sep\$'dur'newline\$'

else

fileappend 'report\$'

file'sep\$'label'sep\$'position'sep\$'dur'newline\$' endif if mode = 1

```

files = 1
file$ = chooseReadFile$ ("Choose a
TextGrid file")
if file$ <> ""
  grid = Read from file... 'file$'
endif
else
list = Create Strings as file list...
fileList 'folder$*.TextGrid
files = Get number of strings
if files < 1
  exit There are no TextGrid files on
'folder$'.
endif
endif

# Count number of files with empty selected tiers
empty = 0
empty$ = ""
for file to files
if mode = 2
  select list
  file$ = Get string... 'file'
  grid = Read from file... 'folder$"file$'
  file$ = selected$("TextGrid")
endif
  is_inter_tier = Is interval tier... tier if is_inter_tier = 0 exit
Tier 'tier' in TextGrid 'file$' is not an interval tier.
endif
  sel = Extract one tier... tier tab =
Down to Table... no 6 no no n = Get number
of rows
  # Process only tiers with non-empty intervals
if n = 0

```

```

# Collect info about empty tiers
    empty += 1
    empty$ = empty$ + "'empty') " + file$ +
newline$    else
    for i to n
        label$ = object$[tab, i, 2]
        start = object[tab, i, 1]
    end = object[tab, i, 3]
    dur = round((end - start) * 1000)
    if mode = 1
        fileappend 'report$' 'label$"sep$"i"$sep$"dur"newline$'
    else
        fileappend 'report$' 'file$"sep$"label$"sep$"i"$sep$"dur"newline$'
    endif
    endfor
    endif
    select grid plus sel plus
tab    Remove
    endfor

    if mode = 2
    select list
    Remove
    endif

# Warn user about files where selected tier has no non-
empty intervals if empty > 0    clearinfo    printline * Warning
*    printline
    printline There are 'empty' TextGrid files where there are no filled intervals on
tier 'tier'.newline$See list below.    printline    print 'empty$' endif

```

ANEXO D

Script “Delta_to_phase.praat”

```

# Prepare phase asynchrony table file from duration deltas
#
# created: 2014-09-12
#
# Pablo Arantes <pabloarantes@gmail.com>

form delta_to_phase
  sentence Path D:\p-center\experimento_I-2\ma\30-300-
30\  sentence File ma_30-300-30_delta.txt  sentence
Report ma_30-300-30_phase.txt
endform

deleteFile: path$ + report$
writeFileLine: path$ + report$, "bpm", tab$, "bpmdir", tab$, "direction", tab$,
"phase"

tab = Read Table from tab-separated file: path$ + file$
nrow = Get number of rows

for i to nrow
label$ = object$[tab, i, 1]
num$ = left$(label$, length(label$) - 1)
num = number(num$)
  # Ignore transition beats  if
abs(num) mod 5 = 0
  # metronome to vowel onset asynchrony (in ms)  delta =
object[tab, i, 3]
  # find metronome beat period corresponding to a given bpm rate
  period = (1/num) * 60 * 1000
  phase = (delta / period) * 360

```

```
    appendFileLine: path$ + report$, abs(num), tab$, string$(abs(num)) +  
right$(label$, 1), tab$, right$(label$, 1), tab$, fixed$(phase, 1)  
endif  
endfor  
removeObject: tab
```

ANEXO E

Script “v-to-v_periods.praat”

```

# Prepare V-to-V period table file from raw period duration
#
# created: 2014-09-15
#
# Pablo Arantes <pabloarantes@gmail.com>

form delta_to_phase
sentence Path D:\p-center\experimento_I-2\ma\30-300-30\
  sentence File ma_30-300-30_T.txt sentence
Report ma_30-300-30_periods.txt
endform

deleteFile: path$ + report$
writeFileLine: path$ + report$, "bpm", tab$, "bpmdir", tab$, "direction", tab$,
"period", tab$, "ratio"

tab = Read Table from tab-separated file: path$ + file$
nrow = Get number of rows

for i to nrow
label$ = object$[tab, i, 1]
num$ = left$(label$, length(label$) - 1)
num = number(num$)
  # Ignore transition beats    if
abs(num) mod 5 = 0
  # metronome to vowel onset asynchrony (in ms) period =
object[tab, i, 3]
  # find metronome period corresponding to a given bpm rate
metro = (1/num) * 60 * 1000
ratio = (period - metro) / metro

```

```
appendFileLine: path$ + report$, abs(num), tab$, string$(abs(num)) +  
right$(label$, 1), tab$, right$(label$, 1), tab$, period, tab$, fixed$(ratio, 4)  
endif  
endfor  
removeObject: tab
```

Comportamento nas taxas de direção única

Apresentação dos resultados do Teste-*t* de amostra única para assincronia de fase e de período para as sílabas estudadas, nas taxas de batida do metrônomo de 30-300 bpm e 300-30bpm.

ANEXO F

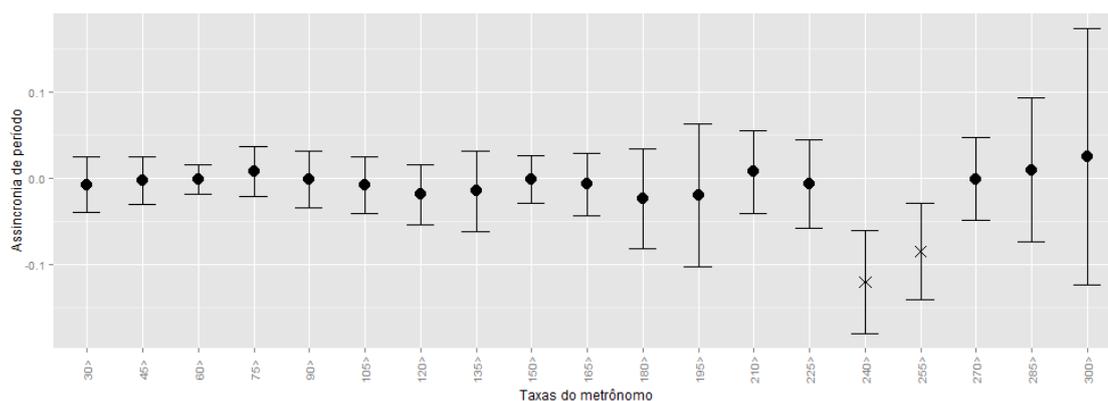


Gráfico F1 – Sincronia de período entre a produção da Sílabla /li/ e o metrônomo nas taxas 30-300 bpm.

A dessincronia aqui é observada apenas para as taxas de 240 e 255 bpm.

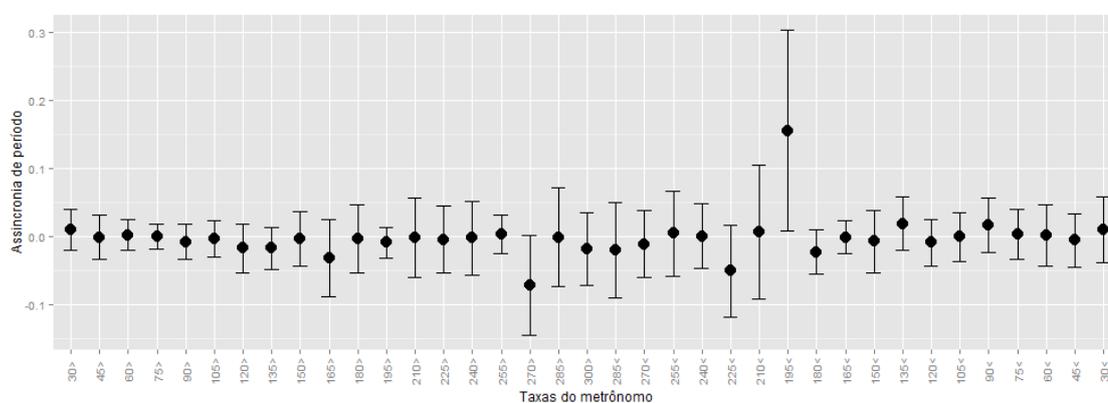


Gráfico F2 – Sincronia de período entre a produção da Sílabla /li/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 bpm.

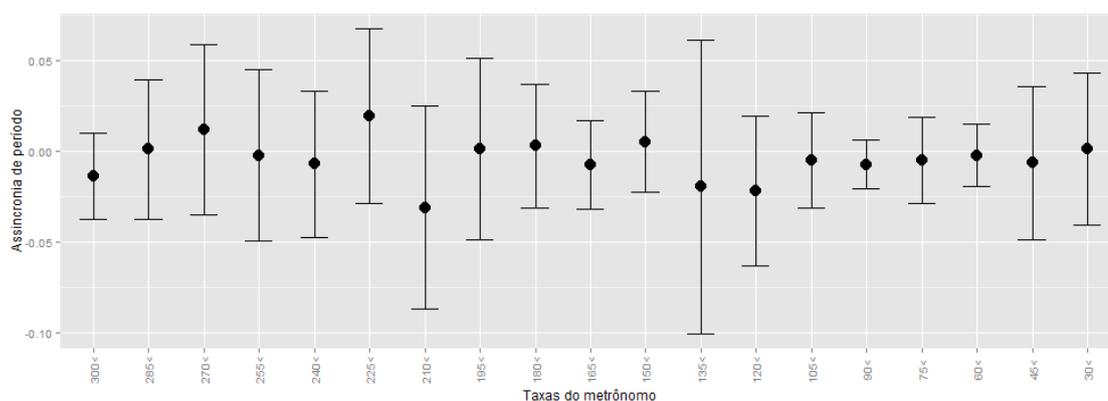


Gráfico F3 – Sincronia de período entre a produção da Sílabla /li/ e o metrônomo nas taxas 300-30 bpm.

