

# Aquisição de relações fônicas descontínuas: três estudos distribucionais e duas simulações conexionistas

Eleonora C. Albano\*  
Renato M. Basso  
Edson Françaço  
Orlando B. Coelho



## 1 Introdução

Este trabalho tenta destrinchar algumas das questões envolvidas na aquisição de relações fônicas descontínuas, tais como a harmonia e a desarmonia vocálicas. Mostra, primeiro, que discontinuidades tais como  $V\_V$  e  $C\_C$  se assentam solidamente sobre a dinâmica fônica. Aborda, em seguida, a questão de como saber se o processamento envolvido na sua aprendizagem é ou não simbólico. Finalmente, admitindo que tais fenômenos se prestam à formalização via variáveis ligadas (da forma  $V\_V_i$ ,  $V\_V_j$ , etc.), aponta a ambigüidade intrínseca a esse formalismo, a partir de três estudos distribucionais e de duas simulações conexionistas.

Os primeiros mostram que as discontinuidades em questão seguem, no léxico e no *corpus* examinados, tendências estatísticas significativas contraditórias com um estatuto puramente simbólico. Os segundos mostram que alimentar uma rede neural recorrente com uma amostra dos vieses contidos num subconjunto do léxico é suficiente para levá-la a emular operações de extração de

\* Eleonora C. Albano, Renato M. Basso e Edson Françaço, UNICAMP. Orlando B. Coelho, UMC e UNICAMP. albano@unicamp.br

igualdades e diferenças que são necessárias, embora não suficientes, para a inferência de relações fônicas descontínuas.

Embora parciais, os resultados apontam para a necessidade de investigar, no estudo da aquisição da fonologia, a transição entre as manifestações subsimbólicas e simbólicas de uma mesma regularidade superficial.

## 2 Dinâmica e autonomia relativa V\_V e C\_C

A visão dinâmica dos sistemas e processos fônicos (Kelso, Saltzman e Tuller, 1986; Browman e Goldstein, 1986; Albano, 2001) propicia uma racionalização elegante da relação entre a prosódia e os segmentos, ao conceber as vogais e consoantes como tipos distintos de oscilações que partilham espaços e tempos no trato vocal (Fujimura, 1992; Barbosa, 2003). Explorada em profundidade, prevê que vogais não adjacentes, assim como consoantes não adjacentes, se influenciam mutuamente na pronúncia e que isso se reflita também na fonologia, sob a forma de processos harmônicos ou desarmônicos (doravante: de contorno, por tratar-se de manifestação óbvia do princípio do contorno obrigatório), e mesmo no léxico, sob forma de restrições fonotáticas descontínuas de mesma índole.

A autonomia relativa das relações V\_V e C\_C, que, nos modelos fonológicos estáticos, decorre de uma distinção estipulada entre camadas (*tiers*) ou planos autônomos da representação, na visão dinâmica decorre de uma distinção natural entre ciclos de oscilações que se somam para afetar as propriedades do filtro acústico variável que é o trato vocal.

Para compreender essa idéia, basta admitir que a forma do tubo que molda a coluna de ar que porta o sinal de fala é afetada por dois tipos de oscilações: as que dão o compasso, a orquestração (silabação, acento, ritmo) – constitutivas do nível tradicionalmente conhecido como prosódico;<sup>1</sup> e as que dão a cor local, o timbre – constitutivas do nível tradicionalmente conhecido como segmental.

Nas vogais, a informação prosódica predomina; e é veiculada pela oscilação da mandíbula, que dá o passo, de tamanho silábico, para a ancoragem das oscilações dos demais articuladores (inclusive a própria mandíbula, ao atuar segmentalmente). Nas consoantes, a informação segmental predomina; e é veiculada pelos arti-

culadores mais rápidos, tais como a língua e os lábios, agindo em conjunto ou em separado.

