



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ESTUDOS DA LINGUAGEM**

ALEXANDRE MENEZES BARROSO

**UM ESTUDO SOBRE CONTATO DIALETAL SOB A PERSPECTIVA
DA GRAMÁTICA HARMÔNICA**

CAMPINAS

2023

Alexandre Menezes Barroso

**Um estudo sobre contato dialetal sob a perspectiva da Gramática
Harmônica**

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos da Linguagem da Universidade Estadual de Campinas como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Linguística.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Filomena Spatti Sandalo

Campinas

2023



Espaço para folha de aprovação.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço à minha família – meu pai Ricardo, minha mãe Aziza e minha irmã Luana – pela paciência e apoio em meio a uma muito tumultuada graduação. Agradeço também à minha companheira Ana Carolina por permanecer ao meu lado nestes últimos onze longos anos.

Em seguida, gostaria de agradecer à minha orientadora, profa. dra. Filomena Sandalo, pela disponibilidade, compreensão, apoio e suporte acadêmico, e ao prof. dr. Michael Becker, que atenciosamente respondeu minhas perguntas quando o busquei. Agradeço também à profa. dra. Livia Oushiro, que gentilmente cedeu uma bela bibliografia, e ao prof. dr. Plinio Almeida, que gentilmente compartilhou comigo um *script* que facilitou tremendamente meu trabalho.

Essa pesquisa também seria impossível sem a ajuda de meus entrevistados, que tiraram precioso tempo de suas vidas para responder perguntas tediosas e ler alguns ditados populares em voz alta.

Por fim, agradeço aos meus dois gatos, Marina Margarina e Aristóteles Otelo Nugget, grandes caçadores de besouros no calor de Campinas, por permanecerem ao meu lado nestes últimos anos. Não que eles tivessem opção, pois as janelas de casa são teladas.

Resumo

A variação linguística, um dos temas centrais da Sociolinguística, só recebeu atenção da teoria fonológica nas últimas duas décadas. Entre possíveis razões, pode-se elencar o fato da variação não fazer parte das principais questões do gerativismo, pois escapa do âmbito exclusivo da competência e reflete interação entre a competência e outros sistemas cognitivos, incluindo sistemas sociais. Entretanto, podemos nos questionar até que ponto a gramática, enquanto entidade psicológica e sincrônica, influencia variação linguística, pois parece haver evidências suficientes de que a variação não é gramaticalmente aleatória. Assim, sob o viés da Gramática Harmônica e de seu *framework* probabilístico chamado MaxEnt, a presente pesquisa pretende inserir a variação dentro do contexto das gramáticas fonológicas estocásticas. A variação estudada foi a abertura das vogais médias pretônicas /e,o/ em 5 migrantes nordestinos em situação de contato dialetal em Campinas/SP. Uma modelagem, fazendo uso de restrições fonéticas relativas ao primeiro formante dessas vogais, foi elaborada. Por meio dela, foi possível gerar, em termos probabilísticos, futuras produções possíveis de vogais médias pretônicas dos entrevistados, que foram divididos em três grupos conforme tempo de migração (10 meses, 4 anos e 6 anos).

Palavras-chave: gramática harmônica, maxent, variação, contato dialetal

Abstract

Linguistic variation, one of the central themes of Sociolinguistics, has only in the last two decades garnered attention from phonological theory. Among possible reasons, we can state the fact that variation just isn't part of the main concerns of generativism, as it's outside the exclusive scope of competence and reflects the interaction between competence and other cognitive systems, including social systems. However, we may ask ourselves to what extent grammar, as a psychological and synchronic entity, plays a role in linguistic variation, as there's sufficient evidence as to ascertain that variation is not grammatically random. Thus, through the lens of Harmonic Grammar and its probabilistic framework named MaxEnt, this research intends to place variation in the context of stochastic phonological grammars. The variation researched is the opening of pre-tonic mid vowels /e,o/ as spoken by 5 northeastern migrants in a dialect contact situation in Campinas/SP. A model based on phonetic restriction, in relation to the first formant of the vowels, was made. Through that model, it was possible to generate, in probabilistic terms, the migrants' possible future utterances of pre-tonic mid vowels.

Palavras-chave: harmonic grammar, maxent, variation, dialect contact

Sumário

1	Introdução	1
2	Fundamentação teórica	2
2.1	Variação e contato dialetal	2
2.2	Gramáticas baseadas em restrições	4
3	Metodologia	11
3.1	O modelo MaxEnt	11
3.2	O experimento	18
3.3	A hipótese	29
4	Análise e resultados	29
4.1	Grupo 1: 10 meses de migração	31
4.1.1	Grupo 1: variável /e/	31
4.1.2	Grupo 1: variável /o/	33
4.2	Grupo 2: 4 anos de migração	35
4.2.1	Grupo 2: variável /e/	35
4.2.2	Grupo 2: variável /o/	37
4.3	Grupo 3: 6 anos de migração	38
4.3.1	Grupo 3: variável /e/	38
4.3.2	Grupo 3: variável /o/	41
4.4	Discussão	42
5	Considerações finais	44
6	Referências Bibliográficas	48
A	Dados	53
A.1	Dados coletados	53
A.2	Dados normalizados	61
A.3	Dados re-dimensionados	69
B	Roteiro da entrevista	77
C	Testes estatísticos	78

Lista de Figuras

1	Varição e ambiguidade (retirado de <i>handout</i> do acervo de Anttila, 2007) . . .	3
2	Mapeamento de <i>inputs</i> para <i>outputs</i> na OT (KAGER, 2004, p. 8)	5
3	Funcionamento da gramática OT (KAGER, 2004, p. 19)	5
4	Modelo BiPhon da gramática (BOERSMA, 2007, p. 1)	9
5	Exemplo de restrições fonéticas em uso (BOERSMA, 2007, p. 29)	10
6	Tableau MaxEnt com restrição fonética e sociolinguísticas	15
7	Interface do Praat (retirado de https://corpus.eduhk.hk/)	21
8	Relação da distância candidato-alvo e quantidade de violações	27
9	Relação bidirecional da distância candidato-alvo e quantidade de violações . .	27
10	Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 1, vogal /e/ .	33
11	Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 1, vogal /o/	34
12	Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 2, vogal /e/ .	36
13	Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 2, vogal /o/	38
14	Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 3, vogal /e/ .	40
15	Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 3, vogal /o/	42

Lista de Tabelas

1	Tableau de OT	6
2	Tableau adaptado de FLEMMING, 2021, p. 3	6
3	Tableau adaptado de FLEMMING, 2021, p. 5	7
4	Tableau adaptado de FLEMMING, 2021, p. 5	11
5	Informações relevantes das entrevistas	20
6	Grupos para análise	20
7	Distribuição das amostras entre grupos	22
8	Restrições de nosso modelo MaxEnt	22
9	F1 das vogais médias do PB (em Hz)	24
10	Cálculo da quantidade de candidatos	24
11	Cálculo do intervalo entre candidatos	25
12	Lista de candidatos da vogal /e/ por grupo (em Hz)	25
13	Lista de candidatos da vogal /o/ por grupo (em Hz)	26
14	Tableau relativo à variável /e/ aos 10 meses de migração	28
15	Valores de F1 para referência (em Hz)	29
16	Média de F1 das amostras coletadas (em Hz)	31
17	Tableau relativo à variável /e/ aos 10 meses de migração	31
18	Tableau relativo à variável /o/ aos 10 meses de migração	33
19	Tableau relativo à variável /e/ aos 4 anos de migração	35
20	Tableau relativo à variável /o/ aos 4 anos de migração	37
21	Tableau relativo à variável /e/ aos 6 anos de migração	38
22	Tableau relativo à variável /o/ aos 6 anos de migração	41

1 Introdução

A variação linguística, um dos temas centrais da Sociolinguística, só recebeu atenção contínua da teoria fonológica nas últimas duas décadas (FLEMMING, 2021, p. 2). Variação, afinal, não faz parte das principais questões do gerativismo, pois foge do âmbito exclusivo da competência e reflete interação entre a competência e outros sistemas cognitivos, incluindo sistemas sociais (ANTTILA; CHO, 1998, p. 31). Podemos nos perguntar, entretanto, até qual ponto a gramática, enquanto entidade psicológica e sincrônica, influencia a variação linguística, pois parece haver evidência suficiente de que a microestrutura da variação não é gramaticalmente aleatória e, pelo contrário, reflete restrições similares àsquelas encontradas no domínio das regras categóricas (Ibid., p. 31-32).

Anttila e Cho (1998, p. 32) citam o apagamento variável de /t,d/ em final de palavras do Inglês Americano. Naquele caso, há uma relação empírica confirmada entre ocorrências de apagamento e, entre outras, a natureza dos segmentos anteriores e posteriores (GUY, 1992, p. 223-224). Há uma chance maior de apagamento de /t,d/ sucedidos por obstruintes, seguido de chance intermediária de apagamento quando sucedidos por glides e líquidas e, por fim, há pouca chance de apagamento quando sucedidos por vogais (Id., 1995, p. 7). Ao considerarmos a natureza gramatical e probabilística dessas variáveis, podemos afirmar que há gramaticalidade em jogo também na variação (ANTTILA; CHO, 1998, p. 32). E é exatamente isso que décadas de pesquisas sociolinguísticas variacionistas nos mostraram: apesar de não-categórica, a variação certamente não é aleatória em sentido estatístico e, contrariamente, demonstra forte regularidade quantitativa (GUY, 1995, p. 5). É insuficiente, portanto, elaborar gramáticas fonológicas que mapeiam *uma* função categórica da representação fonética subjacente para cada *uma* representação superficial, conforme originalmente postulado por Chomsky e Halle (1968, p. 7-14).¹ Torna-se necessário, ao pretendermos dar conta da variação, elaborar uma gramática fonológica cuja função vá da representação subjacente, por meio de distribuição probabilística, a uma representação superficial inserida em um grupo de representações superficiais possíveis (MAGRI, 2018, p. 1). E, a essas gramáticas que incorporam informações probabilísticas, damos o nome de gramáticas estocásticas (CLARK, 2005, p. 207).

A proposta deste trabalho de conclusão de curso, sendo assim, é de observar a variação sob a perspectiva da Fonologia, abordando-a sob o viés de uma gramática fonológica estocástica. Para tanto, tivemos como tarefa a elaboração de uma modelagem em tableau precisa e específica para

¹“The phonological component is a system of rules (...) that relates surface structures (...) to phonetic representations (...), and we will also make specific proposals concerning the system of phonological rules that assign **a phonetic interpretation to each surface structure**.”(CHOMSKY; HALLE, 1968, p. 14, grifo nosso)

nossa análise. Nossa modelagem deverá ser capaz de operar restrições fonéticas concorrentes, discretizar candidatos fonéticos contínuos em conjuntos e calcular desvios de alvos em restrições gradientes. Todos esses elementos serão tratados adiante. No mais, em resenha da literatura pertinente, pretendemos realizar a delimitação teórica e matemática relevantes.

Este trabalho foi dividido em quatro seções: **Fundamentação teórica**, **Metodologia**, **Análise e resultados** e **Considerações finais**. Na próxima seção, intitulada **Fundamentação teórica**, realizaremos a fundação teórica deste trabalho ao tratar da variação, de gramáticas de máxima entropia e de restrições fonéticas. Em seguida, na seção **Metodologia**, elencaremos todos os elementos práticos para a realização de nossa pesquisa, isso inclui os princípios funcionais de uma gramática de máxima entropia e as especificidades de nossa modelagem. Consequentemente apresentaremos, ao longo da seção **Análise e resultados**, os resultados obtidos ao aplicarmos nossa metodologia e nossa interpretação. Por fim, na seção **Considerações finais**, retomaremos o tema central de nossa pesquisa – a variação decorrente de contato dialetal e a possibilidade de modelagem em gramáticas fonológicas estocásticas – e faremos uma breve reflexão com base nos resultados obtidos.

2 Fundamentação teórica

Ao empregar a gramática MaxEnt na modelagem da variação, este trabalho seleciona a Gramática Harmônica como pano de fundo teórico. Nesta seção, discorreremos sobre as definições de **variação e contato dialetal** e, em seguida, sobre o que são **gramáticas baseadas em restrições**.

2.1 Variação e contato dialetal

Respeitando a proposta deste trabalho, não faz-se necessário lançar mão de uma série de conceitos e nem elaborar grandes discussões sobre contato dialetal e variação. Sabendo que nossas preocupações são majoritariamente fonéticas e fonológicas, nos é suficiente definir *(i)* a variação e *(ii)* o contato dialetal.

A variação pode ser entendida com base no conceito de heterogeneidade ordenada (WEINREICH; LABOV; HERZOG, 1968, p. 100). Isto é, entendemos que é parte fundamental das línguas que falantes produzam uma mesma coisa de maneiras diferentes. Seu funcionamento, por sua vez, gostaríamos que fosse pensado em virtude da noção de ambiguidade (cf. ANTTILA, 2000). Assim, se admitirmos que ambiguidade é um fato incontestável da língua, teremos que admitir que variação intra-individual também o é (ANTTILA, 2000, p. 6). Vejamos, então, a

esquematisação do conceito de variação abaixo:



Figura 1: Variação e ambiguidade (retirado de *handout* do acervo de Anttila, 2007)

A figura acima, como dissemos, é uma definição de variação relativa ao conceito de ambiguidade. Veja que ela representa a variação como único significado (*M* ou *meaning*) para mais de uma forma (*F* ou *form*). Isso opõe-se perfeitamente à ambiguidade, que inversamente apresenta mais de um significado para uma única forma. Pensando a variação dessa maneira, não só tornamos sua existência um fato descontroverso como também deixamos explícito seu funcionamento. A variação, portanto, se dá no nível do mapeamento das representações superficiais.

O contato dialetal será definido formalmente como *contato entre variedades linguísticas mutualmente inteligíveis* (TRUDGILL, 1986, p. 40). E, ao falar em contato dialetal, estamos falando inevitavelmente em mudanças decorrentes dele, pois mudança linguística é um produto inevitável da interação linguística (WEINREICH; LABOV; HERZOG, 1968, p. 150). Assim, falar em *variação decorrente do contato dialetal* significa observar em que medida o contato dialetal afeta a variação na produção fonológica de um indivíduo. Estamos, de certo modo, tentando delimitar um conjunto de produções possíveis (*i.e.* o conjunto de produções que constitui a variação) e as condições que levam à produção dessa variação.² Dito isso, ao final deste trabalho, dificilmente poderemos realizar afirmações categóricas sobre as condições de possibilidade da variação e do contato dialetal. Essa também não é nossa intenção. O que pretendemos é apenas realizar uma prova de conceito sobre a viabilidade, vantagens e desvantagens das gramáticas fonológicas estocásticas na modelagem da variação.

Uma ressalva importante é que não estamos ignorando as nuances da variação e do contato dialetal. Mas são também as limitações próprias de nosso modelo³ que prescrevem as fronteiras de nossas discussões teóricas. É impossível, pelo menos no escopo de um trabalho de conclusão de curso, tratar de uma modelagem abrangente o suficiente de tal maneira que seja

²Cf. WEINREICH; LABOV; HERZOG, 1968 para ver uma discussão sobre as metas de uma teoria de mudança linguística.

³Estaremos trabalhando com gramáticas baseadas em restrições e modelos de máxima entropia, assim, dificilmente seremos capazes de realizar análises que levam em consideração, por exemplo, fenômenos comportamentais. Portanto, não conseguiremos, no âmbito deste trabalho, diferenciar fenômenos como *acomodação* da verdadeira e efetivada mudança idioletal. Será tudo considerado genericamente *variação*. Isso não é afirmação, no entanto, de que esse tipo de modelagem seja impossível. Só alegamos que, ao respeitar o escopo de uma monografia, não seria um objetivo realista.

capaz de pressupor um único *framework* para análise fonética, fonológica, sociolinguística e psicolinguística.⁴ Assim, com certo peso na consciência, intencionalmente deixamos de lado algumas discussões muito caras à Sociolinguística e tratamos apenas daquilo que somos capazes de tratar em primeiro lugar. Futuramente, ao longo deste trabalho, realizaremos questionamentos – quando relevantes e de maneira breve – sobre aspectos deficitários de nosso modelo que, por vezes, envolvem a omissão das nuances da variação e contato dialetal.