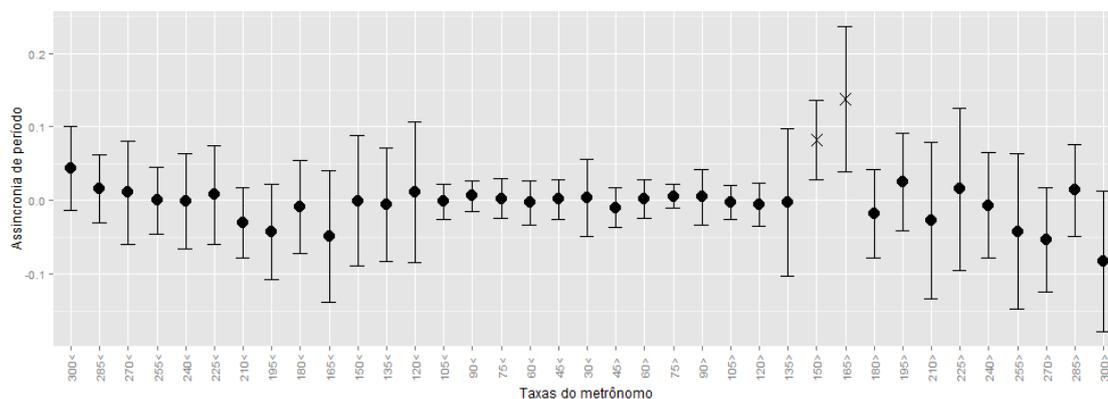


Gráfico F4 – Sincronia de período entre a produção da Sílabla /li/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 bpm.

A dessincronia aqui é apresentada apenas para as taxas de 150 e 165 bpm.

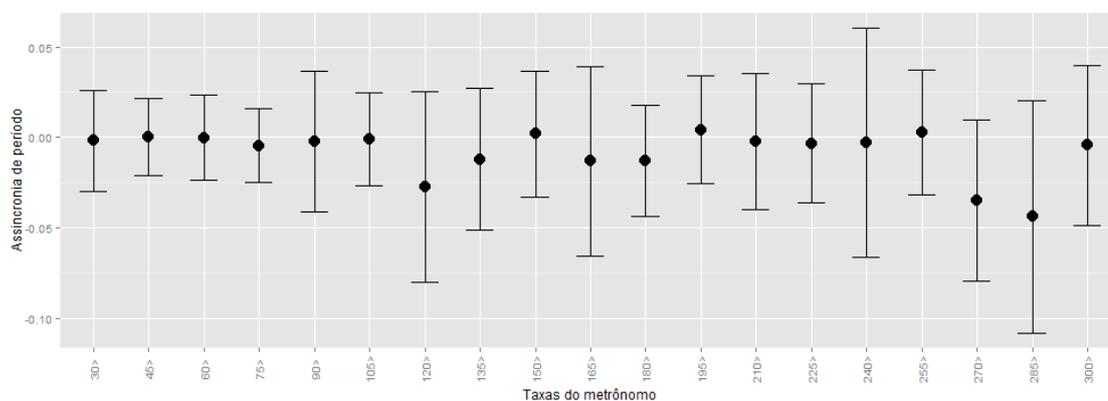


Gráfico F5 – Sincronia de período entre a produção da sílabla /ma/ e o metrônomo nas taxas 30-300 bpm.

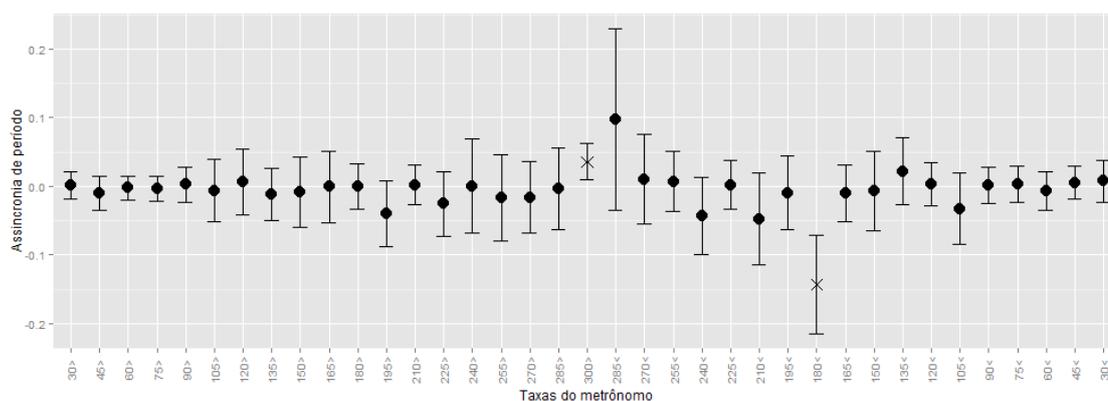


Gráfico F6 – Sincronia de período entre a produção da sílabla /ma/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 bpm.

A dessincronia aqui é apresentada apenas nas taxas de 300 bpm e 180 bpm na desaceleração.

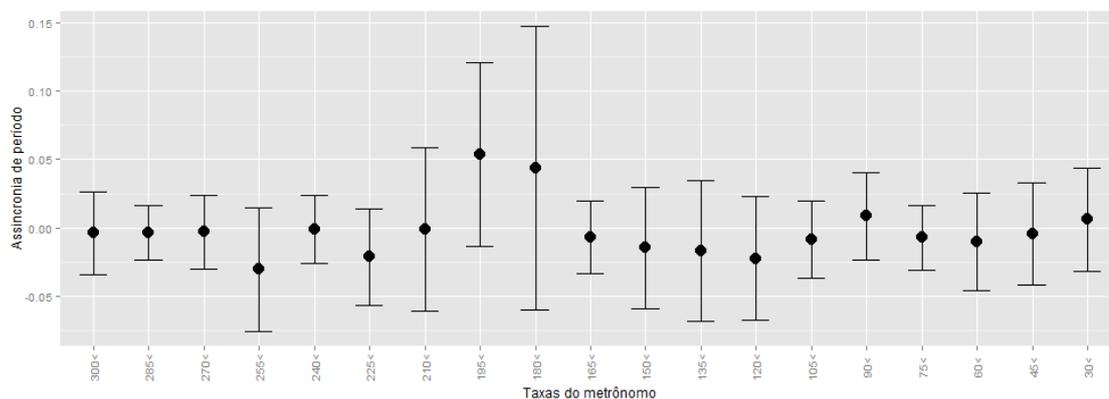


Gráfico F7 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /ma/ e o metrônomo nas taxas 300-30 bpm.

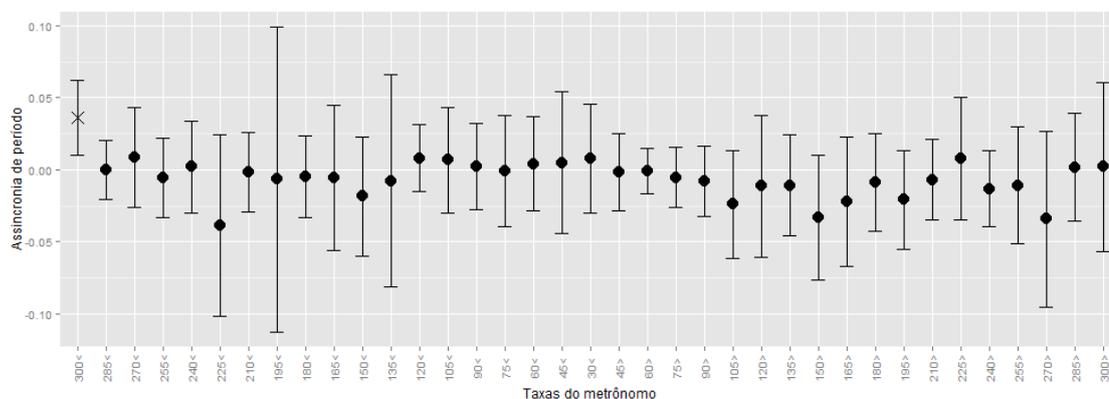


Gráfico F8 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /ma/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 bpm.

A dessincronia aqui é observada apenas na taxa inicial de 300 bpm.