A oscilação que dá o passo silábico pode ser representada como uma função da abertura mandibular ao longo do tempo. É aos picos dessa função que se alinham e somam as funções dos movimentos dos articuladores responsáveis pelos timbres vocálicos. Da mesma forma, é aos vales dessa função que se alinham e somam as funções dos movimentos dos articuladores responsáveis pelos timbres consonantais (cuja operação é impedida por uma abertura mandibular acentuada).

Assim, por terem pontos de ancoragem cíclicos e distintos, as oscilações responsáveis pelos timbres vocálicos e consonantais podem atuar, em princípio, separadamente. Isso ocorre sem prejuízo dos efeitos de adjacência CV e VC que decorrem das resultantes locais das funções do movimento dos articuladores que atualizam essas transições. Os efeitos descontínuos C\_C e V\_V devem-se, por sua vez, à incorporação das perturbações somadas aos picos ou aos vales da função temporal da oscilação mandibular. Essa se decompõe, assim, em duas funções: a resultante das curvas alinhadas aos picos e a resultante das curvas alinhadas aos vales. Embora, conforme já visto, não sejam localmente independentes, as duas gozam, globalmente, de autonomia suficiente para racionalizar relações V\_V e C\_C sistematicamente reportadas na literatura fônica.

## 3 V\_V e C\_C na aquisição da linguagem

A literatura sobre a aquisição da fonologia (Ferguson, Menn e Stoel-Gammon, 1992) reporta uma forte tendência inicial à harmonia consonantal, que tende a desaparecer com o tempo, visto que (1) esse tipo de relação fonotática não é favorecido pelas línguas do mundo; e (2), quando ocorre, tende a se restringir a setores especiais do vocabulário. Há também registros de tendências à harmonia vocálica que podem ou não desaparecer conforme o uso que se faça dela na língua ambiente.

Não obstante, não há nessa literatura, tanto quanto saibamos, uma discussão da complexidade cognitiva envolvida no estabelecimento dessas ou de quaisquer outras relações lingüísticas descontínuas. Os estudos que se ocupam de questões afins provêm da área da Ciência Cognitiva e se inserem no debate corrente sobre a necessidade e/ou a suficiência do símbolo para o processamento cognitivo em geral, com foco particular no processamento lingüístico.

<sup>1</sup> Cabe lembrar que “batidas” do tamanho da sílaba são portadoras, também, do tom e da intensidade.

Após uma disputa de cerca de 10 anos entre conexionistas e cognitivistas sobre a aprendizagem da flexão de passado simples do inglês, por redes neurais comparadas a crianças, a questão da participação de processos simbólicos na inferência de regularidades linguísticas permanece em aberto. Se, por um lado, os conexionistas avançaram em demonstrar que, no caso em questão, o processamento distribuído dá conta dos fatos do desenvolvimento, por outro, os cognitivistas avançaram em detectar outros problemas para cuja solução não se pode descartar o processamento simbólico. O mais instigante e controverso deles é o que concerne ao uso de variáveis ligadas em relações sintáticas que contenham descontinuidades.

Marcus (2003) demonstrou que bebês de 7 meses são capazes de aprender a “reconhecer” uma linguagem artificial da forma ‘aba’ e generalizá-la para outras situações. Assim, depois de treinados com cadeias de sílabas tais como ‘la ta la’ ou ‘ga na ga’, os bebês transferem o padrão de resposta adquirido a outras cadeias, tais como ‘wo fe wo’. Em experimento paralelo, uma rede neural foi treinada com as mesmas cadeias e teve um desempenho muito baixo nos testes de aprendizagem. Com base nesses resultados, o autor reivindica (1) que o processamento distribuído não dá conta de regularidades “algébricas” descritíveis por variáveis ligadas; e (2) que, em contraste, o desempenho dos bebês evidencia uma capacidade de operar com tais variáveis e, portanto, de processamento simbólico.