2.2 Gramáticas baseadas em restrições

Nosso pano de fundo teórico fonológico será a Gramática Harmônica, modelo linguístico formulado em 1990 por Géraldine Legendre, Yoshiro Miyata e Paul Smolensky, originalmente publicado como *Harmonic Grammar: A Formal Multi-level Connectionist Theory of Linguistic Well-formedness: Theoretical Foundations*⁵. A Gramática Harmônica (doravante HG) é uma teoria comumente relacionada e discutida em conjunto à Teoria da Otimalidade (doravante OT), pois ambas operam modelos gramaticais baseados em restrições e violações. Em virtude do contexto teórico e histórico relevante, vale a pena brevemente discutir ambas a seguir, pois os fundamentos de uma gramática baseada em restrições estão todos presentes, em talvez sua forma mais simples e compreensível, na OT – e não na HG, apesar dessa ser tecnicamente sua antecessora, publicada três anos antes da OT.

A Teoria da Otimalidade (ou *Optimality Theory*) é um *framework* cuja ideia central é a de que representações superficiais da língua refletem resoluções de conflitos entre restrições que competem entre si (cf. PRINCE; SMOLENSKY, 1993). Essas restrições seriam universais e línguas difeririam umas das outras na disposição do ranqueamento dessas restrições, levando a diferentes resoluções de conflitos. Isso significa que, no cerne da OT, gramáticas são consideradas um sistema de forças conflitantes (KAGER 2004, p. 4). Há, de forma geral, duas forças relativas às restrições na OT: MARCAÇÃO e FIDELIDADE. Essas forças podem entendidas como estando em conflito em qualquer gramática (Ibid., p. 4). A MARCAÇÃO é um denominador geral para fatores gramáticos que pressionam-nos em direção a estruturas não marcadas⁶. Essa

⁴Cf. BOERSMA; BENDERS; SEINHORST, 2020 para uma discussão atual sobre modelos de análise unificada.

⁵Publicado no volume 90-94 de *Report: Institute of Cognitive Science* do Departamento de Ciência da Computação da University of Colorado.

⁶A MARCAÇÃO representa uma forma de universalidade em sentido fraco (Ibid., p. 2). Estruturas *não marcadas* seriam aquelas preferidas e consideradas “básicas” entre gramáticas de várias línguas, enquanto estruturas *marcadas* são aquelas evitadas e usadas apenas para a criação de contraste entre segmentos (Ibid., p. 2-3). Kager (2004, p. 5) oferece alguns exemplos de estruturas favorecidas *versus* desfavorecidas: sílabas abertas *versus* sílabas fechadas, vogais curtas *versus* vogais longas ou obstruintes desvozeadas *versus* obstruintes vozeadas. De maneira geral, em síntese, segmentos, combinação de segmentos ou estruturas prosódicas preferem estruturas não marcadas.

força é contraposta pela FIDELIDADE, que representa a combinação de fatores gramáticos que preservam contrastes lexicais (Ibid, p. 4-5). É fácil inferir, graças às suas definições, que essas duas forças estão inerentemente em conflito, pois uma preserva em contrastes enquanto outra livra-se deles. A OT, por sua vez, é o dispositivo através do qual essas duas forças chocam-se em razão de *inputs* e *outputs*. Ela assume que há uma *forma ótima* para segmentos, resultante de RESTRIÇÕES representativas dessas duas forças conflitantes.

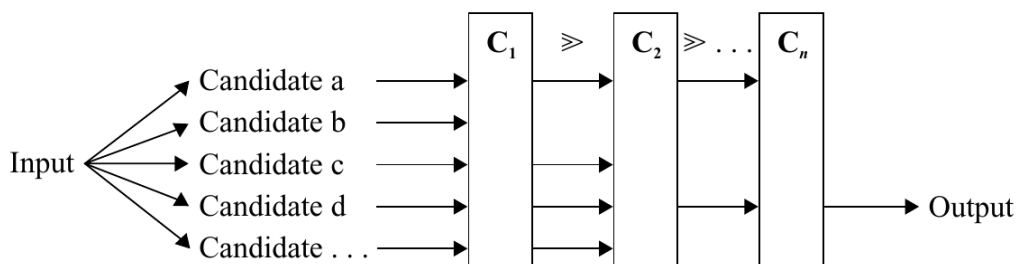


Figura 2: Mapeamento de *inputs* para *outputs* na OT (KAGER, 2004, p. 8)

Como observamos acima, a forma ótima de um segmento é um *output* resultante do choque entre CANDIDATOS (possíveis *outputs* de um dado *input*) e RESTRIÇÕES da gramática da língua. Essas RESTRIÇÕES, justapostas umas às outras, são elencadas em forma de *ranking* em que algumas têm prioridades sobre outras. Podemos, então, estabelecer o conceito de RESTRIÇÃO como *o requerimento estrutural que pode ser ou satisfeito ou violado por um output* (Ibid., p. 9). Após realizadas as definições de MARCAÇÃO, FIDALIDE e RESTRIÇÃO, podemos tratar sobre a arquitetura de uma gramática OT.

Composta por três elementos, chamados LÉXICO (LEXICON ou LEX), GERADOR (GENERATOR ou GEN) e AVALIADOR (EVALUATOR ou EVAL), a arquitetura de uma gramática OT é relativamente minimalista (Ibid., p. 18-48), mas apresenta alta capacidade analítica. GEN é uma função aplicada sobre *inputs*, sendo estes retirados do LEX, que produz uma série de CANDIDATOS, ou seja, *outputs* (representações superficiais) possíveis. Estes CANDIDATOS, *outputs* de GEN, são *inputs* do EVAL cujo *output*, por fim, é a representação superficial. Talvez, ao invés de explicar este processo em prosa, seja mais intuitivo observarmos o esquema abaixo:

The grammar as an input–output mechanism
Gen (**input**) $\Rightarrow$ {cand₁, cand₂ ... cand_n}
Eval {cand₁, cand₂ ... cand_n} $\Rightarrow$ **output**

Figura 3: Funcionamento da gramática OT (KAGER, 2004, p. 19)

Esse tipo de funcionamento de gramática OT (e gramáticas baseadas em restrições em geral) é aplicado na solução de problemas fonológicos por meio de um TABLEAU com a seguinte estrutura:

<i>/input/</i>	Restrição ₁	Restrição ₂
Candidato _a	*!	
Candidato _b		*

Tabela 1: Tableau de OT

No TABLEAU acima, temos */input/* como representativo de LEX, temos os candidatos como representativos de GEN e a análise de violações de restrições (onde as violações são marcadas por um asterisco e as restrições estão em ordem de importância) representa EVAL. Percebemos que, conforme a análise do caso acima, o Candidato_b é a forma ótima e *output* da gramática, pois ele viola apenas a Restrição₂ e, conforme ordenado acima, Restrição₁ > Restrição₂.

A HG, apesar de extremamente similar em arquitetura de tableau e análise, difere da OT ao utilizar pesos numéricos para suas restrições ao invés de ranqueamentos (FLEMMING, 2021, p. 2). Dentro do *framework* disposto pela HG, usamos esses pesos para calcular o *escore harmônico*, ou *harmonia*, dos candidatos à representação superficial e selecionamos aquele cujo escore harmônico é mais próximo de zero, conforme o seguinte tableau:

pesos:	15	8	8	
<i>/input/</i>	Restrição ₁	Restrição ₂	Restrição ₃	Harmonia
Candidato _a	-1			-15
Candidato _b		-2		-16
Candidato _c		-1	-1	-16

Tabela 2: Tableau adaptado de FLEMMING, 2021, p. 3

Nesse tableau, é o Candidato_a que é tido como *mais harmônico* e, assim, torna-se o *output* desse sistema. Trocamos a representação de nossas violações de asteriscos para valores numéricos, mas isso é meramente por convenção, pois a OT tradicional também é capaz de incorrer múltiplas violações em uma restrição em um único candidato. No entanto, mesmo com a adição de pesos, a HG não parece diferir muito da OT em seu *output*, pois ambas oferecem uma representação superficial única e categoricamente superior às outras, visto que foram capazes de serem determinadas como o candidato ótimo ou mais harmônico. E é com o advento da Fonologia probabilística que começa-se a explorar diferentes realizações de *outputs* não mais categóricos. Estaríamos nos distanciando da noção tradicional disposta em *The Sound Pattern of English* (1968) de que deveríamos mapear uma representação superficial para cada uma interpretação fonética (CHOMSKY; HALLE, 1968, p. 14).

A HG dispõe de várias versões probabilísticas⁷ para formulação de gramáticas fonológicas estocásticas, sendo uma delas chamada Gramática de Máxima Entropia (*Maximum Entropy Grammar*, doravante MaxEnt). Atualmente, MaxEnt é o *framework* mais utilizado para criação de gramáticas fonológicas estocásticas (FLEMMING, 2021, p. 2). MaxEnt funciona de tal maneira que, dado um grupo de candidatos, uma probabilidade distinta é assinalada individualmente para cada um, diretamente derivada dos seus escores harmônicos (BEGUŠ, 2018, p. 192). O funcionamento detalhado de uma gramática MaxEnt será estabelecido na seção seguinte, **O modelo MaxEnt**. Vejamos, a fim de exemplo, um tableau MaxEnt:

pesos:	15	8	8		
/input/	Restrição ₁	Restrição ₂	Restrição ₃	Harmonia	Probabilidade
Candidato _a	−1			−15	58%
Candidato _b		−2		−16	21%
Candidato _c		−1	−1	−16	21%

Tabela 3: Tableau adaptado de FLEMMING, 2021, p. 5

Observando as probabilidades no tableau acima, podemos afirmar sem dúvidas que a gramática MaxEnt é não-categórica. Não assumimos um único candidato vencedor, muito pelo contrário, atribuímos aos candidatos *chances de produção*. Em uma gramática MaxEnt, representações superficiais, então, são entendidas como resultado possível de um cálculo probabilístico derivado do escore harmônico entre candidatos de um grupo. Para mais, uma das competências da gramática MaxEnt é também achar pesos para as restrições de tal maneira que seja maximizada a probabilidade das formas mais observadas e minimizada a probabilidade das formas pouco ou não observadas em dado *corpus* (HAYES; WILSON, 2007, p. 8). MaxEnt parece ser, então, compatível com a modelagem da variação que nos propusemos a realizar. No entanto, antes de percorrermos uma série de definições em nossa próxima seção, **Metodologia**, convém realizar algumas divagações teóricas importantes sobre alguns elementos da arquitetura de nosso modelo.

A modelagem MaxEnt, aplicada à Fonologia⁸, não é apenas um método estatístico, mas também um modelo que corresponde a processos mentais.⁹ E isso não vale só para MaxEnt. Durante, por exemplo, um dos artigos inaugurais¹⁰ da HG, Legendre, Miyata e Smolensky (1990b)

⁷As principais implementações estocásticas baseadas em modelos de restrições são OT de ordem parcial, OT estocástica, HG estocástica e MaxEnt (MAGRI, 2018, p. 1).

⁸O método da máxima entropia não é um método exclusivo da Fonologia ou da Linguística, mas sua aplicação na Fonologia carrega consigo certas suposições sobre o funcionamento da linguagem, como veremos nesta seção.

⁹“Like other properties of our learner, our proposals concerning the search space and heuristics constitute a theoretical claim about language learning” (HAYES; WILSON, 2007, p. 14).

¹⁰*Can Connectionism Contribute to Syntax? Harmonic Grammar, with an Application* publicado em 1990.

explicam que, mesmo não discutindo ali modelos de processamento da linguagem, eles apresentariam um novo formalismo gramatical derivado das propriedades matemáticas das redes conectivistas, sendo essas idealizações matemáticas *de como informações são representadas no cérebro*. Hayes e Wilson (2007, p. 14), de maneira similar, dizem sem incertezas que aprendizes humanos têm performance fonotática *funcionalmente idêntica* à descrita por eles e que as propriedades do modelo MaxEnt, sim, constituem afirmações teóricas sobre aprendizagem da língua. Assim, entender e definir os elementos do modelo MaxEnt (*e.g.* escore harmônico, restrições e seus tipos, violação, regra de aprendizagem, probabilidade, pesos) significa descrever o funcionamento dos processos mentais presumidos neste trabalho.¹¹ Isso é particularmente importante ao tentarmos modelar a variação decorrente do contato dialetal, que convencionalmente não faz-se objeto de estudo no âmbito da Fonologia e, conseqüentemente, apresenta dificuldades diferenciadas. Uma delas, extremamente relevante para nós e assunto digno de atenção, é o tratamento de restrições de natureza fonética, ou seja, não-fonológicas.

Restrições de natureza fonética, como $F1 [V_{pre-stress}]$ ¹², diferem crucialmente daquelas de natureza fonológica, pois penalizam objetos linguísticos articulatórios ou representações acústicas portadoras de valores reais, não sendo meros símbolos que agrupam-se em categorias discretas (LEFKOWITZ, 2017, p. 34). Apesar disso, o emprego de restrições fonéticas não é absurdo ou incompatível com a Fonologia e com modelos de gramáticas baseadas em restrições. Representações fonológicas não costumam nos informar a duração dos segmentos, a duração da aspiração, a natureza dos movimentos entre segmentos distintos, os pequenos abaixamentos do véu palatino, entre outras mais (FLEMMING, 2001, p. 8). No âmbito da Gramática Gerativa, é assumido que muitos desses detalhes da realização fonética são consequência de princípios universais, mas isso demonstra-se ser uma hipótese excessivamente otimista – muitos desses aspectos estão sujeitos a variações específicas de cada língua (Ibid., p. 8). Não seria estranho admitir, conforme argumenta Keating (1985, p. 129), que talvez não existam verdadeiros universais fonéticos e que seja a gramática de uma língua que controle todos os aspectos da forma fonética.

Chegamos, conseqüentemente, a um dilema entre dois paradigmas (FLEMMING, 2001, p. 8): devemos enriquecer as representações fonológicas, para que possam abarcar esses detalhes fonéticos, ou postular um componente adicional da gramática que providenciaria esses componentes fonéticos específicos de cada língua. Podemos observar esse segundo paradigma em

¹¹ Essa afirmação não vem sem seus problemas. A relação entre algoritmos computacionais e processos mentais humanos não é o foco deste trabalho e será apenas muito brevemente delegada a uma nota de rodapé no da subseção **O modelo MaxEnt**, após estabelecermos o funcionamento do nosso *aprendiz fonológico*.

¹² Restrição sobre o primeiro formante da vogal pretônica.

McCarthy (1986, p. 249-250), ao declarar que regras de implementação fonética distinguem-se das regras fonológicas por seu efeito gradiente, variabilidade, relação com velocidade de fala e *sua falta de interação com a fonologia*. Essa linha de pensamento, porém, não nos tem muita utilidade. A construção de uma gramática estocástica, como é de nosso interesse, administra conjuntamente elementos fonéticos e fonológicos – conforme o primeiro paradigma – e, em modelos de gramáticas baseadas em restrições, apelaria para o conceito de *restrições fonéticas*, como citado anteriormente.