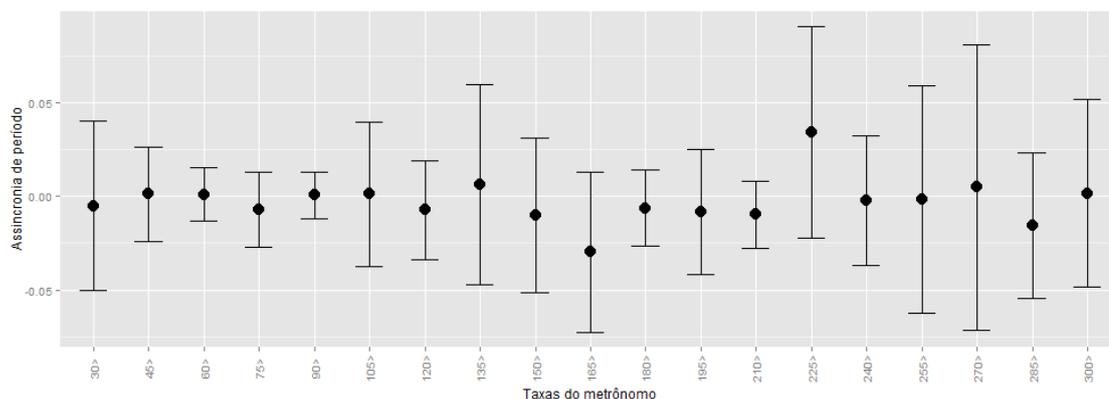


Gráfico F9 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /pa/ e o metrônomo nas taxas 30-300 bpm.

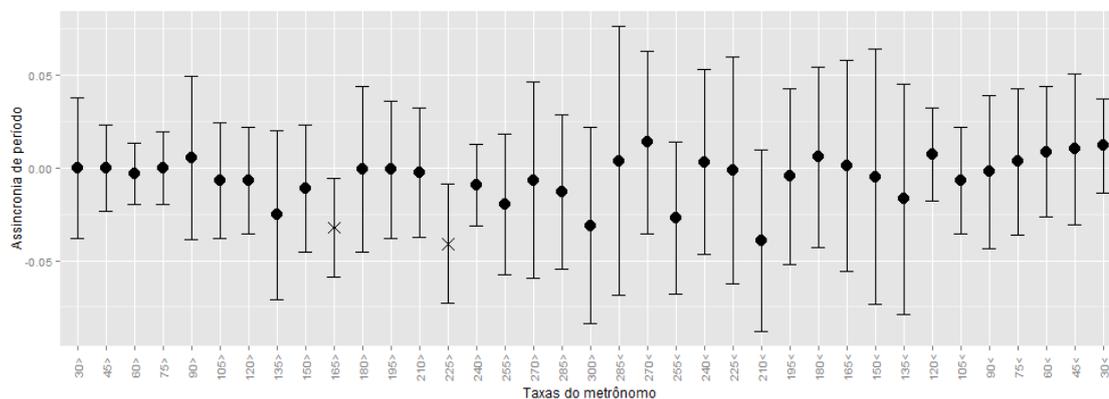


Gráfico F10 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /pa/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 bpm.

A dessincronia aqui é apresentada apenas para as taxas de 165 e 225 bpm, durante a aceleração do metrônomo.

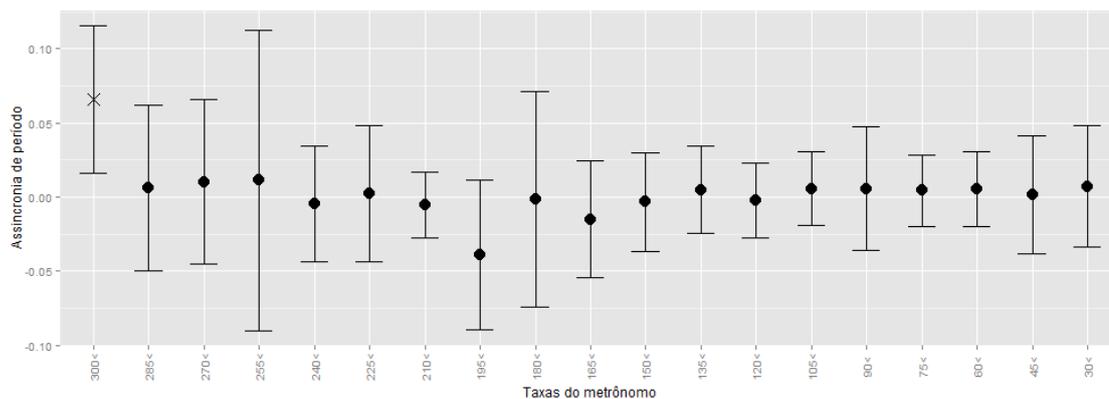


Gráfico F11 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /pa/ e o metrônomo nas taxas 300-30 bpm.

A dessincronia aqui é apresentada apenas na taxa inicial de 300 bpm.

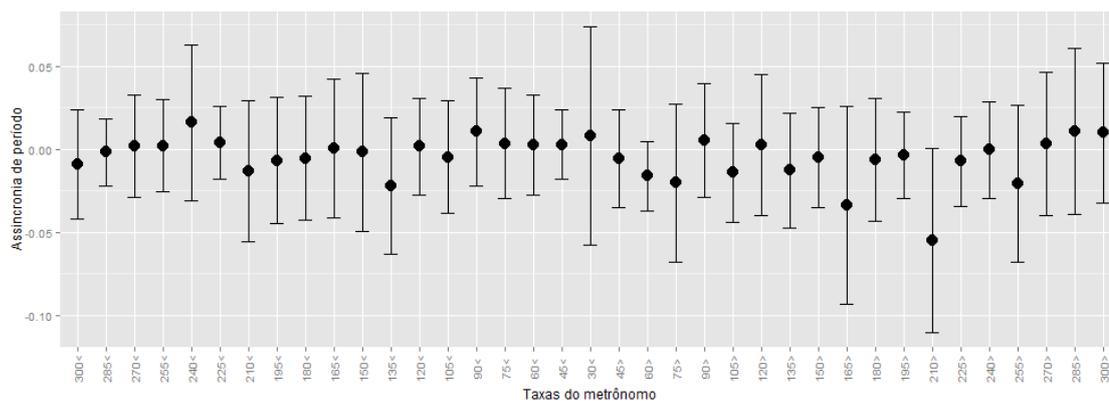


Gráfico F12 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /pa/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 bpm.

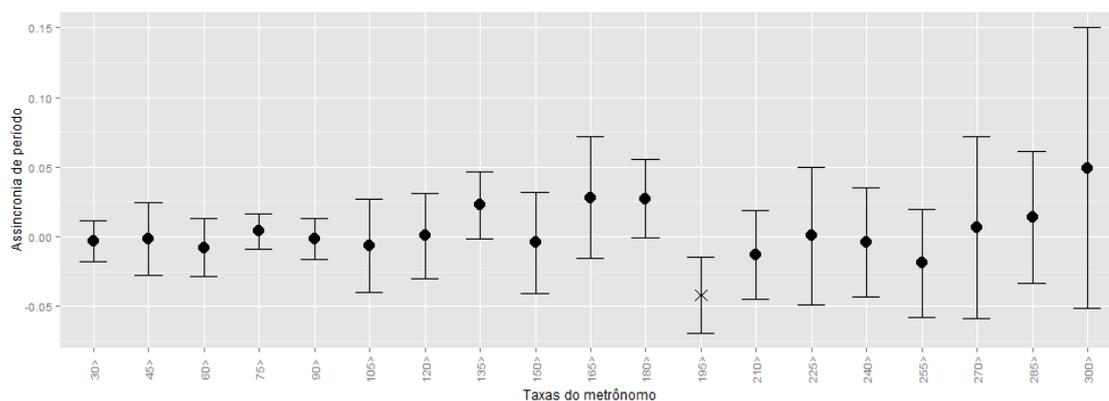


Gráfico F13 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /se/ e o metrônomo nas taxas 30-300 bpm.

Dessincronia apresentada apenas na taxa de 195 bpm.

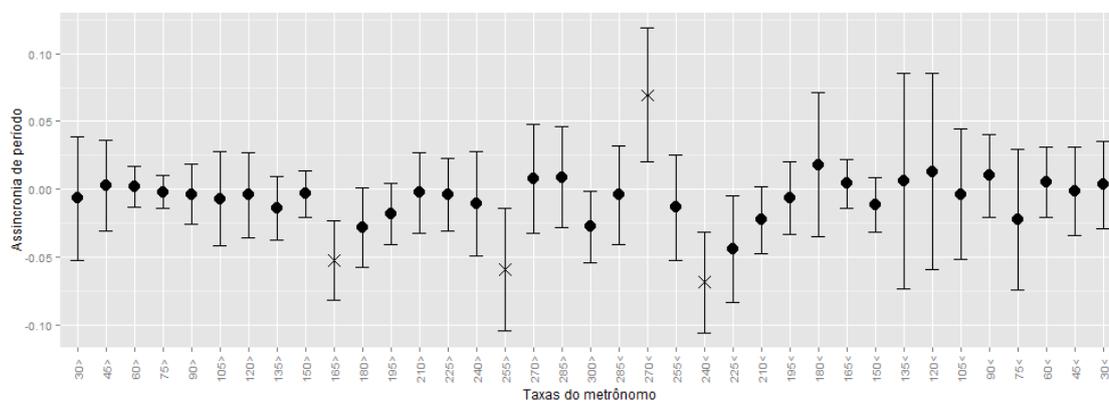


Gráfico F14 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /se/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 bpm.