Há dois problemas com o argumento de Marcus. O primeiro é que o estado atual da arte no desempenho de redes neurais em tarefas específicas é tomado como medida da possibilidade de o processamento distribuído lidar com o mesmo tipo de tarefa. Ora, isso é ignorar que, repetidamente, desafios a essa forma de processamento têm levado à criação de novas arquiteturas de rede que acabam por superá-los. O segundo é que o desempenho de bebês é interpretado à luz de uma metáfora computacional insensível à distinção entre “conhecimento” primitivo e formas superiores de conhecimento. As variáveis ligadas servem para explicar o desempenho do infante numa simples tarefa de atenção auditiva, assim como para explicar o conhecimento consciente do pré-adolescente que está aprendendo álgebra.

De qualquer maneira, o desafio aos algoritmos de aprendizagem simples está posto no debate aberto por Marcus e tem implicações para as teorias sobre a aquisição da linguagem. Inegavelmente, o formalismo das variáveis ligadas aplica-se à descrição da harmonia e do contorno vocálicos e consonantais (a saber:  $V_L V_i$  vs.

$V_L V_j$ ; e  $C_L C_i$  vs.  $C_L C_j$ ). Por outro lado, também inegavelmente, o desempenho das crianças em estágios iniciais da aquisição de uma língua evidencia um uso da harmonia consonantal ou vocálica que pouco ou nada tem a ver com as regras e/ou restrições fonotáticas contidas num léxico ou numa gramática, na medida em que se baseiam numa tendência neuropsicológica primitiva à repetição por antecipação ou perseveração. Eis um caso típico em que o referido formalismo é, por si só, insensível a uma distinção comportamentalmente relevante entre níveis de conhecimento de uma regularidade linguística superficial.

Essas considerações definem uma agenda de pesquisa: em primeiro lugar, é preciso investigar fenômenos de harmonia e contorno em léxicos e em *corpora*, para ter claro o que caberia à criança aprender nas línguas em que ocorram; em segundo lugar, é preciso compreender melhor os passos envolvidos numa tal aprendizagem, a fim de, a médio prazo, construir situações de teste fidedignas para cada um dos possíveis níveis de desempenho na tarefa. Nesse sentido, o recurso a algoritmos de aprendizagem simples, tais como os implementados por uma rede neural, é metodologicamente valioso.

Este trabalho lança mão desse tipo de metodologia. Especificamente: num primeiro momento, estabelece que relações descontinuas entre vogais estão presentes não apenas no léxico do português brasileiro (doravante PB), mas também – e de forma distinta – num *corpus* de aquisição de linguagem da mesma língua; num segundo momento, testa, passo a passo, o desempenho de uma rede neural em tarefas que deveria aprender para lidar com esse tipo de relação.

#### 4 Estudos distribucionais da fonotaxe $V\_V$ no léxico do PB

As manifestações da harmonia vocálica até recentemente conhecidas no PB se restringiam (1) à concordância de abertura entre a pré-tônica e a tônica, sujeita à variação sociolinguística, tal como em ‘m[i]nino’; e (2) às alternâncias morfofonológicas não-automáticas de abertura, no adjetivo, tais como em ‘n[o]vo, n[ɔ]va’, ou no verbo, tais como em ‘b[e]bo, b[e]be’.

À luz do quadro de referência dinâmico, Albano (2001, 2003) descobriu, através do estudo das distribuições de pares de vogais

pré-tônicas e tônicas num dicionário eletrônico,<sup>2</sup> que certos setores do léxico do PB tendem à harmonia, enquanto outros tendem ao contorno vocálico. Trata-se de tendências que se manifestam em termos puramente probabilísticos. Em outras palavras, nos setores concernidos, a preferência ou a rejeição pelo conjunto dos pares harmônicos ou de contorno é estatisticamente significativa.

A análise levou em conta as dimensões de abertura, ponto de contração e arredondamento. A probabilidade de co-ocorrência dos 35 pares V<sub>L</sub>V<sub>R</sub> possíveis no PB foi estimada a partir da sua frequência relativa e as probabilidades das restrições de harmonia e contorno foram, por sua vez, estimadas a partir da sua ocorrência no conjunto dos pares.