Elisabeth Zsiga (2000), ao tratar de consoantes do inglês e do russo, foi uma das primeiras autoras a ocupar-se com a questão das restrições fonéticas (LEFKOWITZ, 2017, p. 35). Zsiga relatou que, dada a mesma condição fonológica, as duas línguas comportavam-se foneticamente diferente no que diz respeito ao alinhamento consonantal e aos tipos de variações fonéticas que ocorrem em virtude desse alinhamento (Ibid., p. 35). Ela nota que esses diferentes padrões produzidos pelos falantes de inglês e russo poderiam ser abarcados por uma restrição de caráter fonético de alinhamento consonantal (ZSIGA, 2000, p. 96). Diferentemente da restrição fonológica, a restrição fonética faria referência a *pontos internos* aos objetos analisados, com acesso a informações quantitativas (Ibid., p. 96). Paul Boersma (2007), por sua vez, escreveu sobre *cue constraints*, no contexto do *framework* teórico da OT Bidirecional, que seriam dispostas em uma arquitetura gramatical onde cinco níveis de representações fonéticas e fonológicas são mapeados uns aos outros através de gramáticas de restrições ranqueadas (BOERSMA, 2007, p. 1). Vejamos a figura abaixo:

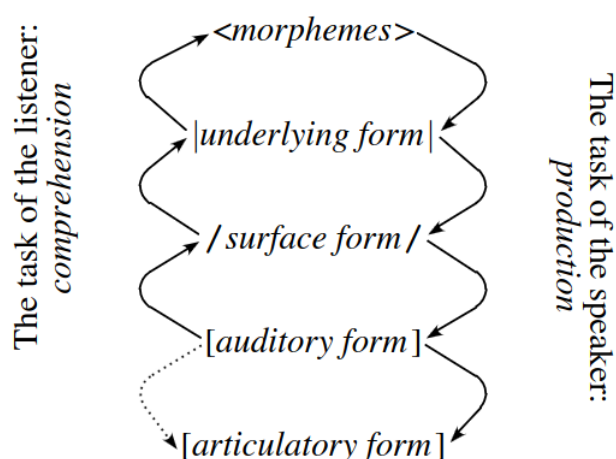


Figura 4: Modelo BiPhon da gramática (BOERSMA, 2007, p. 1)

Dessa maneira, sob o pano de fundo teórico dessa interface fonológica-fonética, a forma superficial é mapeada à forma auditiva por um nível de gramática consistindo apenas de *cue*

constraints (Ibid., p. 5). Essas restrições seriam de caráter bidirecional, atuando na compreensão e também na produção, e seriam capazes de lidar com o mapeamento das formas auditivas até as representações superficiais, por parte do ouvinte e da implementação fonética do falante (Ibid., p. 5). Elas governariam, então, a relação entre *inputs* auditivos e *outputs* fonológicos. Em outras palavras, a percepção auditiva de determinado evento. Boersma faz uma demonstração da percepção entre as vogais /i/ e /ɪ/ no Inglês Escocês e no Inglês Britânico do Sul:

Perception of an auditory event in Scottish English

[74 ms, 349 Hz]	* /ɪ/ [349 Hz]	* /i/ [74 ms]	* /ɪ/ [74 ms]	* /i/ [349 Hz]
/ɪ/	*!		*	
/i/		*		*

Perception of the same auditory event in Southern British English

[74 ms, 349 Hz]	* /i/ [349 Hz]	* /i/ [74 ms]	* /ɪ/ [74 ms]	* /ɪ/ [349 Hz]
/ɪ/			*	*
/i/	*!	*		

Figura 5: Exemplo de restrições fonéticas em uso (BOERSMA, 2007, p. 29)

Essa concatenação de *cue constraints* (e.g. ms e Hz) são chamadas de *cue integration* por Boersma (2007, p. 29). Mas, apesar de oferecer pistas sobre o funcionamento de restrições fonéticas e sobre suas implicações na arquitetura da gramática, nossa pesquisa não pretende trabalhar com restrições categóricas, pois não parecem suficientes para abarcar a variação. Isso nos leva, finalmente, aos trabalhos de Edward Flemming (cf. 2001, 2021).

Em seu artigo *Scalar and categorical phenomena in a unified model of phonetics and phonology* (2001), Edward Flemming realiza o que ele chama de análises unificadas de fenômenos fonológicos e fonéticos em paralelo (*unified analyses of parallel phonetic and phonological phenomena*) (Ibid., p. 15). O programa proposto por Flemming, como é passível de ser inferido pela nomenclatura de sua análise, é um *framework* de análise unificado para fonética e fonologia, de arquitetura similar às gramáticas fundamentadas na OT (Ibid., p. 16). A grande diferença entre elas, porém, é que suas restrições, sejam elas fonéticas ou fonológicas, recebem *pesos* que irão ditar a quantidade de violações incorridas por cada candidato, não diferentemente da HG. Essas restrições, que Flemming chama de *constraints on phonetic detail* (Ibid., p. 16), são gradualmente violáveis, pois delimitam um alvo (*target*) e calculam a incidência de violações

com base na distância do candidato até o alvo. Ao falar de variação, enfim, restrições fonéticas gradualmente violáveis parecem ter um grande potencial preditor. Vejamos, então, a seguinte equação de exemplo para o cálculo de violações graduais (LEFKOWITZ, 2017, p. 39):

$$R_i(x) = p_i(x - a_1)^2 \quad (1)$$

Em outras palavras, a quantidade de violações de uma restrição R_i de dado candidato x é proporcional ao quadrado da distância entre o candidato e o alvo ideal a_1 da restrição, multiplicado por seu peso p_i . Esse alvo pode ser, como no nosso caso, o valor em Hz de F1 [V_{pre-stress}]. Quanto mais o candidato desviar-se desse valor, mais penalizado ele será. Esse será o funcionamento de nossas restrições fonéticas, mas faremos uso de outra equação, conforme apresentado na próxima seção. Podemos, enfim, começar a elencar algumas definições formais de nossa metodologia.

3 Metodologia

A metodologia deste trabalho será apresentada em três partes: (i) subseção 3.1 **O modelo MaxEnt** sobre a estrutura de uma gramática MaxEnt, (ii) subseção 3.2 **O experimento** sobre o procedimento do experimento em si e (iii) subseção 3.3 **A hipótese** para uma curta discussão da hipótese de pesquisa deste trabalho. Portanto, a princípio, pode-se dizer que trataremos de elementos mais gerais (estrutura de um modelo MaxEnt) rumo aos mais específicos (arquitetura do experimento e hipótese).

3.1 O modelo MaxEnt

O modelo MaxEnt difere da OT e da HG tradicionais, pois permite que candidatos sejam assinalados probabilidades ao invés admitirem categoricamente um vencedor. Ao longo desta seção, pretendemos estabelecer quais processos subjazem a gramática MaxEnt, pois, como elencado na seção anterior, compreender seu funcionamento é também compreender as suposições fonológicas implícitas em nossa modelagem. Retomemos, então, o tableau MaxEnt apresentado na seção anterior:

pesos:	15	8	8		
/input/	Restrição ₁	Restrição ₂	Restrição ₃	Harmonia	Probabilidade
Candidato _a	−1			−15	58%
Candidato _b		−2		−16	21%
Candidato _c		−1	−1	−16	21%

Tabela 4: Tableau adaptado de FLEMMING, 2021, p. 5

Comecemos pelo conceito de harmonia/escore harmônico (h), diretamente associado à sua probabilidade, que receberá a seguinte definição (HAYES; WILSON, 2007, p. 6):

$$h(x) = \sum_{i=1}^N p_i R_i(x) \quad (2)$$

Isso significa que o escore harmônico de um candidato é igual à soma das suas violações já multiplicadas cada qual por seu peso relevante (Ibid., p. 6). Vejamos, em seguida, o que compõe o valor máximo da entropia P^* de cada candidato (Ibid., p. 6):

$$P^*(x) = \exp(-h(x)) \quad (3)$$

Observemos aqui que o máximo valor da entropia de um dado candidato é a função exponencial de base e cujo expoente é seu escore harmônico negativo¹³. Esse valor será necessário para o calcular a probabilidade individual dos candidatos. Além disso, sabendo que $p \geq 0$, a máxima entropia possível será $P^* = 1$, em situações onde não são incorridas violações. Mas atentemos para o fato de que esse valor ainda não é a probabilidade de ocorrência do candidato.

Para alcançar a probabilidade dos candidatos, é necessário saber qual parcela seu valor P^* ocupa em relação à soma de todos os valores P^* dos candidatos pertencidos ao *espaço amostral*, representado pelo símbolo Ω . A probabilidade de produção de dado candidato, então, será dito $P(x)$ e a soma de P^* de todos os candidatos que pertencem a Ω será representada por Z (Ibid., p. 6):

$$P(x) = \frac{P^*(x)}{Z} \quad (4)$$

Onde Z pode ser definido como:

$$Z = \sum_{y \in \Omega} P^*(y) \quad (5)$$

Podemos agora começar a nos voltar sobre o cálculo dos pesos. É necessário, primeiramente, saber que a probabilidade de um conjunto de dados D pode ser calculada simplesmente multiplicando todas as probabilidades de cada palavra, obtendo, dessa maneira, sua probabilidade conjunta (Ibid., p. 8):

$$P(D) = \prod_{x \in D} P(x) \quad (6)$$

Nossa intenção é maximizar $P(D)$, que pode ser representado pelo intervalo $[0, 1]$, e achar

¹³O expoente dessa função exponencial natural deve ser um número negativo, isso significa que, ao calcularmos o escore harmônico como um número negativo em primeiro lugar, não devemos negatvá-lo durante o cálculo da máxima entropia.

seu maior valor possível, ou seja, sua maior probabilidade com base nos dados observados.¹⁴ Isso significa que devemos calibrar nossos pesos de forma a aproximar $P(D)$ o máximo possível a 1. Chamamos essa maneira de aprendizagem de *estimativa por máxima verossimilhança*. A fim de conveniência matemática e computacional, iremos trabalhar com a soma das log-probabilidades de cada candidato, e não $P(D)$ em si (Ibid., p. 9):

$$\sum_{i=1}^N \log(P(x_i)) \quad (7)$$

Ao invés de multiplicação, estamos agora trabalhando com adição. Produtos tendem a convergir mais rapidamente para zero ou infinito, e isso é problemático, por exemplo, quando trabalhamos com computadores e *software* que não necessariamente são capazes de distinguir aproximações de pequenas frações ao longo de inúmeras iterações de cálculo. Além disso, como a função logarítmica é apenas crescente (*i.e.* monótona), os pesos que maximizam $\log(P(D))$ também maximizam $P(D)$ (Ibid., p. 9). Porém, apenas maximizar não é o bastante, já que poderíamos sofrer com algum grau de *sobreajuste*. Ou, em outros termos, enviesamento do sistema de tal modo que estaria demasiadamente alinhado aos dados observados e, consequentemente, não teria boa capacidade preditora (MARTIN, 2011, p. 759). O método convencional para evitar sobreajuste é a adição de um termo de *suavização* na função de aprendizagem que irá penalizar distribuições enviesadas e favorecerá distribuições mais uniformes (Ibid., p. 759). Vejamos, enfim, nossa função de máxima entropia agora ajustada para um menor viés na aprendizagem (Ibid., p. 760):

$$\sum_{i=1}^N \log(P(x_i)) - \sum_{j=1}^M \frac{(p_j - \mu_j)^2}{2\sigma_j^2} \quad (8)$$

Aqui, tudo que fizemos foi pegar nosso *estimador por máxima verossimilhança* e subtrair dele um *prior gaussiano*, ou seja, um indicador para o modelo que seus pesos estão em distribuição gaussiana. Esse prior pretende prevenir o cenário em que, onde múltiplas restrições podem explicar um fenômeno, o modelo priorize uma única restrição de peso alto, ao invés de múltiplas restrições de pesos baixos (Ibid., p. 760). Ele faz isso ao penalizar restrições cujo valor-p demasiadamente desvia-se dos outros. Podemos observar que alcançamos esse objetivo por meio da variável μ_j , convencionalmente representante de *média* e, aqui, média dos valores dos pesos. Na implementação do algoritmo conforme Hayes e Wilson (2007, p. 9), $\mu = 0$ para todas as restrições, de maneira que o prior penalize qualquer restrição acima de 0, pois p_j permaneceria sem subtração alguma e, assim, quanto maior p_j , maior o valor do prior e, consequentemente,

¹⁴Como não sabemos ainda os pesos de nossas restrições, usaremos $p = 1$ para todas elas no primeiro cálculo de $P^*(x)$, conforme Hayes e Wilson, 2007.

da penalização. Os autores também trabalharam com o desvio padrão $\sigma = 1$, mas isso pode ser ajustado conforme o problema explorado. Goldwater e Johnson (2003, p. 114) declaram que valores menores de σ requerem mais dados para afastar os pesos de zero, e que valores maiores de σ requerem menos dados, mas apresentam maior risco de sobreajuste.

Estando com os elementos de nosso modelo definidos, nos resta ainda saber como ele *aprende*. Chamaremos essa aprendizagem de *regra de atualização* de nossos pesos, em acordo com Andrew Martin (2011, p. 760). Consideremos, antes de tudo, que não há uma única maneira de atualizar os pesos em um modelo MaxEnt. Genericamente, podemos dizer que atualizamos os pesos observando a diferença entre resultados esperados e resultados observados, ou seja, comparando *inputs* de teste com *inputs* usados na aprendizagem. Quando a diferença for pouca, e as violações dos *inputs* de teste corresponderem bem com as violações dos *inputs* de aprendizagem, podemos falar que temos um modelo bem calibrado ou, em termos computacionais, houve uma otimização da função de perda. Considerando que faremos uso do *software* Maxent Grammar Tool¹⁵, nossa regra de atualização será conforme o método de gradientes conjugados¹⁶ (HAYES; WILSON, 2007, p. 11). No entanto, vale a pena tomar nota do método de gradiente ascendente estocástico (doravante SGA) para gramáticas baseadas em restrições,¹⁷ cuja variável β é relevante e discutida adiante. Por enquanto, só vale a pena saber que não convém seu uso neste trabalho. A variável relevante não faria uso dos dados que dispomos, tornando ambos métodos equivalentes em aplicação, porém sem a praticidade do Maxent Grammar Tool. Apesar disso, mesmo sem fazer uso de SGA, é importante salientar a importância que ele teve para o desenvolvimento metodológico deste trabalho e como exemplo da possibilidade de correspondência entre algoritmos computacionais e a aprendizagem humana.

Originalmente, a proposta deste trabalho era elaborar restrições de caráter sociolinguístico (tempo de migração e idade ao migrar) e calculá-las junto às outras como restrições gradualmente violáveis. Poderíamos ter restrições fonológicas, fonéticas e sociolinguísticas em nosso modelo. Veja o exemplo abaixo:

¹⁵Implementação em Java das fórmulas elencadas até aqui, não diferente de uma calculadora cujo *input* são tableaux MaxEnt e *outputs* são pesos e a probabilidade prevista para cada candidato. Vide <https://linguistics.ucla.edu/people/hayes/MaxentGrammarTool/>

¹⁶Uma explicação sobre o método de gradientes conjugados foi realizada em PRESS *et al*, 1992, p. 420-424,

¹⁷SGA é representado pela seguinte expressão: $p_{i+1} = p_i + \beta \cdot (p_i R_i(x) - p_i R_i(y))$ conforme adaptado de MARTIN, 2011, p. 760.