Dessincronia apresentada apenas nas taxas de 165 e 255 bpm, durante a aceleração do metrônomo e para as taxas de 270 e 240 bpm, na desaceleração do metrônomo.

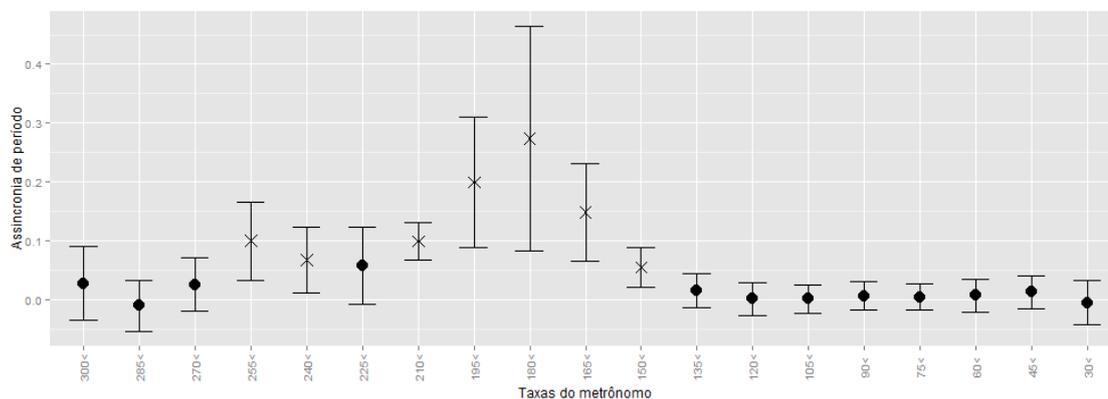


Gráfico F15 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /se/ e o metrônomo nas taxas 300-30 bpm.

Maior ocorrência de dessincronia para esta sílaba: presente nas taxas de 255, 240, 210, 195, 180, 165 e 150 bpm.

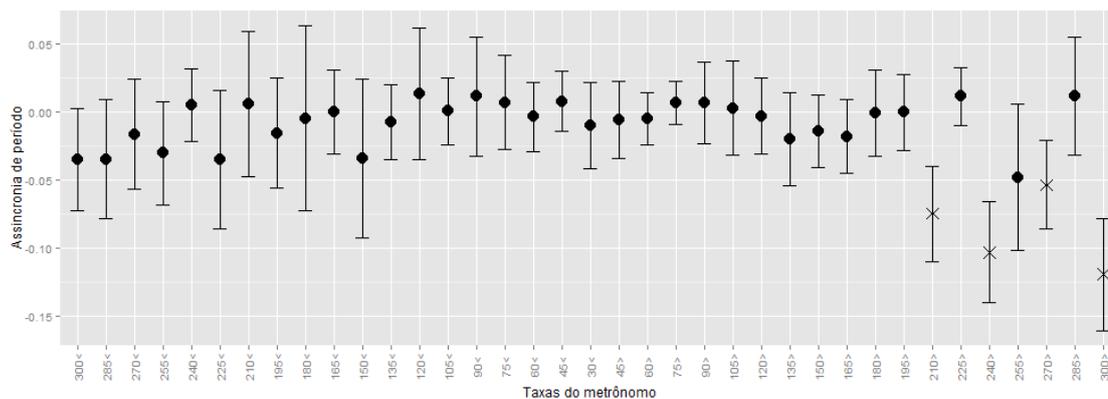


Gráfico F16 – Sincronia de período entre a produção da sílaba /se/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 bpm.

Dessincronia presente em 210, 240, 270 e 300 bpm, na aceleração do metrônomo.

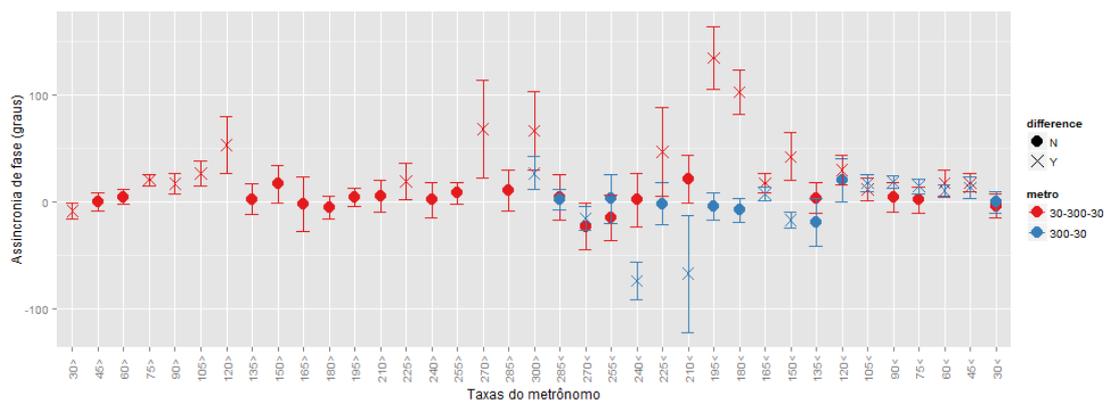


Gráfico F17 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /li/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 e 300-30 bpm.

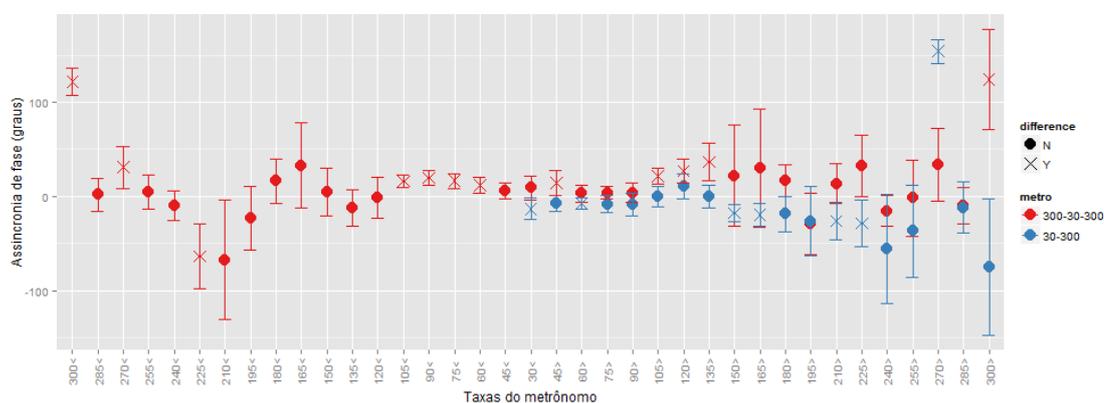


Gráfico F18 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /li/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 e 30-300 bpm.

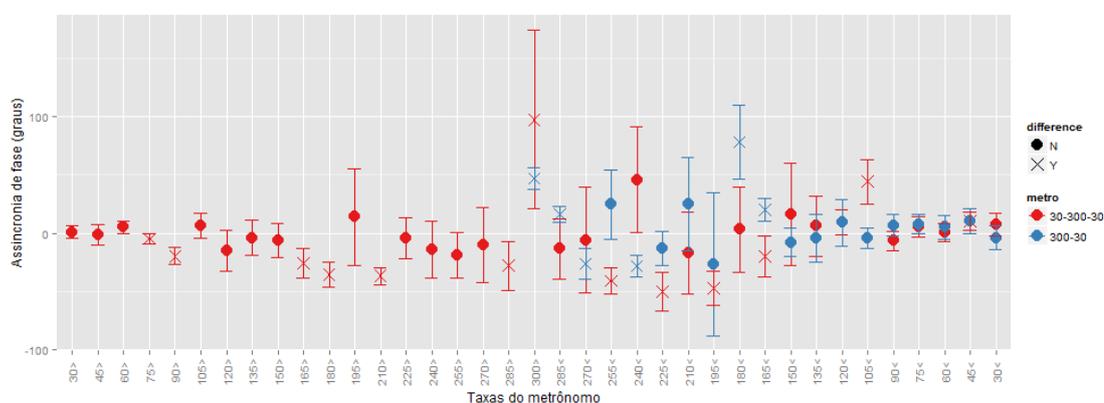
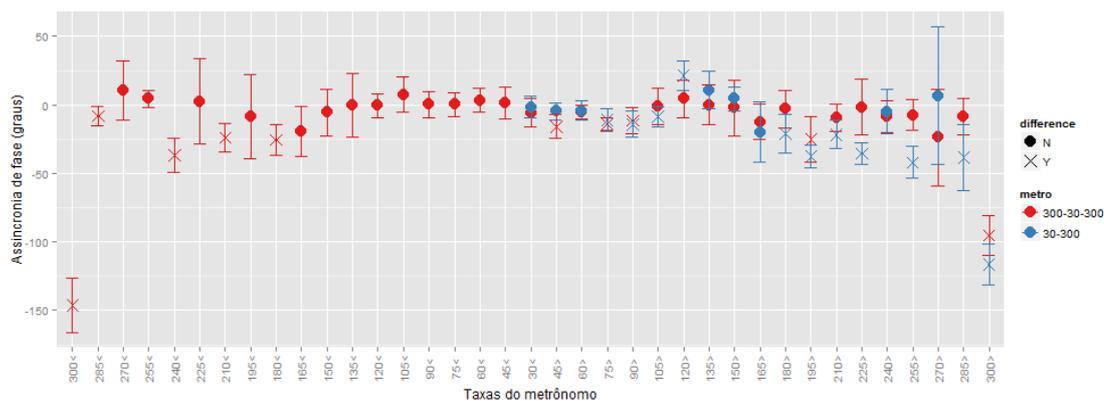


Gráfico F19 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /ma/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 e 300-30 bpm.