Análises estatísticas em que as probabilidades observadas são comparadas às esperadas (através da razão O/E, a saber: observado/esperado) revelaram que, embora os pares harmônicos e de contorno estejam aleatoriamente distribuídos através do léxico, há vieses locais favoráveis a uma ou outra restrição conforme a classe gramatical. Chamam atenção os seguintes achados: (1) os radicais verbais da segunda e terceira conjugações favorecem a harmonia de grau de abertura, também presente nas flexões; (2) os adjetivos e, em menor grau, os substantivos e os verbos da primeira conjugação favorecem, ao contrário, o contorno de abertura. É ainda digno de nota o fato de os substantivos exibirem, no subconjunto do léxico constituído pelos brasileirismos (i.e., palavras de origem indígena ou africana), um tipo restrito de harmonia que envolve vogais altas idênticas.

O conjunto desses resultados corrobora fortemente a existência de vieses V<sub>L</sub>V<sub>R</sub> no léxico do PB, sob a forma de restrições fonotáticas probabilísticas.

Ora, essa existência mesma constitui um impasse teórico. Se, por um lado, atrelar variáveis ligadas do tipo V<sub>L</sub>V<sub>i</sub>, V<sub>L</sub>V<sub>j</sub> a probabilidades configura um hibridismo inaceitável tanto para conexionistas quanto para cognitivistas, por outro, ignorar a faceta estatística do fenômeno só seria justificável se ele fosse um mero artefato. Essa possibilidade é, entretanto, descartada pelos resultados a seguir. Para obtê-los, aplicou-se a mesma metodologia a outros *corpora*.

## 5 Estudo distribucional da fonotaxe V<sub>L</sub>'V<sub>R</sub> nos trissílabos paroxítonos do mesmo léxico

Com o fim de avaliar a fidedignidade das tendências estatísticas encontradas, foi selecionada uma amostra do mesmo léxico para um pós-teste. A escolha recaiu sobre os trissílabos paroxítonos, devido à sua representatividade (17% do total, contra 9% de dissílabos paroxítonos) e à grande incidência, entre eles, de palavras de alta frequência.

A hipótese era a de que se observaria, nesse subconjunto altamente regular, a tendência ao contorno vocálico que prevalece na totalidade do léxico. Aplicou-se a mesma metodologia a e a previsão foi confirmada. É significativa a preferência por pares que apresentam relações de contorno em mais de uma dimensão fônica. Uma faceta nova e intrigante desse subconjunto é que o contorno favorito é o de arredondamento – e não o de abertura. De qualquer modo, está corroborada a preferência do vocabulário mais canônico da língua por marcar a transição da pré-tônica para a tônica com diferenças de timbre.

## 6 Estudos distribucionais da fonotaxe V<sub>L</sub>'V<sub>R</sub> num *corpus* de aquisição do PB

A lista das palavras pertinentes de um *corpus* do Projeto Aquisição da Linguagem<sup>3</sup> foi submetida a uma conversão ortográfico-fônica com o programa OrtoFon, disponível no Lafape. Os sujeitos eram a menina R, entre as idades de 1:10 a 2:10, e seus interlocutores, que incluem a mãe e a irmã mais velha. O material obtido recebeu, então, o mesmo tratamento estatístico que o léxico.

Não havia uma expectativa clara sobre as relações V<sub>L</sub>'V<sub>R</sub>: tanto era possível encontrar uma tendência ao contorno, coerente com a do léxico adulto, dado que a maior parte do *corpus* provém de locutores proficientes, como era possível encontrar a tendência harmônica reportada pela literatura do campo, dada a existência de ajustes especiais na fala dirigida à criança. Essa segunda hipótese foi confirmada: há uma tendência significativa à harmonia de abertura no *corpus* que está na contra-corrente das preferências lexicais gerais da língua.

Isso realça a ambigüidade anteriormente apontada no que tange à aquisição de relações fônicas descontínuas. Não se pode

<sup>2</sup> Trata-se do programa Listas, confeccionado no Lafape, que contém as entradas do Minidicionário Aurélio, transcritas ortograficamente e foneticamente, e algoritmos de busca de parâmetros lingüísticos vários.