	$p_1 = x$	$p_2 = x$	$p_3 = x$		
/INPUT/	F1 [V _{pre-stress}] $a_1 = x$ Hz	TE.MIG. $a_2 \geq 10$ a.	ID.MIG. $a_3 \leq 17$ a.	H	P
Candidato _a					

Figura 6: Tableau MaxEnt com restrição fonética e sociolinguísticas

Temos uma restrição fonética (F1 [V]) junto a duas outras restrições de natureza sociolinguística (TE.MIG. e ID.MIG.). TE.MIG. significa Tempo de Migração e apela à quantidade de tempo em que o migrante esteve exposto ao dialeto não-nativo. No exemplo acima, definimos arbitrariamente que o alvo dessa restrição seria igual ou maior que 10 anos, significando que não haveriam violações para os migrantes há mais de uma década vivendo em São Paulo. A segunda restrição ID.MIG. diz respeito à idade em que o falante migrou, e seu alvo seria igual ou menor que 17 anos, significando que apenas não incorreriam violações os migrantes que tivessem chegado antes dos 17 anos em São Paulo, idade estatisticamente significativa em pelo menos um estudo sociolinguístico (OUSHIRO, 2019, p. 177). Esse, enfim, é um exemplo de como restrições de cunho sociolinguístico enquadrariam-se no esquema de tableaux estilo OT, associadas a restrições gradualmente violáveis e seus alvos em concordância com expectativas sociolinguísticas.

A razão desse tipo de tableau ter sido abandonado é que ele, da maneira específica como está disposto acima, não está em congruência com nenhum sistema mental ou modelo gramatical. “Idade em que migrei” não é, da forma como estruturamos essa restrição, parte do processo gramatical que ocorre quando o migrante produz uma vogal qualquer. Considerando que o modelo tem pretensão de ser um modelo de aprendizagem e produção que não sacrifica o realismo da gramática (HAYES; WILSON, 2007, p. 13-18), não podemos falar em uma restrição que parece prever um cronômetro interno que calcula, no momento do cômputo fonológico, quanto tempo passou desde que o falante migrou. Conforme foi dito anteriormente, parte da proposta de um modelo como HG, OT, MaxEnt, entre outros e em maior ou menor proporção, é também estabelecer certas suposições sobre o funcionamento de processos mentais. Mas, apesar de tudo isso, a não inclusão desses elementos na condição de *restrições* não é um fato irreconciliável com seu uso em geral na Fonologia, como pretendemos elucidar a seguir ao pensarmos na regra de atualização pelo método SGA.

Observemos novamente a restrição que fizemos sobre a idade de migração. Oushiro (2019, p. 176) pontua que, tratando de migrantes em São Paulo e em relação à abertura das vogais

médias pretônicas, apenas a idade de migração parece ter impacto estatisticamente significativo na aquisição do padrão paulistano.

Parece que poderíamos, sob um primeiro olhar, descartar completamente a restrição Tempo de Migração (TE.MIG.), já que não parece ter influência na abertura das vogais médias pretônicas. Porém, a fim de organização de dados, ela parece ser razoavelmente útil quando combinada com a restrição Idade em que Migrou. É interessante saber com quantos anos e, dada a idade, há quanto tempo se deu a migração. Sabendo que não aparenta ter relevância estatística por si só, podemos trabalhá-la como parte da outra restrição que, ela sim, foi estatisticamente significativa.

O fato da restrição Idade em que Migrou (ID.MIG.) ser estatisticamente significativa já era esperado, pois jovens tendem adquirir “uma nova língua e um novo dialeto mais facilmente” (OUSHIRO, 2019, p. 177). À vista disso, e de maneira relativamente descontrovertida¹⁸, poderíamos associar a restrição ID.MIG. ao conceito de *taxa de aprendizagem* de nosso modelo MaxEnt ou, como também é chamado no âmbito da Linguística, *plasticidade* do modelo (JÄGER, 2007, p. 2-3). Em uma gramática MaxEnt, podemos lançar mão da seguinte definição do parâmetro *plasticidade*: é uma constante não-negativa que determina o grau em que pesos de restrições perturbam-se toda vez que são expostos a novos dados (MARTIN, 2011, p. 760). Retomemos a formulação da atualização dos pesos em modelos MaxEnt e de aprendizagem de máquina denominada SGA citada anteriormente: $p_{i+1} = p_i + \beta \cdot (p_i R_i(x) - p_i R_i(y))$. Veja que pesos sucessivos p_{i+1} são definidos em virtude de seus antecessores, adicionados a uma constante β que multiplica as violações observadas em inputs x subtraídas das violações esperadas de amostras y . Ou seja, de maneira simplificada, estamos tratando da *diferença entre o esperado e o observado*. E é essa constante β , denominada plasticidade, que irá definir a estabilização dos pesos desse sistema. Observe que, conforme β aproxima-se de 0, a tendência é que o peso de uma restrição permaneça constante, mesmo que, em termos reais de aprendizagem, o estímulo percebido esteja em desacordo com as expectativas de nossa gramática mental. Isto é, ao pensar ID.MIG., não estamos pensando propriamente em uma restrição, pois, como dito, ID.MIG. não poderia possivelmente ser uma categoria mental, mas poderíamos estar falando em uma calibragem da plasticidade em β , em sua regra de atualização de pesos, que ocorre

¹⁸É descontrovertida apenas no sentido de que estamos estabelecendo uma conexão entre idade de migração, período crítico e a estabilidade da gramática fonológica. Não há por si só, ao estabelecermos essas conexões, nenhuma afirmação inovadora sendo feita. No entanto, ao explicitamente relacionarmos a constante *plasticidade* ao período crítico e idade de migração, estamos realizando uma afirmação que, apesar de não absurda, não dispõe de literatura relevante. É necessário que pesquisas futuras testem a plausibilidade e consequências dessa relação que aqui estabeleceremos como possibilidade em um possível modelo de aprendizagem fonológico. Como não faremos uso do método de SGA, não há necessidade de elaborar, nesta pesquisa, maiores discussões sobre essa associação.

diretamente na arquitetura matemática do modelo e não no âmbito dos tableaux. Estaríamos, derivadamente, associando à constante β o período crítico para aquisição da linguagem. Da mesma maneira que levantamos hipóteses sobre o enrijecimento da gramática após um período crítico para a aquisição linguística (cf. PENFIELD; ROBERTS, 1959 e LENNEBERG, 1967), podemos pensar que essa constante β representa o grau dessa enrijecimento e, em termos de nossa modelagem, uma maior ou menor perturbação nos pesos das restrições desse sistema conforme o aprendiz fonológico é exposto a novos *inputs*. Configuraríamos o contato dialetal como uma situação em que o aprendiz fonológico encontra-se exposto a *inputs* que divergem de sua gramática interna (de sua produção, *i.e.* dos pesos de suas restrições). Mas a quantidade de perturbação desses pesos (que possibilitaria uma maior ou menor aquisição de características de um novo dialeto), ao estar relacionada à idade de migração (OUSHIRO, 2019, p. 176-177), significa que associaríamos β à idade de migração e, assim, também ao período crítico. Apesar empregarmos outro método em nossa análise, pois todos os nossos entrevistados imigraram com aproximadamente a mesma idade (tornando o emprego de β redundante em nossa situação), a discussão sobre a relação entre processos mentais e modelagem é extremamente importante para guiar a arquitetura de nossos modelos.

Tudo isso para dizer, enfim, que não queremos que o modelo nos ofereça apenas probabilidades, equivalentes a fotografias estáticas da gramática do falante, pois não queremos abrir mão dos aspectos dinâmicos e em contínua mudança do contato dialetal. Assim, apesar de, no escopo deste trabalho, visualizarmos os tableaux em termos de um modelo fechado com amostras de dados finitas, seria interessante que pensássemos que é um modelo em fluxo, cujos estímulos linguísticos sempre irão compor um novo conjunto para amostragem. São, desse modo, probabilidades que estão constantemente se reciclando, mas que, pelo menos em adultos, mantem-se estáveis graças à redução da plasticidade na atualização dos pesos das restrições que compõem

essa gramática.¹⁹ Este trabalho, dessa maneira, tratará o indivíduo em contato dialetal não diferentemente de um aprendiz fonológico²⁰ cuja aprendizagem estaria, de forma às vezes mais e às vezes menos fidedigna²¹, representada no modelo MaxEnt.

3.2 O experimento

Originalmente, este trabalho buscou analisar a variação decorrente de contato dialetal de três fenômenos linguísticos: a palatalização de /t,d/, a presença de /r/ retroflexo e a abertura das vogais médias pretônicas /e,o/. No entanto, conforme é possível atestar pela leitura do sumário deste trabalho, não abordaremos nem a palatalização de /t,d/ e nem a presença de /r/ retroflexo na produção dos falantes migrantes. Há algumas razões para tanto. Em relação à palatalização, a causa de sua remoção do trabalho é que, em razão da escassez de migrantes para entrevistar graças a uma certa relutância pós-pandêmica, acabamos por entrevistar migrantes cujos dialetos já palatalizavam /t,d/ em primeiro lugar. Não há variação, portanto, não há o que ser modelado em termos de gramática estocástica. A remoção do /r/ retroflexo, por sua vez, se dá por razão parecida: não há o que ser modelado. Não detectamos variação alguma no falar dos migrantes, inclusive muitos deles encaram a pronúncia do /r/ como algo identitário do nordestino, conforme relatado por alguns deles após a entrevista. No entanto, apesar de muito poder ser dito sobre questões identitárias e até mesmo análises fonológicas sobre a produção do /r/, a proposta deste trabalho envolve explicitamente a modelagem da variação em uma gramática MaxEnt.

¹⁹Há muito o que se dizer aqui. Ao trabalharmos a gramática dessa maneira, em que assumimos que ela é capaz de controlar todos os aspectos da fonética e que opera em termos de “reciclagem” de probabilidades coordenadas pela plasticidade, devemos, por enquanto, intencionalmente nos desengajar de questões comportamentais como, por exemplo, a diferenciação entre acomodação e mudanças permanentes no dialeto do falante. Trudgill (1986, p. 40) irá dizer que, presumidamente, a mudança pode ser pensada como efetivada – não correspondendo mais a acomodação – durante a primeira ocasião em que o falante empregar alguma característica que não é de seu dialeto original na ausência de falantes do dialeto que originalmente carrega essa característica. Apesar disso, dentro do escopo da proposta de nossa pesquisa, isso é uma diferenciação demasiadamente delicada e que, neste momento, não temos uma resposta satisfatória para a implementação da diferenciação entre acomodação e mudança permanente em um modelo MaxEnt de variação. Em seus trabalhos mais recentes, Boersma (cf. 2019, 2020, 2022) opta por trabalhar exclusivamente com redes neurais artificiais, capazes de simultaneamente modelar falantes, ouvintes e crianças em processo de aquisição, capturando até mesmo fenômenos psicolinguísticos e comportamentais (BOERSMA; BENDERS; SEINHORST, 2020, p. 104-105). Atualmente, apenas esse tipo de modelo, chamado de BiPhon-NN, parece ser capaz de satisfatoriamente capturar fenômenos comportamentais e, ao mesmo tempo, viabilizar análises fonético-fonológicas como as nossas em um único *framework*. (Ibid., p. 170)

²⁰Ao teorizarmos sobre aprendizagem fonológica, o aprendiz fonológico, ou *phonological learner*, é aquele que parte de um *estado inicial*, recebe evidências sobre a língua alvo e, então, as utiliza para alcançar um *estado final* estável que espelha a língua alvo (TESSIER, 2017, p. 4). No âmbito deste trabalho, pensemos *estado inicial* e *estado final* como respectivos ao dialeto, cuja estabilidade é representada pela plasticidade dos pesos de suas restrições.

²¹Não necessariamente é pretensão de um algoritmo de aprendizagem relacionar cada uma de suas etapas computacionais às etapas da aprendizagem humana (TESSIER, 2017, p. 4). Há diferentes objetivos para diferentes algoritmos. Alguns pretendem demonstrar, por exemplo, a trajetória da aprendizagem fonológica observada em seres humanos, enquanto outros pretendem simplesmente capturar o *estado final* do aprendiz fonológico (TESSIER, 2017, p. 4).

Além disso, como veremos a seguir, a análise das vogais médias pretônicas /e,o/ já representa uma grande empreitada, de tal maneira que esse trabalho de conclusão de curso só poderia ser considerado um estudo piloto não exaustivo do tema. O experimento, portanto, se voltará apenas para as vogais médias pretônicas /e,o/. Ocuparemos-nos em realizar uma análise objetiva sobre a possibilidade de formulação de uma gramática estocástica capaz de prever a produção do primeiro formante (F1) dessas vogais, isto é, prever sua abertura.

Este trabalho conta com um *corpus* de 5 entrevistas com falantes do Português Brasileiro (PB), nativos da região nordeste do Brasil (Bahia, Ceará e Maranhão) em situação de contato dialetal com o dialeto paulista (de Campinas – SP, campineiro) do PB, todos da mesma faixa etária (30-34 anos). As entrevistas são compostas por duas partes: (i) perguntas contextuais, onde foi incentivado que o participante falasse livremente, e (ii) a leitura de 18 ditados populares selecionados por conterem fenômenos observados pela pesquisa, impressos e entregues aos participantes em folha de papel. A pesquisa foi apresentada como um estudo sobre ditados e foi pedido aos participantes que lessem os ditados em voz alta, além de responderem as perguntas elencadas. O roteiro completo da entrevista encontra-se no **anexo B**. As entrevistas 1 à 4 foram gravadas no Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a entrevista 5 foi gravada na casa do participante. O aparelho utilizado para gravação foi um iPhone 11, fazendo uso do aplicativo Gravador de Voz Fácil disponível na App Store. O aplicativo foi escolhido graças à possibilidade de seleção do formato de arquivo e da taxa de amostragem (*Waveform Audio File* (*.wav) e 44 kHz, respectivamente). Respeitando a saúde dos participantes, o pesquisador gravou as entrevistas de máscara cirúrgica e pediu, apenas se possível e quando necessário, a remoção da máscara dos entrevistados durante a gravação.

Sobre aquilo que diz respeito à primeira parte da entrevista, às perguntas contextuais, elaboramos perguntas que poderiam vir a ser relevantes para a nossa análise. De modo geral, as perguntas contextuais são relevantes de maneira anterior a qualquer análise quantitativa, pois nos levam a tomar certos posicionamentos diante dos dados. Pensando na diversidade da origem dos migrantes, por exemplo, podemos refletir sobre diferentes alvos em nossas restrições fonéticas ou, ao manusear estes dados, pensar em diferentes maneiras de agrupá-los. Em relação aos ditados populares, que constituem a segunda parte da entrevista, eles foram selecionados por conterem um número razoável de instâncias dos fenômenos linguísticos estudados, conforme disposto no **anexo B**. Observemos abaixo um resumo de nossas entrevistas:

Entrevista	Origem	Tempo de migração	Gênero	Duração (min:seg)
1	São Luís, MA	10 meses	M	07:07
2	Mucugê, BA	10 meses	F	05:12
3	Fortaleza, CE	4 anos	F	08:24
4	São Luís, MA	4 anos	M	07:19
5	Lago do Junco, MA	6 anos	M	12:03

Tabela 5: Informações relevantes das entrevistas

Com os dados em mãos, separamos os entrevistados em 3 grupos para análise. Agrupamos nossas entrevistas cronologicamente, com base no tempo de migração de cada indivíduo. Temos, então, o grupo 1 ou grupo dos 10 meses, o grupo 2 ou grupo dos 4 anos e o grupo 3 ou grupo dos 6 anos, conforme a tabela a seguir:

Grupo	Origem	Tempo de migração	Gênero	Integrantes
1	MA & BA	10 meses	M, F	2
2	MA & CE	4 anos	M, F	2
3	MA	6 anos	M	1

Tabela 6: Grupos para análise

Essa disposição de grupos nos oferece um bom equilíbrio entre variáveis. Há uma boa distribuição de gêneros e de origens entre grupos. A seguir, realizadas as entrevistas, demos início em nossa análise pela eliminação de dados sujeitos à harmonia vocálica, alçamento e sândi vocálico. O fenômeno de harmonia vocálica pode ser definido como “uma vogal alta em posição tônica que desencadeia harmonia na pretônica” (BISOL, 1989 apud SANDALO, 2012, p. 268). Alguns exemplos de ocorrência de harmonia vocálica são: p[e]pino ~ p[i]pino e f[o]rmiga ~ f[u]rmiga (Ibid, p. 268). Esse tipo de fenômeno modifica a vogal média pretônica de tal maneira que torna-a inadequada para nosso tipo de experimento. Estivemos atentos também a palavras associadas ao alçamento sem motivação aparente, como c[o]stela ~ c[u]stela ou d[e]sconto ~ d[i]sconto (BATTISTI; PEROZZO; CUNHA, 2020, p. 12), eliminando as palavras mais comumente associadas ao fenômeno. Além disso, removemos vogais sujeitas a sândi vocálico que, por sua vez, é um fenômeno em que múltiplas vogais em sequência combinam-se, especialmente na fala rápida, resultando, por exemplo, na alteração de seus formantes ou até mesmo em sua elisão (BARBOSA; MADUREIRA, 2015, p. 212-213). Assim, eliminamos de nossa pesquisa os casos: (i) em que a vogal tônica fosse alta; (ii) em que a palavra estivesse sujeita a alçamento sem motivação; (iii) em que a vogal média pretônica fazia parte de uma sequência de vogais, priorizando, desse modo, palavras no formato **CVCV**.