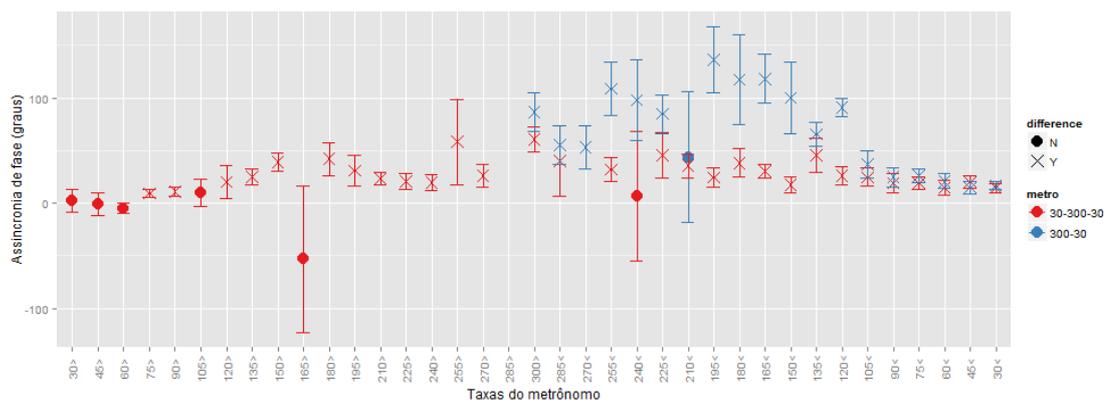


Gráfico F23 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /m/ e o metrônomo nas taxas 30-300-30 e 300-30 bpm.

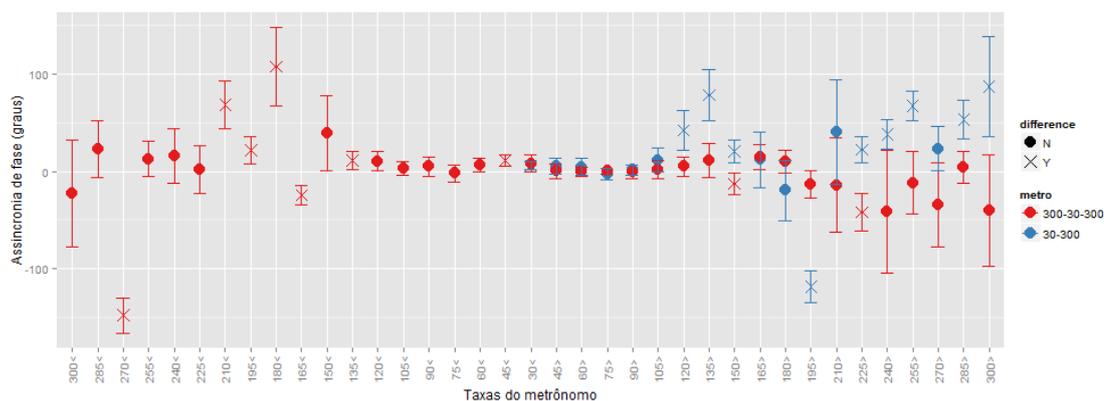


Gráfico F24 – Sincronia de fase entre a produção da sílaba /se/ e o metrônomo nas taxas 300-30-300 e 30-300 bpm.

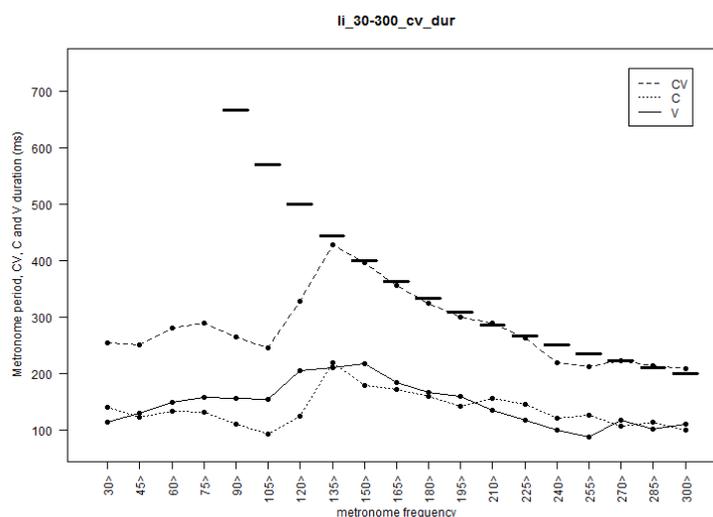


Gráfico F25 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 30-300 bpm

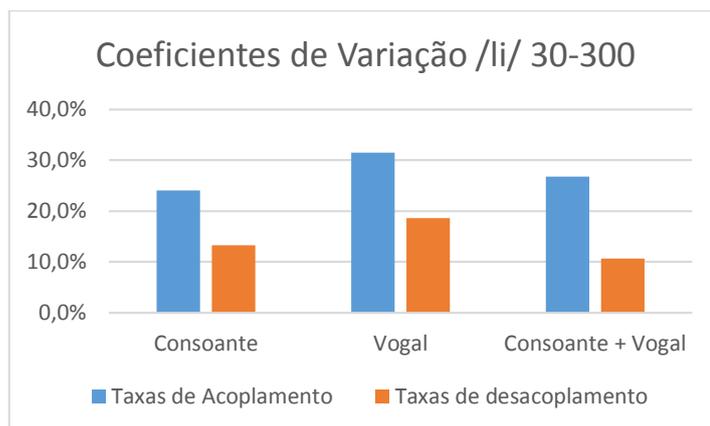


Gráfico F26 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 30-300 bpm.

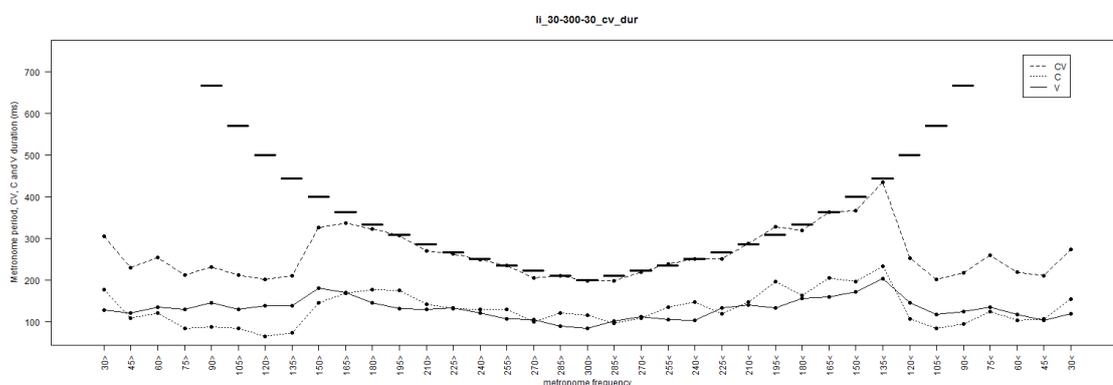


Gráfico F27 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 30-300-30 bpm

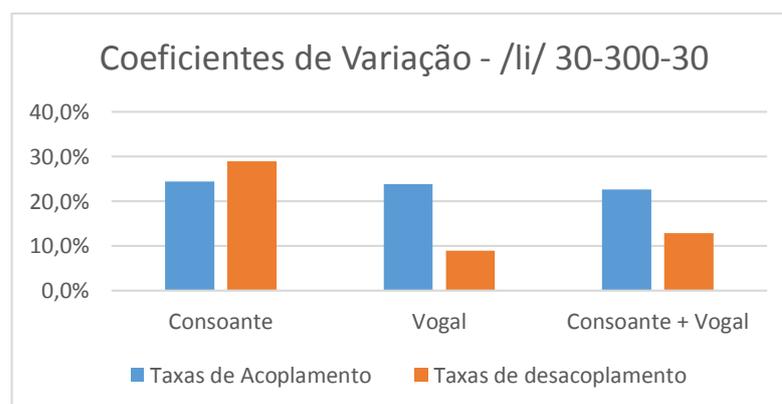


Gráfico F28 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 30-300-30 bpm.