<sup>3</sup> Acervo disponível no Centro de Documentação Alexandre Eulálio do IEL-UNICAMP. Dados e transcrição de Ester Scarpa. Coordenação de Cláudia de Lemos. Agradecemos a ambas as colegas a permissão para o uso.

dizer, neste caso, que a criança e seus interlocutores estejam implementando uma regra ou uma restrição fonotática favorável à harmonia vocálica. Trata-se, mais provavelmente, de uma estratégia da criança para simplificar a pronúncia, que pode tanto tomar a forma de “erros” em direção à harmonia como de uma preferência por palavras harmônicas. O adulto, como é costume na nossa cultura, apenas adota alguns desses vieses infantis temporários com o intuito de facilitar o diálogo.

## 7 A primeira simulação conexionista

Os estudos distribucionais relatados motivaram duas simulações conexionistas. A primeira buscou investigar se a detecção de vieses lexicais não-lineares poderia resultar do treinamento de um algoritmo de aprendizagem simples para prever relações fonotáticas lineares. A segunda perseguiu a hipótese de que as influências encontradas, que supõem uma subcategorização das vogais, seriam devidas aos vieses distribucionais VC e CV. Ambas privilegiaram os vieses encontrados no léxico adulto em razão da sua robustez.

Foi usada a arquitetura de rede recorrente simples (doravante, SNR). A SNR possui, entre as camadas de entrada e saída, além das camadas escondida e de compressão, uma outra camada intermediária, denominada “de contexto”, em que são armazenadas periodicamente, a fim de realimentá-la, cópias dos estados da camada escondida ao longo do tempo.

Assim, uma rede recorrente simples foi treinada para prever o próximo fone numa dada palavra. Foram apresentados à rede, fone a fone, como conjunto de treinamento, uma amostra aleatória dos trissílabos paroxítonos analisados na seção 5, num total de 3.700 (80% do total). A cada palavra, a camada de contexto era esvaziada e reiniciada. Os fones continham informação alofônica posicional e foram codificados de forma localista, como 36 vetores ortogonais, de modo que nenhuma informação fonética fosse explicitamente fornecida à rede.

Como o foco eram as transições intervocálicas, testava-se a aprendizagem com 12 logatomas da forma  $pV^*pVpV$ , controlando-se assim a influência das consoantes. As ativações produzidas por cada fone na camada escondida foram, então, submetidas a uma análise de componentes principais. Foi possível identificar dimensões no espaço desses componentes que codificavam relações de harmonia e contorno entre pares dados de vogais. Mais importan-

te, foram identificadas, nesses componentes, dinâmicas (i.e. trajetórias de vetores) opostas para os dois casos.

A descrição detalhada dessa simulação foi publicada em Françoze *et al.* (2003).

## 8 A segunda simulação conexionista

Esse primeiro conjunto de resultados motivou uma nova simulação. A hipótese aí perseguida foi a de que a informação sobre as classes vocálicas estava, ao menos em parte, contida nas relações de co-ocorrência entre vogais e consoantes do *corpus* original. Para testá-la, foram conduzidos dois experimentos que manipulam a informação consonantal.

Treinou-se uma SNR análoga à anterior com conjuntos de treinamentos diferentes, refletindo diferentes condições de informação intervocálica. Os conjuntos continham apenas logatomas, que preservavam, em maior ou menor grau, o formato das palavras da primeira simulação. Usaram-se 3.700 logatomas trissílabos paroxítonos da forma geral  $C_1XC_3V_3$ , onde  $C_1$ ,  $C_3$  e  $V_3$  tinham sido gerados aleatoriamente. A subsequência X era manipulada para preservar parcialmente (no Experimento 1) ou integralmente (no Experimento 2) os vieses distribucionais da simulação anterior.

No primeiro experimento, treinou-se a rede com logatomas em que (1) a subsequência X era igual a  $V_1C_2V_2$ , com  $C_2$  gerada aleatoriamente; e (2)  $V_1$  e  $V_2$  seguiam o padrão distribucional das 3.700 palavras do *corpus* original. Uma análise de componentes principais encontrou a mesma distinção do experimento original entre pré-tônicas e tônicas, mas a distinção entre pares harmônicos e de contorno se enfraqueceu consideravelmente. Portanto, os vieses de co-ocorrência  $V\_V$ , sozinhos, são insuficientes para codificar a informação classificatória sobre as vogais.