As entrevistas foram analisadas em espectrograma com auxílio do *software* Praat²² e resultaram em 249 ocorrências relevantes de vogais médias pretônicas /e,o/. Nosso objetivo, ao longo da análise em espectrograma, foi identificar o primeiro formante (F1, em Hz) dessas vogais, pois é ele que nos informa sua abertura. As amostras que coletamos, consequentemente, são os valores de F1 de cada instância de vogal média pretônica /e,o/. Fizemos isso por meio da delimitação das instâncias de /e,o/ pretônicos em *software* e, em seguida, extraímos as frequências de F1 para um arquivo de texto. Isso foi feito com auxílio de um *script*.²³

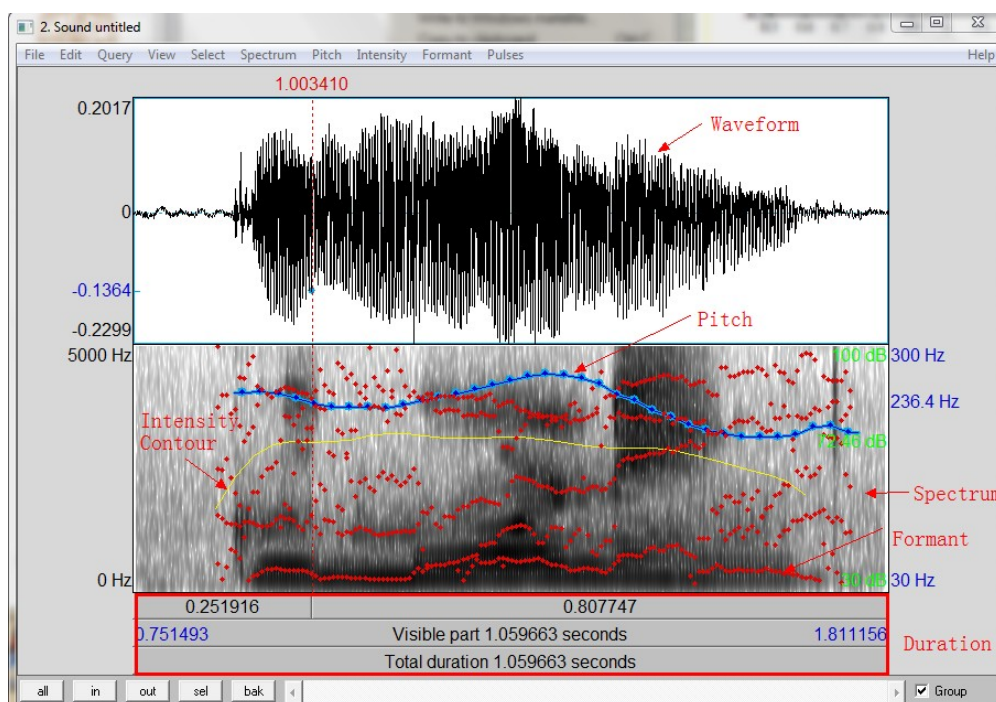


Figura 7: Interface do Praat (retirado de <https://corpus.eduhk.hk/>)

Após a extração dos dados em espectrograma por meio de *script*, realizamos a normalização dos dados pelo método de Lobanov. A normalização das amostras coletadas nos permite comparar as frequências de formantes entre indivíduos “de mesmo e diferente sexo” (Ibid., p. 219) e, ao reduzir a discrepância entre gêneros, viabiliza grupos de gênero misto, como os elencados acima. Assim, fazendo uso da linguagem de programação R e do pacote *vowels*²⁴, primeiro realizamos a normalização dos dados pelo função `norm.lobanov` (cujo *input* é o **anexo A.1** e *output* é o **anexo A.2**). Os dados resultantes, porém, estão em uma escala pouco familiar e de

²²<https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

²³O script para extração dos dados foi gentilmente cedido pelo Prof. Dr. Plínio Almeida Barbosa, docente do Instituto de Estudos da Linguagem na UNICAMP.

²⁴<https://www.rdocumentation.org/packages/vowels/versions/1.2-2>

difícil manuseio para nossos propósitos. Assim, com certas ressalvas²⁵, devemos re-dimensionar estes dados para uma escala que se assemelhe às frequências usuais. Rodamos, então, o *output* de `norm.lobanov` em `scalevowels` e obtivemos o **anexo A.3**. Note que nossos dados coletados, ao passar por este tratamento, não podem mais estritamente ser considerados como estando na unidade Hz, pois são agora apenas *representações* mais familiares de dados normalizados. Apesar disso, ao elencarmos nossos dados nos tableaux, optamos por representá-los como se fossem indistinguíveis de frequências em Hz. Isso é uma decisão estética sem impacto metodológico, pois, de qualquer maneira, esses números normalizados são representativos de frequências. A seguir, a distribuição final das 249 amostras totais conforme grupo:

Grupo	Tempo de migração	Amostras
1	10 meses	104
2	4 anos	97
3	6 anos	48

Tabela 7: Distribuição das amostras entre grupos

Com nossas amostras prontas para análise, podemos dar início à elaboração de nosso tableau MaxEnt. Nosso modelo trabalhará com a seguinte restrição fonética gradiente, que dobra-se com alvos $a_{1,2}$ relativos um à abertura e outro ao fechamento da vogal média pretônica em questão, em razão de seu primeiro formante F1:

F1 [V _{pre-stress}] $a_1 = x$ Hz	F1 [V _{pre-stress}] $a_2 = y$ Hz
---	---

Tabela 8: Restrições de nosso modelo MaxEnt

Dessa maneira, falamos de uma restrição que tem seu alvo em, por exemplo, /e/ e /ɛ/ ao mesmo tempo no momento do cômputo da produção fonológica. Cada restrição, consequentemente, induziria o falante a uma tendência diferente (*i.e.* produzir as vogais médias pretônicas de maneira aberta ou fechada). Surge aqui uma questão importante sobre a natureza dessa restrição ou, talvez melhor dito, sobre sua dúplici natureza. Atentemos para o fato, conforme elencamos em nossa **Fundamentação teórica**, de que restrições são universais às línguas do mundo. Deste modo, podemos interpretar esse modelo de duas maneiras distintas, cujas consequências apelam para arcabouços teóricos diferentes. Pode ser que estamos representando, na verdade, uma única restrição cujo alvo é que varia em decorrência do contato dialetal, então sua duplicidade no

²⁵O re-dimensionar dos dados pode afetar sua normalização, então é um procedimento recomendado apenas quando estritamente necessário (vide a documentação do pacote `vowels` em www.RDocumentation.org).

tableau é apenas *virtual*²⁶. Podemos, por outro lado, estar rompendo com uma esquematização clássica da linguagem e compreender esse tableau como representante de duas gramáticas fonológicas concorrentes e simultâneas.²⁷ Nesse segundo caso, estariam representadas no tableau duas restrições inequivocadamente separadas. Nenhuma das duas possibilidades parecem ser, *a priori*, incompatíveis com gramáticas estocásticas, já que tratam de elementos anteriores àqueles em operação nesta pesquisa. Veremos que, na verdade, isso não é bem assim. De fato, gramáticas MaxEnt parecem pedir, mesmo que discutivelmente, a primeira hipótese e não a segunda²⁸. Mas, nesse momento, não convém fazer um posicionamento teórico específico, apesar de ser um bom exemplo da maneira como devemos estar atentos a processos mentais reais ao estabelecermos elementos que podem parecer apenas abstratos em um tableau. Futuramente, durante a **seção 5**, iremos discorrer um pouco mais sobre o assunto.

Retomando, enfim, nossa restrição fonética, diremos que o alvo a_n dessa restrição funciona como uma penalização que se agrava proporcionalmente ao aumento da distância numérica entre o candidato e o valor especificado. Sendo assim, ele pode ser compreendido como um referencial mental do falante sobre como deve ser realizada a abertura e fechamento da vogal no momento do cômputo fonológico. Esse valor, em virtude de ser apenas um viés, pode ser representado de diferentes maneiras, na condição de que seja capaz de enviesar a restrição para a abertura ou fechamento da vogal e adequadamente penalizar seu desvio. Assim, apesar de não ser um valor arbitrário qualquer, é um valor que nos permite certa liberdade em sua escolha. Considerando, então, que nosso *corpus* é composto por falantes de três regiões distintas do Nordeste, cujas vogais médias pretônicas /e,o/ não necessariamente são realizadas na mesma frequência em cada dialeto, optamos por utilizar o primeiro formante das vogais /e/ e /ɛ/ ou /o/ e /ɔ/ em posição tônica no PB. Estamos, dessa maneira, direcionando a restrição da vogal para seu primeiro formante prototipicamente aberto ou prototipicamente fechado, de forma generalizante

²⁶Isto é, seria apenas uma maneira de representarmos o conceito da variação sem assumir que haja qualquer forma de existência real dessa restrição. Ela, assim, se apresenta como duas, mas é – na realidade da gramática – apenas uma.

²⁷Para contextualizar essa suposta ruptura, podemos divagar brevemente sobre uma discussão pertinente acerca do bilinguismo (cf. GROSJEAN, 1989). Historicamente, a gramática costumou ser compreendida em virtude de um falante monolíngue. O bilinguismo era, ele também, definido em virtude do monolinguismo. Podemos inferir isso ao observar que, sob uma esquematização clássica da linguagem, o bilinguismo é relegado à noção de “dois monolinguismos” ou “duas competências linguísticas isoladas” (GROSJEAN, 1989, p. 4). Mas é possível não estudar múltiplas competências linguísticas dessa maneira. Podemos compreender o indivíduo de múltiplas competências linguísticas como tendo uma estrutura linguística que, em si mesma, é múltipla e utiliza simultaneamente duas ou mais línguas (Ibid., p. 13-14), consequentemente, podemos começar a imaginar a existência de múltiplos sistemas fonológicos concorrentes e não-isolados.

²⁸Inferimos isso ao refletir sobre a diferença entre gramáticas presumidas por modelos intrinsecamente e extrinsecamente probabilísticos, em discussão no artigo tentativamente intitulado *Probabilistic phonology is intrinsically categorical* por Magri e Anttila (2016).

e não-específica entre dialetos em um *corpus* heterogêneo como o nosso. Com isso em mente, selecionados os seguintes valores como alvo:

Vogais	Alvo para restrição de F1
/e/	364
/ɛ/	539
/o/	408
/ɔ/	554

Tabela 9: F1 das vogais médias do PB (em Hz)

Esses valores foram calculados com base em 4 falantes, cada um vindo de São Paulo, Minas Gerais, Piauí e Ceará (Ibid., p. 223), e são equiparáveis a médias de F1 do PB encontradas em outras pesquisas (cf. KENSTOWICZ; SANDALO, 2016). Uma ressalva importante é que isso não significa, no entanto, que nossa interpretação dos resultados obtidos neste trabalho será baseada nesses valores para F1, como se fossem representativos dos valores das vogais médias em posição pretônica. Eles não necessariamente o são. Esses valores são apenas a orientação para nosso modelo definir o que significa a abertura ou fechamento de uma vogal média e, consequentemente, assinalar diferentes valores de violação para diferentes graus de desvio do que significa ela estar aberta ou fechada. Assim, esses valores não constituem afirmação sobre os valores que esperamos encontrar nas entrevistas ou que pretendemos produzir enquanto predição de nosso modelo MaxEnt. Além disso, em casos em que o alvo se encontra além, para mais ou para menos, da lista de candidatos possíveis, sendo assim não explicitamente contemplado por ela, calcularemos as violações com base em um intervalo t entre candidatos, que será definido nos próximos parágrafos.

Podemos agora pensar sobre em *quantos* candidatos nosso modelo MaxEnt deve discretizar os dados fonéticos. Trabalhemos, a fim de achar uma quantidade de candidatos o menos arbitrária possível, com a regra de Sturges.²⁹ Vejamos, portanto, a tabela abaixo, cuja última coluna da direita nos informa uma quantidade c de candidatos com base na fórmula de Sturges indicada:

Grupo	Vogal	Amostras	$c = 1 + \log_2(amstras)$
10 meses	/e/	74	7,209453365628949
	/o/	30	5,906890595608519
4 anos	/e/	84	7,39231742277876
	/o/	13	4,700439718141093
6 anos	/e/	34	6,129283016944966
	/o/	14	4,807354922057604

Tabela 10: Cálculo da quantidade de candidatos

²⁹A regra, ou fórmula, de Sturges é uma regra de pré-processamento de dados que encontra a quantidade desejável de grupos (*bins*) para certa quantidade de amostras. Ela pode ser definida pela expressão $b = 1 + \log_2(n)$.

Considerando os valores obtidos, temos uma média entre grupos de aproximadamente 6,91 candidatos para /e/. Opta-se, então, pela quantidade c_e de 7 candidatos ao analisarmos a vogal /e/. Em contrapartida, em relação à vogal /o/, observamos uma média entre grupos de aproximadamente 5,14, o que nos leva a optar por c_o como equivalente a 5 em nossos tableaux.