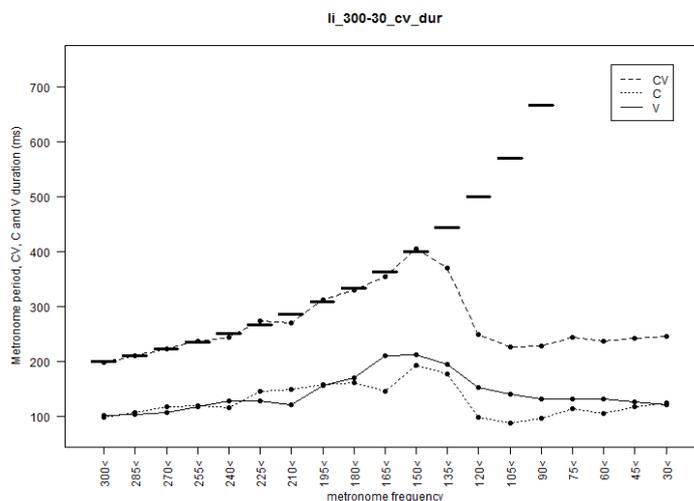


Gráfico F29 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 300-30 bpm

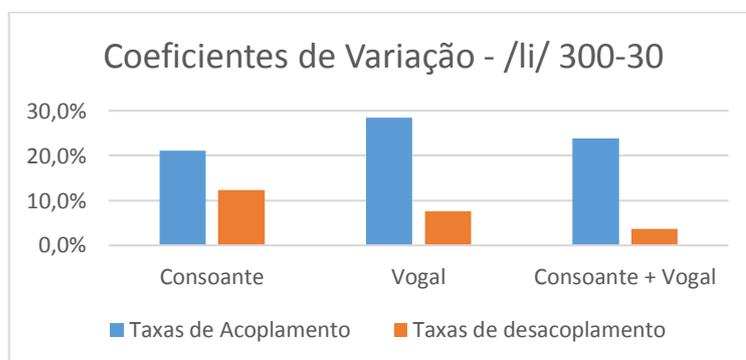


Gráfico F30 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 300-30 bpm.

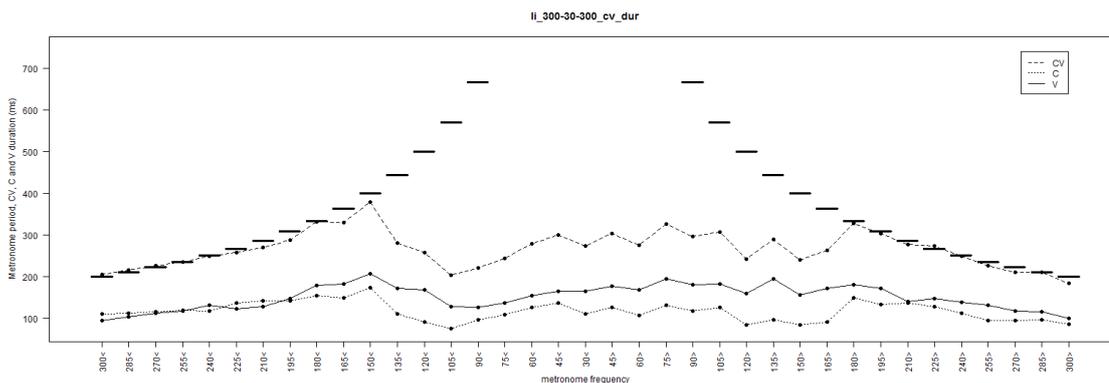


Gráfico F31 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /li/ na taxa de 300-30-300 bpm

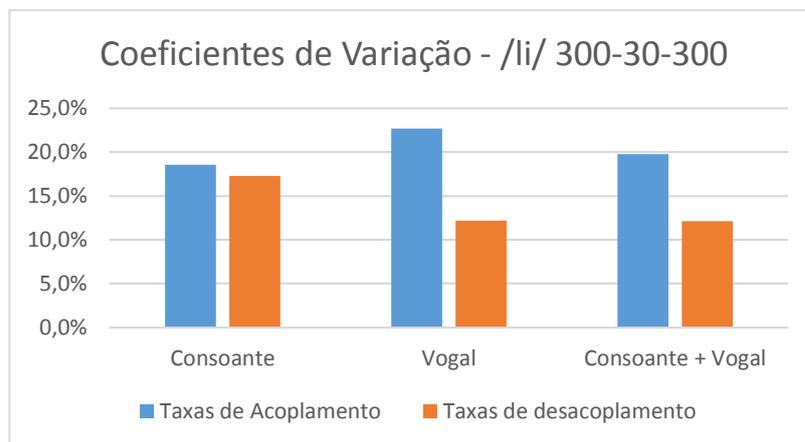


Gráfico F32 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /li/ na taxa de 300-30-300 bpm.

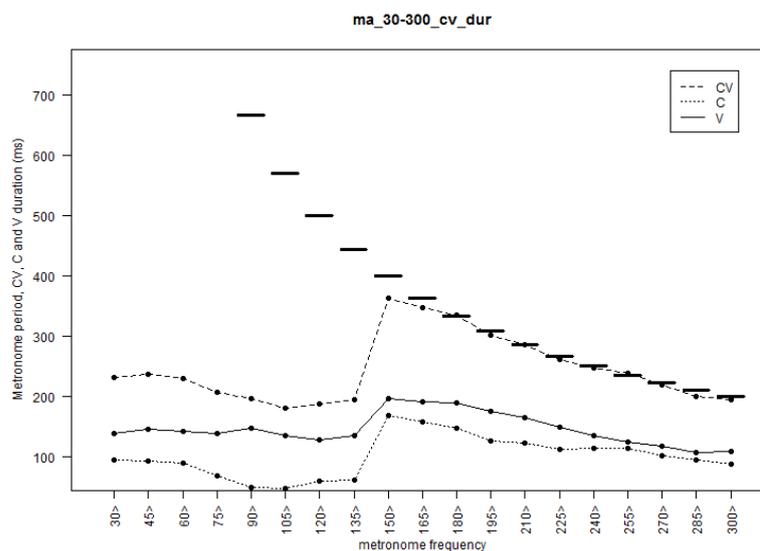


Gráfico F33 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 30-300 bpm

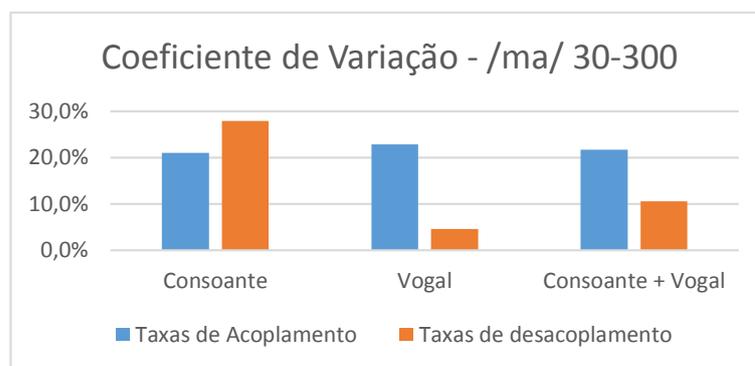


Gráfico F34 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 30-300 bpm.

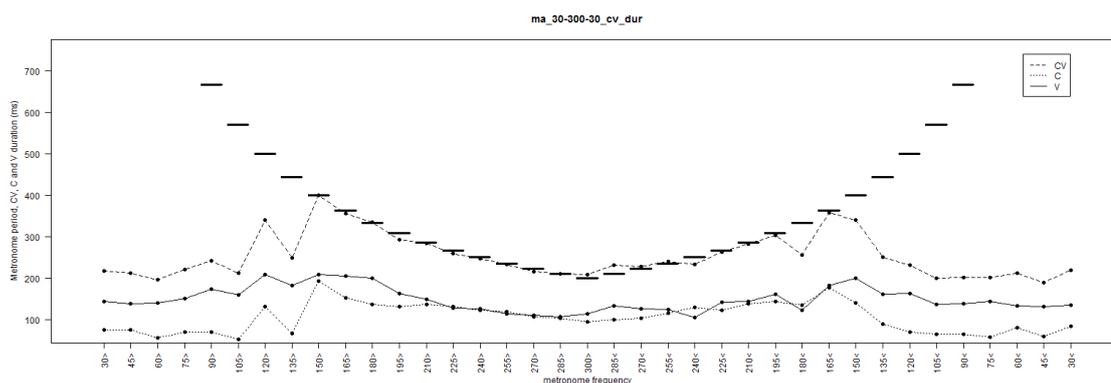


Gráfico F35 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 30-300-30 bpm

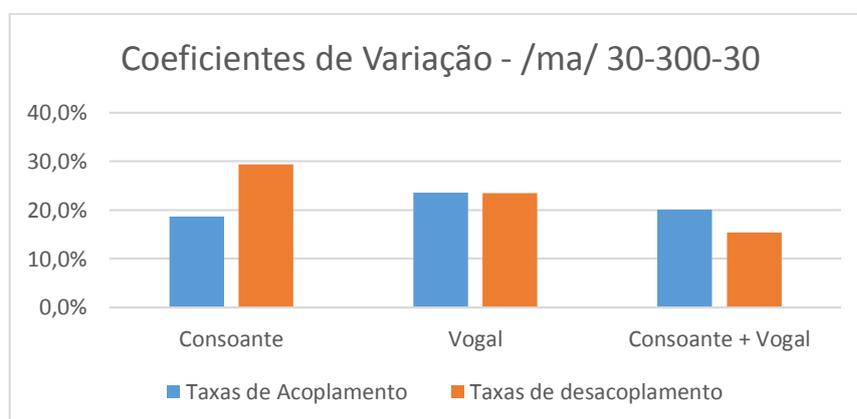


Gráfico F36 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 30-300-30 bpm.