No segundo experimento, a subsequência X preservou exatamente o mesmo padrão distribucional não só para  $V_1$  e  $V_2$ , mas também para a informação intervocálica do *corpus* original. Na análise da ativação da camada escondida, a distinção entre  $V_1$  e  $V_2$  se manteve e, como esperado, a distinção entre pares harmônicos e de contorno ficou mais forte.

Esses resultados corroboram a hipótese de que a informação classificatória sobre as vogais está parcialmente codificada nos vieses de co-ocorrência VC e CV. A sua descrição detalhada foi publicada em Coelho *et al.* (2003).

## 9 Conclusões

Os resultados das simulações conexionistas têm consequências diretas para a problemática que, na literatura, é representada pela controvérsia em torno do passado simples do inglês e para a qual adotaremos a denominação de Elman (no prelo): “super-atribuição de símbolos”.

Recapitule-se que os 36 fones envolvidos foram codificados como vetores ortogonais, porém de maneira localista e, portanto, “simbólica” – já que é impossível, no momento, simularmos um mecanismo de produção e percepção de fala. Nenhuma informação fônica classificatória foi embutida nessa codificação, exceto a alofonia posicional de silabação e acentuação. Não obstante, a rede foi capaz de usar os vieses de CV e VC para agrupar os fones de acordo com uma hierarquia implícita de propriedades fônicas, a saber: (1) vogais *versus* consoantes; (2) algumas das dimensões fônicas que distinguem subclasses vocálicas e consonantais.

Não menos importante, ela foi, também, capaz de lidar com a relatividade das duas relações lógicas que subjazem ao uso de variáveis ligadas na descrição lingüística, inclusive nos casos de harmonia ( $V_L V_i$ ) e contorno ( $V_i V_j$ ) vocálicos, a saber: a igualdade e a diferença. Como, para cada palavra,  $V_1$ , átona, e  $V_2$ , tônica, foram codificadas por vetores independentes, podemos afirmar que a distinção, surgida na análise de componentes principais, entre pares tais como ‘a\_a’ e ‘i\_o’ evidencia a inferência implícita de que o primeiro par consiste de vogais segmental – mas não prosodicamente – iguais, assim como o segundo par consiste de vogais análogamente diferentes.

Isso não quer dizer que a rede tenha inferido as variáveis ligadas  $V_L V_i$  e  $V_i V_j$ , o que só se poderia alegar se todas as relações harmônicas formassem um grupo coerente ao mesmo tempo em que todas as relações de contorno formassem um grupo distinto e igualmente coerente. Quer dizer, entretanto, que o estabelecimento de igualdades e desigualdades relativas, que é uma condição necessária, embora não suficiente, para a inferência de variáveis, pode emergir a partir somente de informações distribucionais – a posição na palavra e o contexto consonantal.

Fica claro, pois, que os símbolos – que, no caso, seriam propriedades fônicas explícita e localmente codificadas – não são necessários para explicar as distinções que a rede aprendeu a utilizar a fim de prever o próximo fone. Pode-se, seguramente, dizer que ela representa de forma distribuída a informação classificatória extraída do *input*. Não obstante, uma melhoria do seu desempenho

na direção de aprender as relações  $V\_V$  do léxico ou do *corpus* de aquisição exige uma classificação dos dados que está além do que emerge com base nos vieses do *input*, ao menos tal como apresentado, i.e., fone a fone.

Admitamos que a consistência das relações  $V\_V$  no léxico não deixa dúvida quanto à sua robustez estatística, assim como a sua reversão em casos especiais, tais como a fala dirigida à criança, não deixa dúvida quanto à sua relevância comportamental. Ora, a sua não-seqüencialidade desafia, por sua vez, os algoritmos de aprendizagem de base estatística, na medida em que se apóiam apenas em informações distribucionais e probabilidades transicionais.