Devemos, a seguir, definir *quais* são nossos candidatos para cada vogal, ou melhor, quais são os intervalos numéricos entre candidatos. Para tanto, podemos calcular a diferença entre o maior e o menor valor observados para cada vogal em cada um dos três grupos e dividir o número resultante pela variável $c_{e,o}$ da vogal relevante, conforme definimos acima. Imaginando seis conjuntos $S_{1...6}$ que compõem as amostras normalizadas e re-dimensionadas de F1 de cada vogal média pretônica por grupo (vide **anexo A.3**), e a variável $c_{e,o}$ relativa à quantidade de candidatos de cada vogal (*i.e.* 7 ou 5), definiremos o intervalo t entre candidatos da seguinte maneira:

Grupo	Vogal	$t = (\max(S_n) - \min(S_n))/c_{e,o}$
10 meses	/e/	39,07
	/o/	47,676
4 anos	/e/	42,4712857143
	/o/	48,8558
6 anos	/e/	29,1602857143
	/o/	38,2516

Tabela 11: Cálculo do intervalo entre candidatos

A fim de melhor ilustrar os candidatos, arredondaremos os números acima para um máximo de três casas decimais (*e.g.* de 42,4712857143 para 42,471). Usaremos a frequência máxima de um candidato, partindo da menor frequência observada em seu conjunto e de acordo com o intervalo t calculado, como frequência mínima do candidato seguinte acrescido de 0,001 para não haver sobreposição de limites entre candidatos. Vejamos como ficaram nossos candidatos:

Candidatos de /e/ grupo 1	Candidatos de /e/ grupo 2	Candidatos de /e/ grupo 3
497,854 - 536,923	504,827 - 547,299	485,018 - 514,180
458,784 - 497,853	462,356 - 504,826	455,857 - 485,017
419,714 - 458,783	419,885 - 462,355	426,698 - 455,857
380,644 - 419,713	377,414 - 419,884	397,538 - 426,697
341,574 - 380,643	334,943 - 377,413	368,378 - 397,537
302,504 - 341,573	292,472 - 334,942	339,218 - 368,377
263,433 - 302,503	250,000 - 292,471	310,057 - 339,217

Tabela 12: Lista de candidatos da vogal /e/ por grupo (em Hz)

Candidatos de /o/ grupo 1	Candidatos de /o/ grupo 2	Candidatos de /o/ grupo 3
496,355 - 544,030	485,439 - 534,293	440,749 - 478,998
448,679 - 496,354	436,583 - 485,438	402,497 - 440,748
401,003 - 448,678	387,727 - 436,582	364,245 - 402,496
353,327 - 401,002	338,871 - 387,726	325,993 - 364,244
305,650 - 353,326	290,014 - 338,870	287,740 - 325,992

Tabela 13: Lista de candidatos da vogal /o/ por grupo (em Hz)

Ao levar em consideração a quantidade de candidatos que teremos e seus intervalos, podemos definir como serão incorridas nossas violações. Conforme estabelecido anteriormente, as violações devem aumentar conforme aumenta a distância d entre o candidato e o alvo, em virtude do intervalo t definido acima. Em termos mais formais, pensando em um candidato qualquer C_n como um conjunto de números reais representado pelo intervalo $[\min(C_n), \max(C_n)]$, podemos imaginar d como a quantidade de iterações (adições ou subtrações intervalares) necessárias para que $[\min(C_n), \max(C_n)]$ em incrementos de $[t_n, t_n]$ satisfaça a condição $a_n \in C_n$. Ou seja,

$$a \in [\min(C) + d \cdot t, \max(C) + d \cdot t] \quad \text{onde} \quad d \in \mathbb{Z} \quad (9)$$

A distância d é, assim, um número inteiro ($d \in \mathbb{Z}$) que torna a condição acima verdadeira para cada candidato. Vejamos a noção de distância na prática, realizando o cálculo da distância de um dos candidatos da vogal /e/ do grupo 1. Sabendo que $a = 364$ Hz e $t = 39,07$ Hz, calculemos a distância entre o candidato $[263,433; 302,503]$ Hz e nosso alvo a . Começemos pela adição $[263,433; 302,503] + [39,07; 39,07] = [302,503; 341,573]$. Perceba que $364 \notin [302,503; 341,573]$. Como a condição $a \in C$ não foi satisfeita, realizaremos mais uma iteração: $[302,503; 341,573] + [39,07; 39,07] = [341,573; 380,643]$. Aqui, a condição $a \in C$ foi satisfeita, conforme podemos observar que $364 \in [341,573; 380,643]$ é verdadeiro. Escrevendo de forma a salientar a distância, $364 \in [263,433 + 2 \cdot 39,07; 302,503 + 2 \cdot 39,07]$. Foram necessárias duas iterações de adição, logo, $d = 2$. Além disso, ao formalmente adotarmos essa noção de distância, podemos facilmente calcular violações de alvos não contemplados pelos candidatos listados no tableau.

A fim de simplicidade, não usaremos a **equação de violações** elencada originalmente na página 11. É suficiente que simplesmente usemos uma progressão que cumulativamente penalize nossos candidatos. Podemos supor, ainda que discutivelmente, que uma progressão de caráter geométrico seja mais adequada que uma progressão aritmética, pois penalizaria candidatos em grandes distâncias do alvo de maneira muito mais enfática. Assim, optamos por definir as violações em virtude de uma progressão geométrica simples de razão 2 da seguinte forma:

$$R(|d|) = \begin{cases} 0, & \text{para } d = 0 \\ 2^{d-1}, & \text{para } d \geq 1 \end{cases} \quad (10)$$

Casos $d = 0$ representam candidatos que abarcam o alvo sem nenhuma restrição incorrida em primeiro lugar, logo, se $d = 0$, então, $R(|d|) = 0$ violações. Retomando o exemplo do parágrafo anterior, sendo $d = 2$, poderíamos agora calcular as violações incorridas por aquele candidato: $R(|2|) = 2^{2-1} = 2$ violações. Se nosso alvo estivesse duas iterações *para baixo* de nosso candidato, ao invés de para cima como no exemplo, chegaríamos³⁰ em $d = -2$, resultando em $R(|-2|) = 2^{2-1} = 2$ violações da mesma forma, pois só consideramos seu valor absoluto no cálculo de violações. Estabelecemos, assim, uma maneira extremamente simples de calcular violações, conforme o exemplo tabelado abaixo:

		$+ [t, t]$	$+ [t, t]$	$+ [t, t]$	$+ [t, t]$	$+ [t, t]$
d	0	1	2	3	4	5
$R(d)$	0	1	2	4	8	16
		2^{1-1}	2^{2-1}	2^{3-1}	2^{4-1}	2^{5-1}

Figura 8: Relação da distância candidato-alvo e quantidade de violações

Podemos interpretar a tabela acima como um conjunto de seis candidatos que, da esquerda para a direita, vão incorrendo mais e mais violações na medida em que distanciam-se do candidato em posição $d = 0$ que contém o alvo. Podemos também pensar de maneira bidirecional, onde divergimos de nosso alvo para mais e para menos (isto é, em termos do cálculo de distância, iterações de adição em uma direção ou de subtração em outra):

		$\xleftarrow{-[t,t]}$	$\xleftarrow{-[t,t]}$	$\xleftarrow{-[t,t]}$	$\xrightarrow{+[t,t]}$	$\xrightarrow{+[t,t]}$
d	-3	-2	-1	0	1	2
$R(d)$	4	2	1	0	1	2
		$\xleftarrow{2^{3-1}}$	$\xleftarrow{2^{2-1}}$	$\xleftarrow{2^{1-1}}$	$\xrightarrow{2^{1-1}}$	$\xrightarrow{2^{2-1}}$

Figura 9: Relação bidirecional da distância candidato-alvo e quantidade de violações

Conforme observamos na tabela, novamente nos deparamos com seis candidatos e, além disso, nosso candidato ideal encontra-se em posição medial em relação a outros candidatos. Isso

³⁰Em conformidade com $364 \in [263,433 - 2 \cdot 39,07; 302,503 - 2 \cdot 39,07]$ agora sendo verdadeiro.

significa que há candidatos divergentes acima e abaixo desse candidato ideal e, desse modo, há desvios em mais de uma direção.

Chegamos, finalmente, no seguinte exemplo de modelo de tableau que agrega todos os elementos discutidos até aqui:

F 1 [V _{pre-stress}]	O C.	$p_1 = x$	$p_2 = y$	H	P
		F 1 [V _{pre-stress}] $a_1 = 364$ Hz	F 1 [V _{pre-stress}] $a_2 = 539$ Hz		
497,854 - 536,923 Hz		-8	-1		
458,784 - 497,853 Hz		-4	-2		
419,714 - 458,783 Hz		-2	-4		
380,644 - 419,713 Hz		-1	-8		
341,574 - 380,643 Hz		0	-16		
302,504 - 341,573 Hz		-1	-32		
263,433 - 302,503 Hz		-2	-64		

Tabela 14: Tableau relativo à variável /e/ aos 10 meses de migração

Observe que, para o cálculo dos pesos, é necessário a inclusão de uma coluna O C. que contabiliza a distribuição de ocorrências em nossas amostras em cada um dos candidatos. E com todos esses elementos em seus devidos lugares, esse tableau prescreverá, nos confins da amostra máxima e mínima coletadas por vogal e grupo, a probabilidade prevista (P) para produções futuras de falantes, agrupados neste trabalho por quantidade de tempo de migração. Desse modo, estaremos pretendendo predizer a maneira como esses três grupos produzirão suas vogais médias pretônicas. O cálculo dos pesos e probabilidades previstas serão realizados conforme descrito na subseção anterior **A gramática MaxEnt** e auxiliado pelo *software* Maxent Grammar Tool, que é uma implementação em Java das fórmulas elencadas (autoria de Hayes e Wilson, publicado em 2007).

Uma última observação é que as violações em nosso tableau estão negativadas por razões ilustrativas, e não por razões matemáticas. Optamos por essa representação de violações pois, caso contrário, quanto maior o escore harmônico, pior seria o candidato. Por outro lado, ao negativarmos as violações e, conseqüentemente, o escore harmônico, passamos a operar com a noção muito mais intuitiva de que quanto menos harmônico, pior é o candidato. Estritamente, em termos de modelo, isso é facilmente alcançado se repensarmos a equação de violações de 2^{d-1} para -2^{d-1} e o cálculo da entropia dos candidatos de $P^*(x) = \exp(-h(x))$ para $P^*(x) = \exp(h(x))$.

3.3 A hipótese

Nossa hipótese original, conforme disposta e repetida várias vezes até aqui, é a de que é possível modelar a variação decorrente do contato dialetal com gramáticas fonológicas estocásticas. Foi isso que nos propusemos a fazer em nossa **Introdução**: “observar a variação sob a perspectiva da Fonologia, sob o viés de uma gramática fonológica estocástica”.

A despeito de todas as nossas formulações e preocupações metodológicas, nossa hipótese não parece assumir que *necessariamente* seja MaxEnt a resposta para a questão da variação na Fonologia – poderíamos trabalhar, afinal, com qualquer outra gramática fonológica que fosse estocástica. E, mesmo ao realizarmos uma leitura somente cursória da literatura pertinente, nos deparamos com diversas gramáticas estocásticas que poderiam ser exploradas e aplicadas no problema da variação.

Devemos, então, melhor delimitar nossa hipótese. Assim, antes de partirmos para nossas análises e eventuais conclusões, é preciso reformulá-la: alegaremos, enfim, que é possível modelar a variação decorrente do contato dialetal *com uma gramática MaxEnt*. Ao final deste trabalho, desse modo, discutiremos os resultados da modelagem MaxEnt – tanto em específico, relativo a elementos intrínsecos a uma gramática MaxEnt, quanto em geral, em condição de gramática estocástica.

4 Análise e resultados

Nossa análise será realizada por grupos e, em cada grupo, analisaremos separadamente cada vogal. Assim, será uma análise em seis etapas³¹. Em cada etapa de análise, apresentaremos um tableau e um gráfico comparativo de probabilidades, resultando em seis tableaux e seis gráficos comparativos). E, ao final desta seção, realizaremos uma discussão sobre os resultados obtidos.

Nesta seção, lançaremos mão de alguns valores para direcionar nossas expectativas em relação aos dados coletados e auxiliar nossa análise. Assim, primeiramente, gostaríamos de definir alguns valores em relativos ao F1 das vogais médias pretônicas /e,o/.

	/e/ pretônico	/o/ pretônico
BA	404	470
SP	357	372
PB	364	388

Tabela 15: Valores de F1 para referência (em Hz)

³¹Grupo 1 e vogal /e/, grupo 1 e vogal /o/, grupo 2 e vogal /e/, grupo 2 e vogal /o/, grupo 3 e vogal /e/ e, por fim, grupo 3 e vogal /o/.

Acima, elaboramos uma tabela que irá funcionar como referencial de análise. Inicialmente, como representante genérico do F1 das vogais médias pretônicas nos dialetos nordestinos, elencamos o F1 do dialeto baiano³² (extraído de MADRUGA, 2017, p. 56). Em sucessão, elencamos o F1 do dialeto paulista (extraído de ESCUDERO *et al.*, 2009, p. 8) e, por fim, F1 do PB em geral (extraído de KENSTOWICZ; SANDALO, 2016, p. 3) que se encontra em posição intermediária entre dialetos. Tendo esses referenciais em mente, podemos iniciar nossa análise.

Para que pudéssemos saber como melhor lidar com nossos dados, realizamos alguns testes no R. O registro (*log*) completo dos testes e os arquivos utilizados estão compilados no **anexo C**. Começamos nossa análise com um teste de Shapiro-Wilk nos resíduos das amostras coletadas, que resultou em $p = 0,007373 < 0,05 = \alpha$ para a vogal /e/ entre grupos e $p = 0,3406 > 0,05 = \alpha$ para a vogal /o/ entre grupos. Em seguida, sabendo que as amostras relativas à vogal /e/ tem uma distribuição não-normal entre grupos e as amostras relativas à vogal /o/ tem distribuição normal, foi feito um teste de Kruskal-Wallis em relação aos grupos da vogal /e/, cujo valor-p resultante foi $p = 0,9825 > 0,05 = \alpha$, e um teste ANOVA em relação aos grupos da vogal /o/, cujo valor-p resultante foi $p = 0,285 > 0,05 = \alpha$. Em outras palavras, não há diferença estatisticamente significativa entre grupos para nenhuma das vogais. Sabendo que os grupos diferem entre si por tempo de migração, isso era um resultado esperado. O maior preditor de mudança na produção de F1 parece ser idade de migração, e não tempo, conforme discutido anteriormente (cf. OUSHIRO, 2019). Não há sentido, então, realizar uma análise em termos cronológicos, ou seja, que consideraria que os grupos – partindo do grupo 1 em direção ao grupo 3 – estivessem gradativamente e cumulativamente realizando mais e mais o fechamento das vogais médias pretônicas. Essa falta de expressividade estatística entre grupos, no entanto, não é um problema insuperável para nossa análise.

Conforme já havia sido dito na seção anterior, o contato dialetal seria a lente pela qual observaríamos a variação, mas seria a variação, em última instância, que estaria modelada nos tableaux MaxEnt. Considerando que não há diferença estatisticamente significativa entre grupos, não podemos estabelecer uma forte relação *causal* entre tempo de migração e produção da vogal média

³²Foi uma decisão pragmática que considerou a literatura disponível, compreendendo também o fato de que pequenos desvios para mais ou para menos no valor das frequências entre dialetos nordestinos não representam mudanças drásticas em nossa interpretação, já que nosso grupo de entrevistados é de certa heterogeneidade em primeiro lugar. Além disso, esses valores são relativos a falantes masculinos, que também foi uma decisão pragmática, pois, além da maioria dos entrevistados serem do sexo masculino, há uma maior interseção entre frequências de diferentes vogais na produção feminina (cf. MADRUGA, 2017 e ESCUDERO *et al.*, 2009). De qualquer maneira, como já foi elencado anteriormente, nossa análise não pressupõe valores exatos e descontrovertidos. Ao tratar da produção em termos de probabilidade, estamos trabalhando com *tendências* de *conjuntos* de frequências, e não com uma ou outra frequência específica. Isto é, nosso aprendiz fonológico não produz *uma única* frequência, ele produz uma *faixa* de frequências possíveis guiado pela probabilidade prevista. Essa é uma das vantagens das gramáticas fonológicas estocásticas.

pretônica, mas podemos avaliar a variação sem estabelecer relações de ordenação entre grupos (*i.e.* não devemos analisar os grupos de forma comparativa em termos de tempo de migração, tratando tempo cronológico como se fosse algum tipo de índice de mudança). Nosso modelo, afinal, nunca pressupõe uma ou outra origem específica da variação, muito pelo contrário, ele pretende indiscriminadamente captá-la com base na produção – a análise é, afinal, por nossa conta. Assim, faz-se necessária uma mudança de atitude metodológica durante a análise e não uma propriamente teórica. Trataremos, portanto, os grupos como entidades completamente independentes ao analisarmos suas produções e eventuais comparações não terão a expectativa de observar mudança expressiva entre eles. Não abriremos mão, no entanto, de nossa pressuposição de que a variação de nordestinos em situação de contato dialetal em Campinas é diferente da variação de nordestinos residentes no Nordeste. Dito isso, abaixo encontram-se as médias das amostras coletadas:

	/e/ pretônico	/o/ pretônico
10 meses	395	428,7
4 anos	408,8	440,6
6 anos	407,6	402,5

Tabela 16: Média de F1 das amostras coletadas (em Hz)

Perceba que os valores médios de F1 das vogais coletadas nas entrevistas, após serem normalizados e re-dimensionados, estão relativamente próximos aos valores de F1 que selecionamos de referência (*i.e.* 404 Hz para /e/ e 470 Hz para /o/), o que nos garante certa confiança na validade de nossos dados. Podemos agora, finalmente, iniciar nossa análise dos dados coletados.