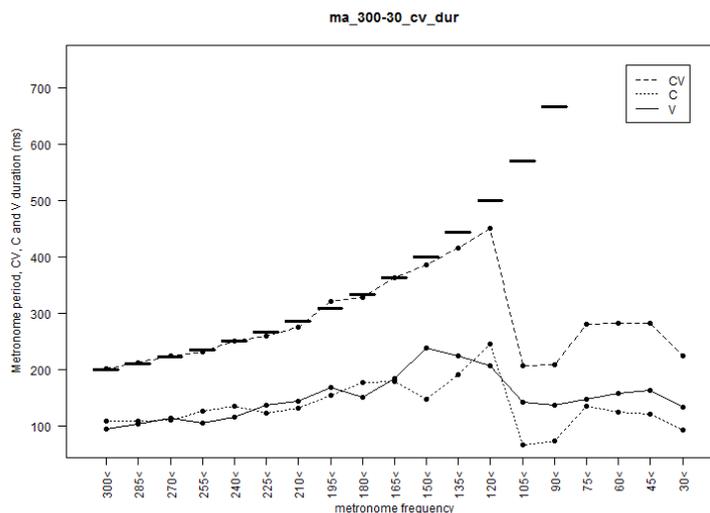


Gráfico F37 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 300-30 bpm

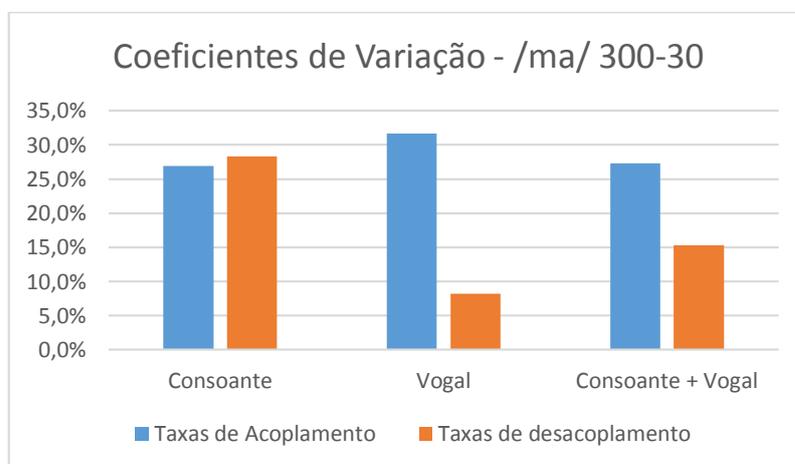


Gráfico F38 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 30-300-30 bpm.

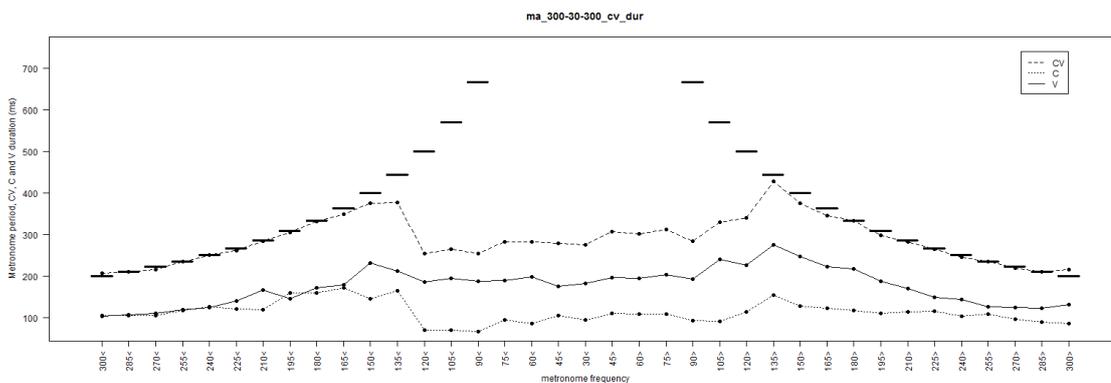


Gráfico F39 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /ma/ na taxa de 300-30-300 bpm

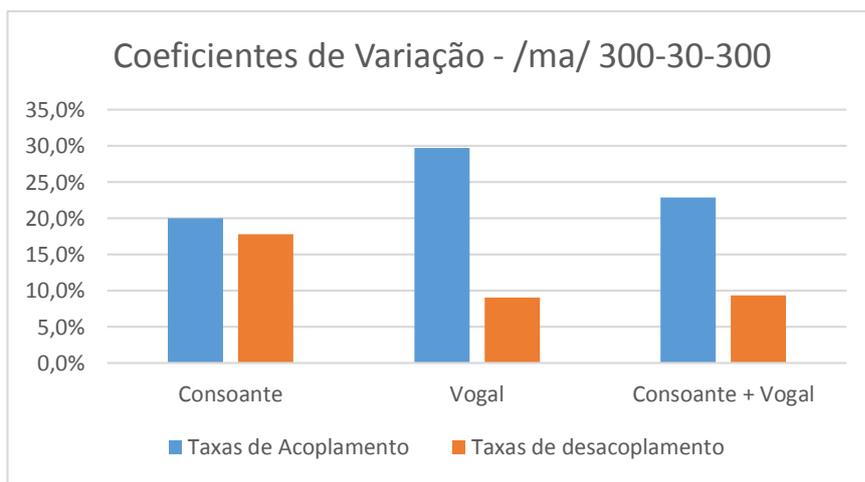


Gráfico F40 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /ma/ na taxa de 300-30-300 bpm.

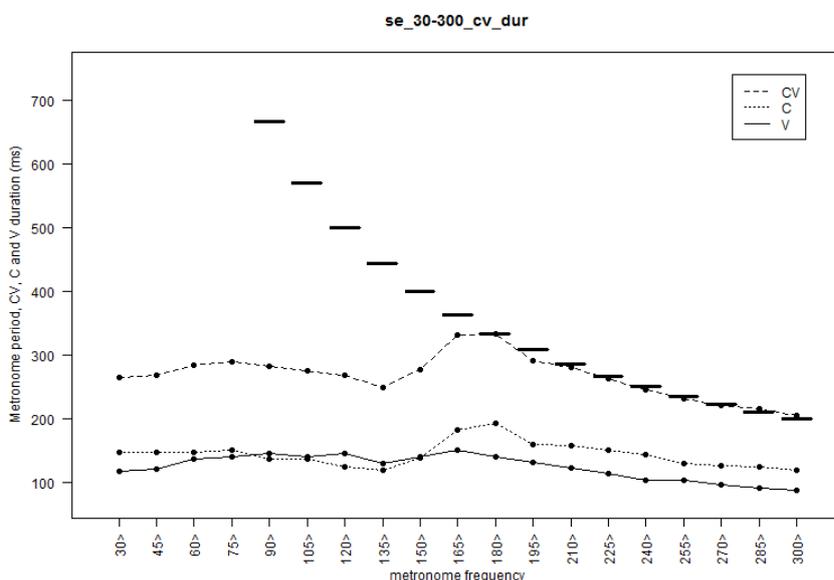


Gráfico F41 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /se/ na taxa de 30-300 bpm

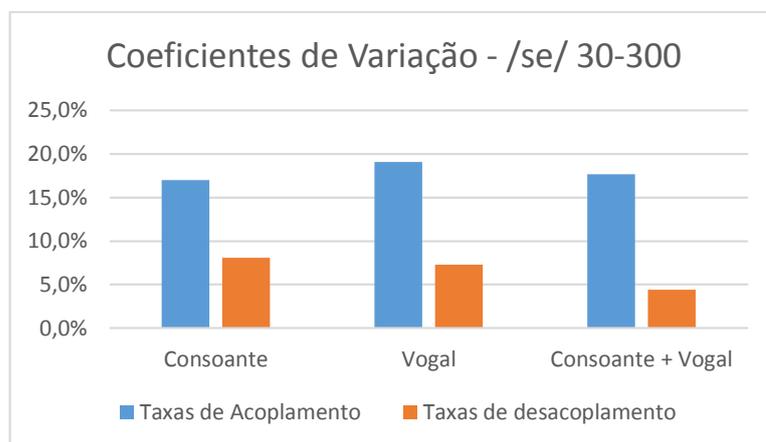


Gráfico F42 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /se/ na taxa de 30-300 bpm.