Conforme demonstrou a segunda simulação, nada há na distribuição das vogais que permita inferir a relevância lingüística das relações  $V\_V$ . Além disso, a única sintaxe cega viável para o cálculo de probabilidades transicionais é a seqüencial, visto que a tentativa de gerar todas as transições descontínuas possíveis entre unidades quaisquer leva a uma explosão combinatória. Assim, até que se demonstre que alguma outra arquitetura de rede pode, com base em informações distribucionais, produzir generalizações classificatórias livres de contexto, o cálculo das probabilidades  $V\_V$  permanece a exigir uma pré-classificação dos dados que é inegavelmente simbólica.

Parece, pois, plausível que a inferência das relações  $V\_V$  pelo aprendiz humano inclua, mas transcenda a informação estatística – que é, como visto, dependente de contexto e, portanto, incapaz de levar, por si só, a uma generalização irrestrita sobre constituintes descontínuos. Sabe-se, por um lado, que o formalismo das variáveis ligadas capta adequadamente tais generalizações. Mas sabe-se também, por outro, que um recurso apressado a ele corre o sério risco de incorrer no erro da super-atribuição de símbolos e tratar como uma operação algébrica uma estratégia de simplificação da pronúncia que tem fundamento óbvio nos fenômenos neuropsicológicos gerais da antecipação e da perseveração.

Resta, pois, à pesquisa futura enveredar pelo caminho obscuro da construção ontogenética do símbolo a partir de informações subsimbólicas. Aí, uma pista tão atraente quanto inexplorada reside nos sólidos vínculos de  $V\_V$  e  $C\_C$  com o domínio subsim-

bólico corporificado – não apenas estatístico, mas físico – com que abrimos este texto: o da dinâmica fônica.<sup>4</sup>

### Referências

- ALBANO, E. C. *O gesto e suas bordas: esboço de fonologia acústico-articulatória do português brasileiro*. Campinas: Mercado de Letras, 2001.
- . The interplay of phonetics and grammar in determining V-to-V phonotactics. *Proceedings of the XV<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, p. 2393-2396, 2003.
- BARBOSA, P. A. O lugar do pé métrico e do acento no modelamento dinâmico do ritmo. *Letras de Hoje*, v. 38, n. 4, p. 135-145, 2003.
- BROWMAN, C.; GOLDSTEIN, L. Towards an articulatory phonology. *Phonology Yearbook*, 3, p. 219-252, 1986.
- COELHO, O. B.; FRANÇOZO, E.; ALBANO, E.; BASSO, R. Learning the role of intervocalic constraints in vowel-to-vowel dynamics. *Proceedings of the 25th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2003.
- ELMAN, J. L. Generalization from sparse input. *Proceedings of the 38th Annual Meeting of the Chicago Linguistic Society*. (no prelo)
- FERGUSON, C.; MENN, L.; STOEL-GAMMON, C. (orgs.). *Phonological development: models, research, implications*. Timonium, MD: York Press, 1992.
- FRANÇOZO, E.; COELHO, O. B.; ALBANO, E. C.; ROCES, L.; BASSO, R.; ARANTES, P. A connectionist simulation of V-to-V phonotactics learning. *Proceedings of the XV<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, p. 1357-1360, 2003.
- FUJIMURA, O. Phonology and phonetics: a syllable-based model of articulatory organization. *Journal of the Acoustical Society of Japan*, 13 (E), p. 39-48, 1992.
- KELSO, J.; SALTZMAN, E.; TULLER, B. The dynamical perspective on speech production: data and theory. *Journal of Phonetics*, 14, p. 29-59, 1986.
- MARCUS, G. *The algebraic mind: integrating connectionism and cognitive science*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 2003.

<sup>4</sup> Agradecemos à FAPESP, ao CNPq e ao FAEP-UNICAMP, pelo financiamento à pesquisa; e a Joaquim Brandão de Carvalho, pela leitura crítica. A responsabilidade pelos erros remanescentes é só nossa.