4.1 Grupo 1: 10 meses de migração

4.1.1 Grupo 1: variável /e/

F1 [V _{pre-stress}]	Oc.	$p_1 = 0,066$	$p_2 = 0,014$	H	P
		F1 [V _{pre-stress}] $a_1 = 364$ Hz	F1 [V _{pre-stress}] $a_2 = 539$ Hz		
497,854 - 536,923 Hz	9	-8	-1	-0,542	12,33%
458,784 - 497,853 Hz	15	-4	-2	-0,292	15,83%
419,714 - 458,783 Hz	10	-2	-4	-0,188	17,54%
380,644 - 419,713 Hz	7	-1	-8	-0,178	17,68%
341,574 - 380,643 Hz	16	0	-16	-0,224	16,81%
302,504 - 341,573 Hz	14	-1	-32	-0,514	12,47%
263,433 - 302,503 Hz	3	-2	-64	-1,028	07,34%

Tabela 17: Tableau relativo à variável /e/ aos 10 meses de migração

O tableau acima, primeiro de seis tableaux que iremos interpretar nesta seção, é relativo à variável /e/ aos 10 meses de migração. Sobre os pesos de nossas restrições, observamos que a_1 é considerado 4,7 vezes mais importante que a_2 durante o cômputo fonológico. Em outras palavras, compreendemos que nosso modelo aprendeu a priorizar a penalização de desvios em relação ao fechamento da vogal. Essa informação, por si só, não nos diz muita coisa. Observe que, em relação ao desvio dos alvos, nossas violações foram muito mais expressivas sob a restrição de a_2 , chegando até 64. Em contrapartida, a_1 penalizou apenas um máximo de 8 violações. Dessa maneira, podemos assumir que a diferença de pesos $a_{1,2}$ não é representativa da importância da restrição em termos de processo mental, mas é consequência de um balanceamento das violações (buscando equiparar, em termos de harmonia, 8 e 64 violações). Essa hipótese pode ser corroborada pelas probabilidades resultantes de nosso modelo que, ao invés de favorecer o fechamento da vogal média, demonstra uma ligeira preferência por sua abertura.

Curiosamente, em relação às ocorrências observadas nas entrevistas, há uma grande equivalência entre produção aberta e fechada: os três candidatos mais altos reúnem 34 amostras (45,94% do total da produção observada), enquanto os três candidatos mais baixos reúnem 33 amostras (44,59% do total da produção observada). Em contrapartida, nosso modelo prevê 36,62% de produção em frequências mais baixas (ou seja, conjuntamente para os três candidatos mais baixos) e 45,7% de produção em frequências mais altas (conjuntamente para os três candidatos mais altos). Das amostras observadas à previsão do modelo, isso é uma diminuição de 0,5% da probabilidade conjunta dos três candidatos mais altos e uma diminuição de 17,9% da probabilidade conjunta dos três candidatos mais baixos. Resultando, em aparente contradição com as amostras coletadas, na previsão de uma produção prevista 24,8% maior de F1 entre 420 e 537 Hz do que entre 263 e 380 Hz. Em outras palavras, há uma evidente preferência por uma produção da vogal /e/ aberta.

A razão disso, podemos teorizar, é a distribuição entre candidatos das amostras e a maneira como essa distribuição interage com o cálculo de distância do alvo/violações. Amostras muito baixas, como 263 - 341 Hz desviaram severamente de a_2 e, apesar de desviarem muito pouco de a_1 , a quantidade de ocorrências e valor dos pesos não foi suficiente para que o modelo priorizasse candidatos mais baixos. Nosso modelo, agora em pleno funcionamento, parece ter tido bastante sucesso em nosso primeiro tableau. As probabilidades previstas estão em conformidade com o que esperaríamos da produção de um falante nordestino. Poderíamos até observar que o candidato mais harmônico, 380 - 420 Hz, tem sua média aritmética em aproximadamente 400 Hz, o que representa um valor extremamente próximo do esperado para nosso referencial de dialeto nordestino, 404 Hz.

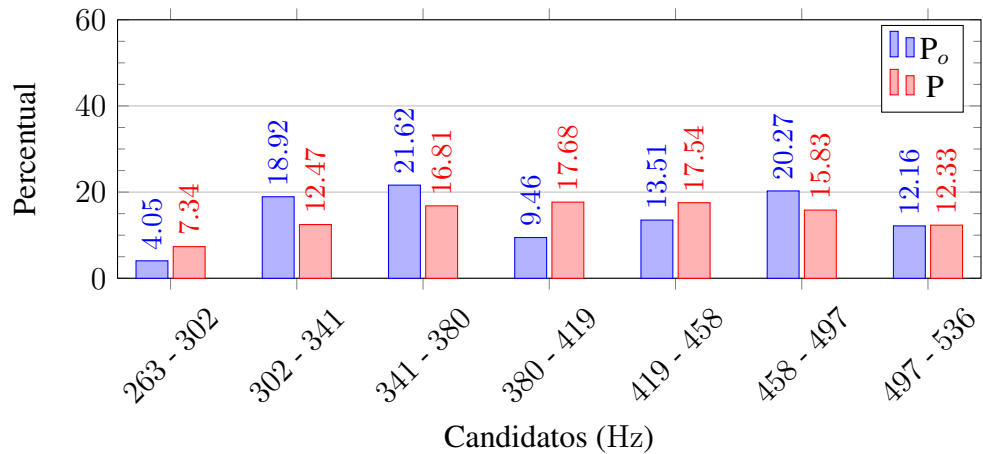


Figura 10: Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 1, vogal /e/

Comparemos, enfim, os percentuais observados na distribuição de nossas amostras (em azul) contra aqueles produzidos pelo modelo (em vermelho). Não há muito a ser dito, pois o gráfico acima parece ser apenas a evidenciação do que já foi discutido. Não seguindo a tendência das amostras, nosso modelo priorizou vogais médias pretônicas abertas, em acordo com a produção esperada de um falante de dialeto nordestino.

4.1.2 Grupo 1: variável /o/

F1 [V _{pre-stress}]	Oc.	$p_1 = 0$	$p_2 = 0,044$	H	P
		F1 [V _{pre-stress}] $a_1 = 408$ Hz	F1 [V _{pre-stress}] $a_2 = 554$ Hz		
496,355 - 544,030 Hz	9	-2	0	0	22,65%
448,679 - 496,354 Hz	4	-1	-1	-0,044	21,67%
401,003 - 448,678 Hz	4	0	-2	-0,088	20,74%
353,327 - 401,002 Hz	9	-1	-4	-0,176	18,99%
305,650 - 353,326 Hz	4	-2	-8	-0,352	15,94%

Tabela 18: Tableau relativo à variável /o/ aos 10 meses de migração

A primeira coisa que nos chama atenção nesse tableau é o peso 0 de a_1 . Isso significa que a penalização relativa ao desvio da vogal fechada é absolutamente inconsequente. Sabendo que não há diferença estatisticamente significativa entre grupos, conforme atestado por teste paramétrico, é possível que $p_1 = 0$ será um elemento recorrente nos três tableaux de /o/ analisados. Podemos compreender $p_1 = 0$ como significando que o único desvio que deve ser penalizado é a distância do candidato até a vogal aberta, isto é, é preferível que o candidato esteja o próximo possível de /o/. Isso alinha-se com a realização aberta da vogal média pretônica /o/ em dialetos nordestinos.

Outro aspecto interessante desse tableau é a presença de um candidato cuja harmonia é 0, ou seja, é teoricamente o melhor candidato possível. Esse candidato, 496 - 544 Hz e cuja média aritmética é de aproximadamente 520 Hz, apresenta frequências ainda mais altas que nosso referencial nordestino, 470 Hz. Além disso, os dois candidatos mais altos e os dois mais baixos tem a mesma quantidade de amostras conjuntas, 13 amostras somadas para os dois mais altos e 13 amostras somadas para os dois mais baixos, resultando igualmente em 43,33% do total da produção observada em cada lado. Em contrapartida, nosso modelo prevê 34,93% de produção em frequências mais baixas (ou seja, conjuntamente para os dois candidatos mais baixos) e 44,32% de produção em frequências mais altas (conjuntamente para os dois candidatos mais altos). Das amostras observadas à previsão do modelo, isso é um aumento de 2,3% da probabilidade conjunta dos dois candidatos mais altos e uma diminuição de 19,4% da probabilidade conjunta dos dois candidatos mais baixos. Resultando, consequentemente, em uma produção prevista 26,9% maior de 448 - 544 Hz em relação a 305 - 401 Hz. Se observarmos novamente o tableau, veremos que as probabilidades dos candidatos encontram-se em uma progressão, onde frequências mais baixas correspondem a uma chance consideravelmente menor de produção prevista.

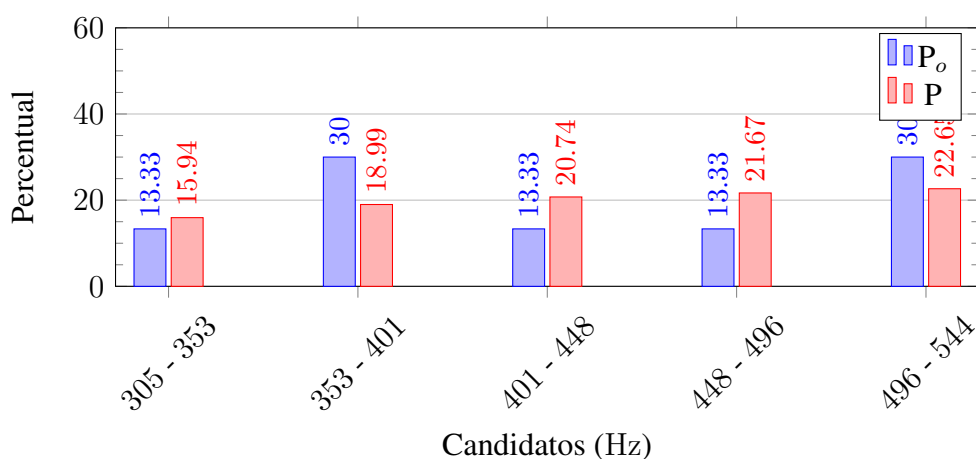


Figura 11: Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 1, vogal /o/

Nessa comparação entre percentuais, podemos evidenciar os elementos de nossa discussão dispostos no gráfico acima. Observamos uma distribuição mais uniforme das probabilidades entre candidatos e, além disso, uma tendência à produção das frequências mais altas. Podemos observar também a emergência das probabilidades em progressão proporcional a altura de F1.

4.2 Grupo 2: 4 anos de migração

4.2.1 Grupo 2: variável /e/

F1 [V _{pre-stress}]	Oc.	$p_1 = 0,136$	$p_2 = 0,051$	H	P
		F1 [V _{pre-stress}] $a_1 = 364$ Hz	F1 [V _{pre-stress}] $a_2 = 539$ Hz		
504,827 - 547,299 Hz	8	-8	0	-1,088	09,68%
462,356 - 504,826 Hz	12	-4	-1	-0,595	15,83%
419,885 - 462,355 Hz	19	-2	-2	-0,374	19,73%
377,414 - 419,884 Hz	18	-1	-4	-0,340	20,40%
334,943 - 377,413 Hz	14	0	-8	-0,408	19,04%
292,472 - 334,942 Hz	9	-1	-16	-0,952	11,05%
250,000 - 292,471 Hz	4	-2	-32	-1,904	04,26%

Tabela 19: Tableau relativo à variável /e/ aos 4 anos de migração

Ao examinar este tableau, percebemos algumas semelhanças com o primeiro tableau da vogal /e/. Novamente estabelece-se a relação $p_1 > p_2$. Nossa explicação sobre a diferença entre pesos permanece a mesma, pois as amostras são estatisticamente semelhantes. O candidato mais harmônico, portanto com a maior probabilidade prevista, apresenta uma média aritmética de aproximadamente 398,5 Hz, próximo ao referencial nordestino de 404 Hz.

Diferentemente do primeiro grupo, as amostras desse grupo já são aprioristicamente condizentes com o que esperamos dos dialetos nordestinos. Em termos numéricos, os três candidatos mais altos reúnem 39 amostras (46,42% do total da produção observada), enquanto os três candidatos mais baixos reúnem 27 amostras (32,13% do total da produção observada). Em contrapartida, nosso modelo prevê 34,35% de produção em frequências mais baixas (ou seja, conjuntamente para os três candidatos mais baixos) e 45,24% de produção em frequências mais altas (conjuntamente para os três candidatos mais altos). Das amostras observadas à previsão do modelo, isso é uma diminuição de 2,16% da probabilidade conjunta dos três candidatos mais altos e um aumento de 6,9% da probabilidade conjunta dos três candidatos mais baixos. Resultando, conseqüentemente, em uma produção prevista 31,7% maior de 419 - 547 Hz em relação a 250 - 377 Hz. Ou seja, em comparação entre extremidades das amostras, há uma preferência pela produção de vogais pretônicas abertas. Mas isso, como dito, só nos informa dos extremos da produção. Em consequência das probabilidades dos grupos 2 e 3 estarem dispostas em uma distribuição gaussiana³³, diferentemente do grupo 1, os candidatos em posição medial representam a maior parcela da produção prevista. Isso significa que estamos colocando mais da metade

³³Era o grupo 1, relativo à vogal /e/, que estava em distribuição não-gaussiana e que resultou, em um teste Shapiro-Wilk nos resíduos de todas as amostras da vogal /e/, na rejeição da hipótese nula.

(59,17%) da produção prevista entre 334 e 462 Hz. Isso nos coloca, ao observarmos o tableau mais uma vez, mais próximos do referencial nordestino 404 Hz do que do referencial paulista 357 Hz, considerando a distribuição dos candidatos mediais que compõem essa probabilidade conjunta.

Estes são resultados semelhantes aos resultados do primeiro grupo. Mas, ao contrário do primeiro grupo, a distribuição de amostras do segundo grupo já estava *a priori* em concordância com o que esperávamos de migrantes nordestinos. Desse modo, observamos apenas ligeiras correções nos valores das probabilidades. Até o presente momento, podemos concluir que, estejam as amostras em discordância ou em concordância com os resultados esperados, nosso modelo tem performance igualmente satisfatória.