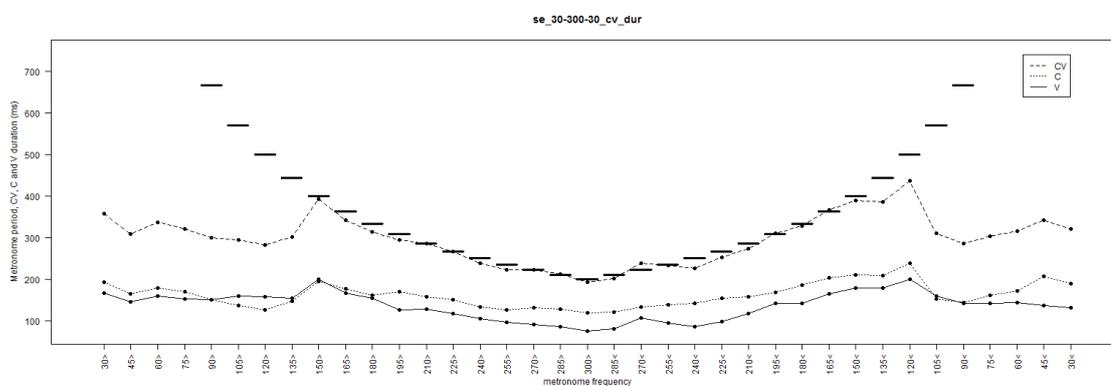


Gráfico F43 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /se/ na taxa de 30-300-30 bpm

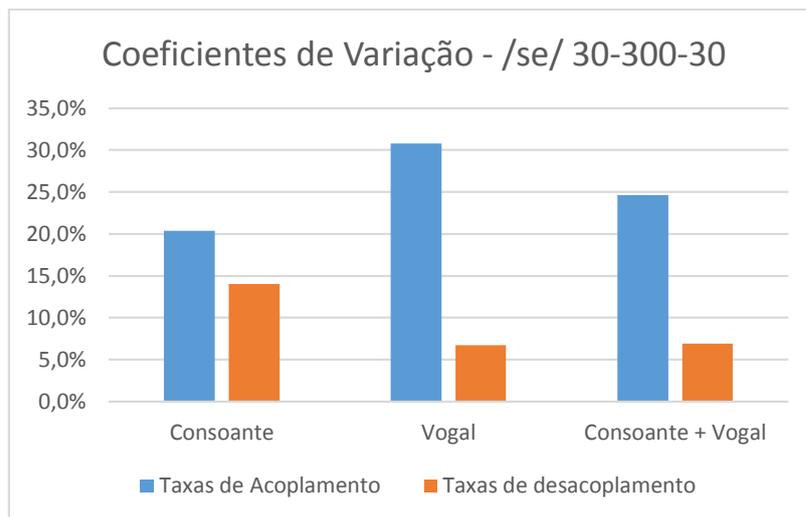


Gráfico F44 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /se/ na taxa de 30-300-30 bpm.

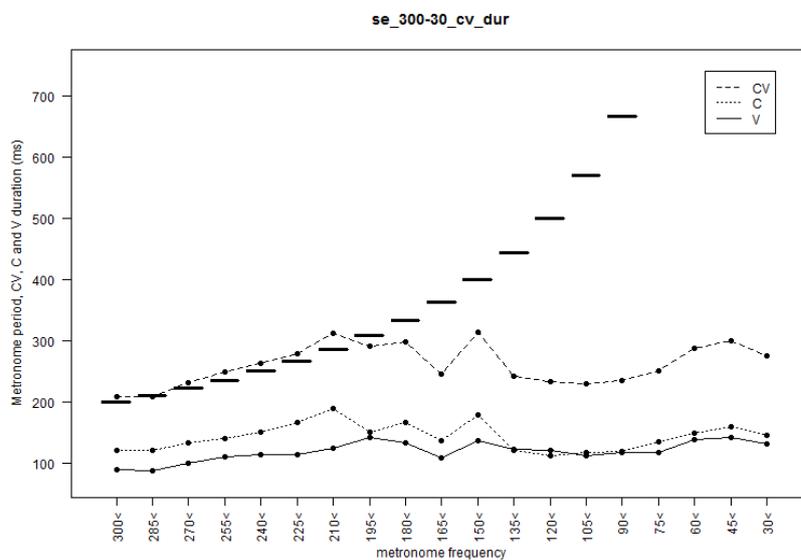


Gráfico F45 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /se/ na taxa de 300-30 bpm

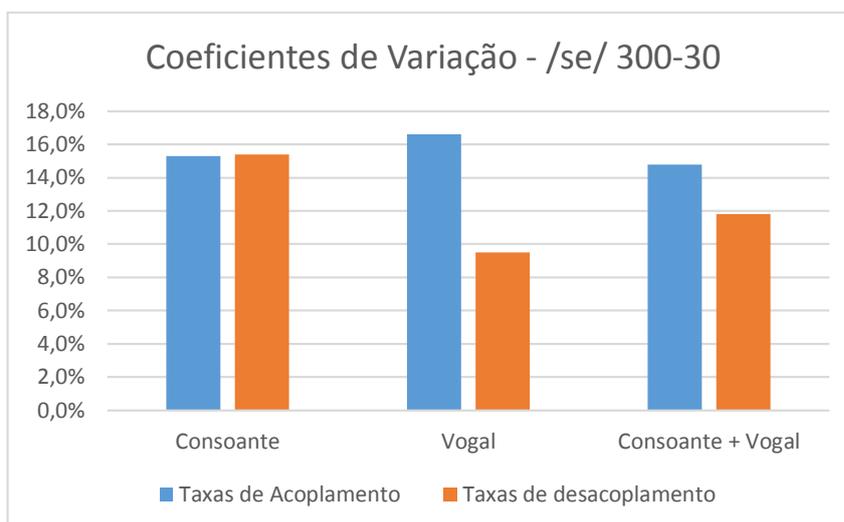


Gráfico F46 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /se/ na taxa de 300-30 bpm.

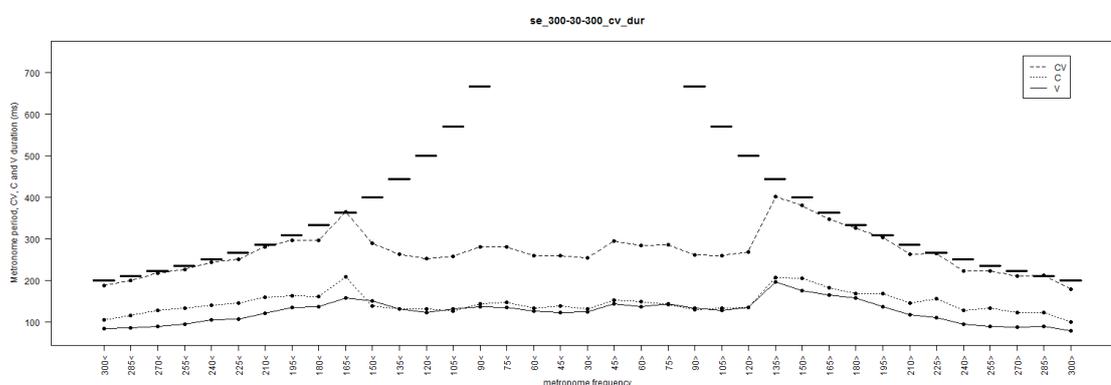


Gráfico F47 – Duração das consoantes e vogais da sílaba /se/ na taxa de 300-30-300 bpm

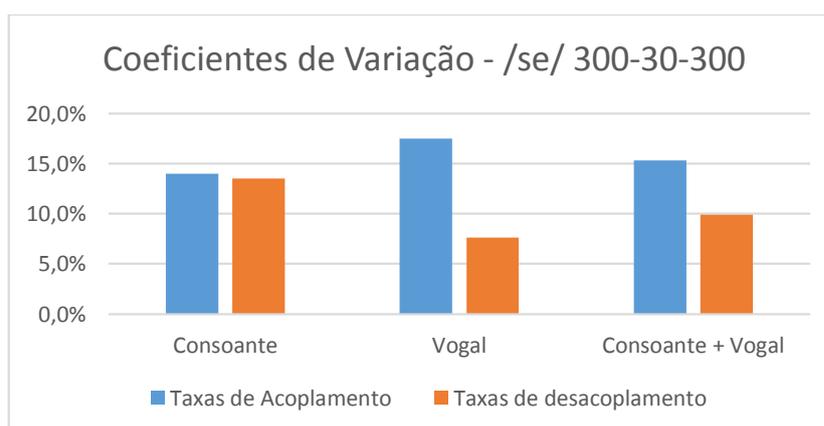


Gráfico F48 – Coeficientes de variação da duração das vogais, consoantes e da soma de vogais e consoantes para a sílaba /se/ na taxa de 300-30-300 bpm.