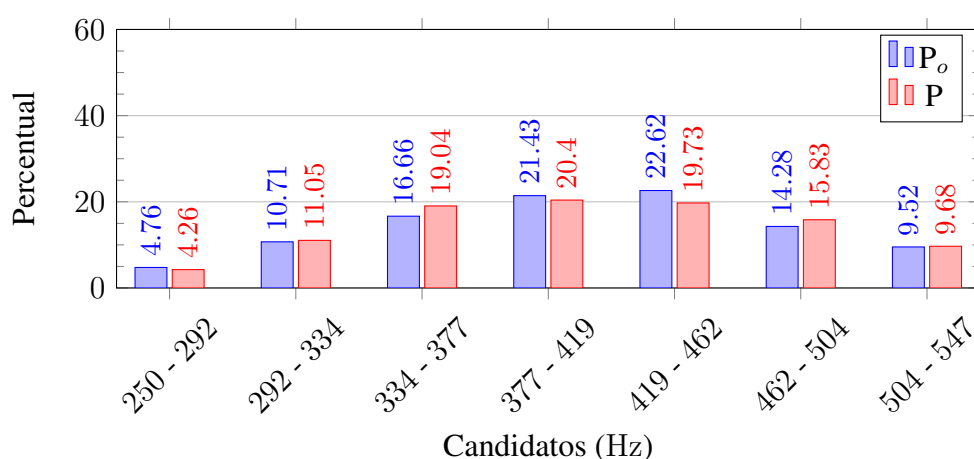


Figura 12: Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 2, vogal /e/

Em geral, podemos afirmar que as amostras estão condizentes com nossas expectativas e que os resultados do modelo estão compatíveis com o resultado anterior. Porém, diferentemente do primeiro grupo, este grupo apresenta uma distribuição normal das amostras. A distribuição das probabilidades previstas é uma distribuição normal com moderado viés para a direita.

4.2.2 Grupo 2: variável /o/

F1 [V _{pre-stress}]	Oc.	$p_1 = 0$	$p_2 = 0,092$	H	P
		F1 [V _{pre-stress}] $a_1 = 408$ Hz	F1 [V _{pre-stress}] $a_2 = 554$ Hz		
485,439 - 534,293 Hz	3	-2	-1	-0,092	29,05%
436,583 - 485,438 Hz	5	-1	-2	-0,184	26,48%
387,727 - 436,582 Hz	2	0	-4	-0,368	22,01%
338,871 - 387,726 Hz	2	-1	-8	-0,736	15,20%
290,014 - 338,870 Hz	1	-2	-16	-1,472	07,25%

Tabela 20: Tableau relativo à variável /o/ aos 4 anos de migração

Similarmente ao tableau da vogal /o/ do grupo 1, e em concordância com o que já esperávamos, $p_1 = 0$. Além disso, a média do candidato mais harmônico, que coloca F1 entre 485 e 534 Hz, tem sua média aritmética em cerca de 509,5 Hz, realizando uma vogal pretônica ainda mais aberta que a de nosso referencial 470 Hz. Em termos numéricos, os dois candidatos mais altos reúnem 8 amostras (61,5% do total da produção observada), enquanto os dois candidatos mais baixos reúnem 3 amostras (23,07% do total da produção observada). Em contrapartida, nosso modelo prevê 22,45% de produção em frequências mais baixas (ou seja, conjuntamente para os dois candidatos mais baixos) e 55,53% de produção em frequências mais altas (conjuntamente para os dois candidatos mais altos). Das amostras observadas à previsão do modelo, isso é uma diminuição de 9,7% da probabilidade conjunta dos dois candidatos mais altos e uma diminuição de 5,27% da probabilidade conjunta dos dois candidatos mais baixos. Resultando, consequentemente, em uma produção prevista 147,35% maior de 436 - 534 Hz em relação a 290 - 387 Hz. É possível constatar, novamente, que as probabilidades previstas estão em progressão, aumentando sucessivamente partindo das frequências mais baixas rumo às mais altas.

Para compreender este resultado do modelo, vale ressaltar que os tableaux relativos à vogal /o/ do segundo e terceiro grupos têm consideravelmente menos amostras disponíveis (13 e 14 amostras, respectivamente). De maneira geral, uma quantidade muito reduzida de amostras pode resultar em sobreajuste e, consequentemente, nossas probabilidades acabam demasiadamente alinhadas aos percentuais observados durante a aprendizagem. Vejamos abaixo a relação entre percentuais observados e probabilidades previstas:

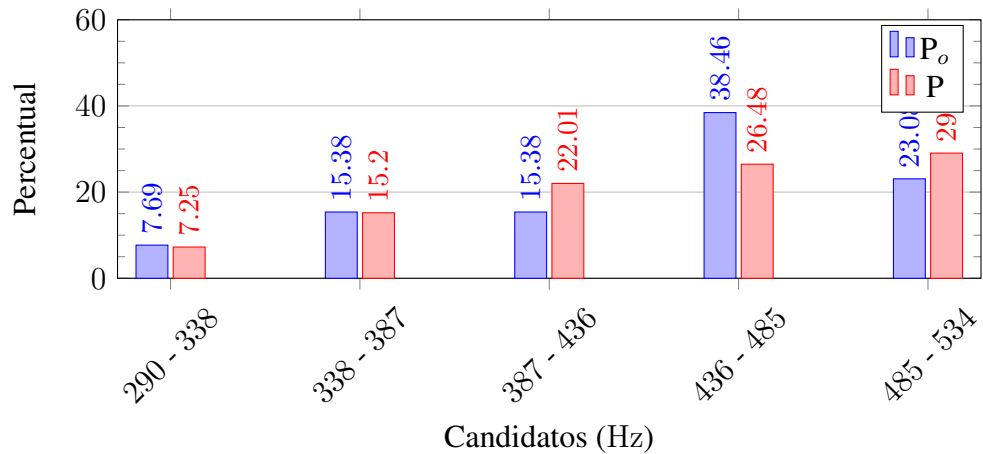


Figura 13: Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 2, vogal /o/

Com uma quantidade reduzida de amostras, é até difícil dizer se ocorreu ou não alguma forma de sobreajuste. Diferentemente do primeiro tableau desta seção, vogal /e/ do grupo 1, não estávamos esperando grandes discrepâncias entre dados de treino (P_o) e probabilidades resultantes (P), então é natural que P e P_o sejam, até certo grau, equivalentes. Dito isso, nosso modelo teve uma performance satisfatória e em completa adequação às expectativas de produção de um falante nordestino – só não podemos afirmar *sem sombra de dúvidas* que esses resultados não sofreram com sobreajuste e que tem boa capacidade de predição. Nos deparamos, enfim, com uma das desvantagens de algoritmos de aprendizagem em geral: a necessidade de grandes quantidades de amostras e a grande cautela na interpretação de seus resultados.

4.3 Grupo 3: 6 anos de migração

4.3.1 Grupo 3: variável /e/

F1 [$V_{pre-stress}$]	Oc.	$p_1 = 0,072$	$p_2 = 0,005$	H	P
		F1 [$V_{pre-stress}$] $a_1 = 364$ Hz	F1 [$V_{pre-stress}$] $a_2 = 539$ Hz		
485,018 - 514,180 Hz	3	-16	-2	-1,162	07,16%
455,857 - 485,017 Hz	2	-8	-4	-0,596	12,62%
426,698 - 455,857 Hz	8	-4	-8	-0,328	16,48%
397,538 - 426,697 Hz	6	-2	-16	-0,224	18,26%
368,378 - 397,537 Hz	6	-1	-32	-0,232	18,06%
339,218 - 368,377 Hz	5	0	-64	-0,320	16,44%
310,057 - 339,217 Hz	4	-1	-128	-0,712	10,97%

Tabela 21: Tableau relativo à variável /e/ aos 6 anos de migração

Em conformidade com os tableaux de /e/ dos primeiros dois grupos, $p_1 > p_2$. O candidato mais harmônico situa F1 entre 397 e 426 Hz, cuja média aritmética de aproximadamente 411,5 Hz está próxima do valor referencial nordestino de 404 Hz. Em termos numéricos, os três candidatos mais altos reúnem 13 amostras (38,23% do total da produção observada), enquanto os três candidatos mais baixos reúnem 15 amostras (44,11% do total da produção observada). Em contrapartida, nosso modelo prevê 45,47% de produção em frequências mais baixas (ou seja, conjuntamente para os três candidatos mais baixos) e 36,26% de produção em frequências mais altas (conjuntamente para os três candidatos mais altos). Das amostras observadas à previsão do modelo, isso é uma diminuição de 5,15% da probabilidade conjunta dos três candidatos mais altos e um aumento de 3,08% da probabilidade conjunta dos três candidatos mais baixos. Resultando, conseqüentemente, em uma produção 25,40% maior entre 310 e 397 Hz do que entre 426 e 514 Hz. Mas isso, no entanto, só nos informa das características dos extremos da produção. Estando em distribuição gaussiana, os candidatos em posição medial representam a maior parcela da produção prevista. Isso significa que estamos colocando mais da metade (52,08%) da produção prevista entre 368 e 455 Hz. Isso nos coloca, ao observarmos o tableau novamente, mais próximos do referencial nordestino (404 Hz) do que do referencial paulista (357 Hz), apesar de, em relação às extremidades da produção, a aprendizagem ter priorizado a extremidade das frequências mais baixas.

Neste caso, pode-se dizer que obtivemos um resultado especialmente interessante que, ao compararmos com os casos anteriores, acaba revelando uma possível vantagem do emprego de uma gramática estocástica. Mas, antes disso, vale a pena refletir brevemente sobre as características qualitativas deste terceiro grupo. Podemos dizer que ele é, em virtude de duas razões, diferente dos outros dois. A primeira razão é que esse grupo consiste em apenas um único entrevistado, tornando essa a modelagem de um único falante e não de um grupo de falantes. A segunda razão é que esse falante está há mais tempo em situação de contato dialetal do que os outros, pois é um maranhense morador de Campinas pelos últimos 6 anos. Tendo isso em mente, podemos retomar os resultados do modelo e perceber a inversão que o terceiro grupo faz em relação ao anterior.

Conforme citado acima, mais da metade da produção prevista de F1 para este falante cai entre as frequências 368 e 455 Hz. Isso significa que nosso referencial de produção paulista (357 Hz) não está nem contemplado na maior parte de produção do entrevistado. Isso está em conformidade com a análise que fizemos da vogal /e/ dos outros dois grupos, isto é, uma produção em acordo com o que esperamos dos dialetos nordestinos. No entanto, ao estudarmos o histograma relativo ao segundo grupo na página 36, falamos em um “moderado viés para a

direita” que, neste falante, inverte-se em um moderado viés *para a esquerda* ou, melhor dizendo, um viés para *baixas frequências* – para o fechamento da vogal média pretônica /e/ – em meio a uma produção que seria, de resto, completamente característica dos dialetos nordestinos.

Tudo isso é ainda mais interessante quando levamos em consideração o fato de que um teste de Kruskal-Wallis apontou que esses grupos não possuíam diferença estatisticamente significativa. E, sem dúvidas, estes grupos são estatisticamente similares. No entanto, modelos MaxEnt são extremamente sensíveis às amostras específicas em que são treinados, pois são capazes de capturar relações não-lineares complexas e derivar seus resultados do relacionamento singular entre suas amostras e as restrições impostas no modelo. Assim, ao encontrar padrões subjacentes que não necessariamente estão aparentes em análises estatísticas tradicionais, temos como resultado diferentes *outputs* para grupos considerados estatisticamente similares. Nossas análises tornam-se, assim, potencialmente mais robustas e expressivas. Vejamos o histograma a seguir:

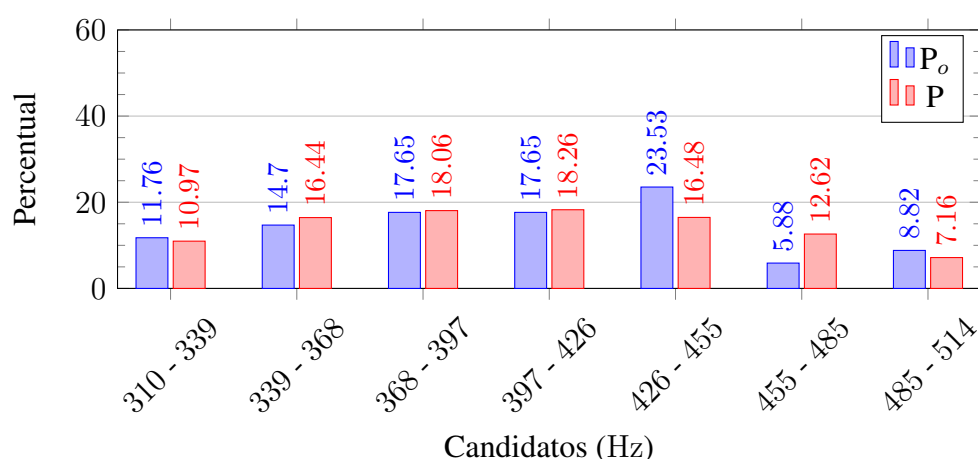


Figura 14: Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 3, vogal /e/

Em um primeiro momento, podemos nos sentir tentados a explicar esse viés para baixas frequências, distinto dos outros dois grupos, pela distribuição das amostras. Afinal, há mais instâncias de amostras em baixas frequências do que em altas frequências neste tableau. No entanto, há uma razão para nos dissuadirmos de chegar imediatamente a essa conclusão. Retomando o primeiro tableau que analisamos, a vogal /e/ do primeiro grupo, observamos uma situação em que as amostras estavam praticamente igualmente distribuídas entre extremos e, ainda assim, o modelo resultou em uma predição voltada às frequências mais altas. É difícil, então, reduzir esse resultado a um simples sobreajuste em que a distribuição das amostras na aprendizagem estariam ditando exageradamente os resultados. Em contrapartida, não podemos dizer que isso é uma impossibilidade, pois o terceiro grupo corresponde aos dados de um único falante e tem cerca de metade do número de amostras disponíveis aos outros grupos, conforme

evidenciado na tabela da página 22. Além disso, por serem dados de um único falante, não podemos também negar a possibilidade de estarmos observando alguma idiossincrasia linguística deste falante – afinal, indivíduos variam enormemente em relação ao tempo necessário para adoção de novas características em seu dialeto (TRUDGILL, 1986, p. 40). O que podemos concluir, por fim, é que os resultados deste tableau são representativos das vantagens e desvantagens de um modelo MaxEnt, pois representam a apreensão de padrões que escapam à análise estatística tradicional na mesma medida em que requerem grande consideração em sua interpretação e elaboração de modelos.

4.3.2 Grupo 3: variável /o/

F1 [V _{pre-stress}]	Oc.	$p_1 = 0$	$p_2 = 0,029$	H	P
		F1 [V _{pre-stress}] $a_1 = 408$ Hz	F1 [V _{pre-stress}] $a_2 = 554$ Hz		
440,749 - 478,998 Hz	4	−1	−2	−0,058	25,89%
402,497 - 440,748 Hz	3	0	−4	−0,116	24,42%
364,245 - 402,496 Hz	4	−1	−8	−0,232	21,72%
325,993 - 364,244 Hz	1	−2	−16	−0,464	17,19%
287,740 - 325,992 Hz	2	−4	−32	−0,928	10,76%

Tabela 22: Tableau relativo à variável /o/ aos 6 anos de migração

Conforme os tableaux da vogal /o/ anteriores, $p_1 = 0$. A média aritmética do candidato mais harmônico, que coloca F1 entre 440 e 478 Hz, é aproximadamente 459 Hz, realizando o F1 da vogal pretônica /o/ em proximidade ao referencial nordestino de F1 (470 Hz). Em termos numéricos, os dois candidatos mais altos reúnem 7 amostras (49,99% do total da produção observada), enquanto os dois candidatos mais baixos reúnem 3 amostras (21,42% do total da produção observada). Em contrapartida, nosso modelo prevê 27,95% de produção em frequências mais baixas (ou seja, conjuntamente para os dois candidatos mais baixos) e 50,31% de produção em frequências mais altas (conjuntamente para os dois candidatos mais altos). Das amostras observadas à previsão do modelo, isso é um aumento de 0,64% da probabilidade conjunta dos dois candidatos mais altos e um aumento de 30,48% da probabilidade conjunta dos dois candidatos mais baixos. Resultando, consequentemente, em uma produção 80% maior entre 402 e 478 Hz do que entre 287 e 364 Hz.

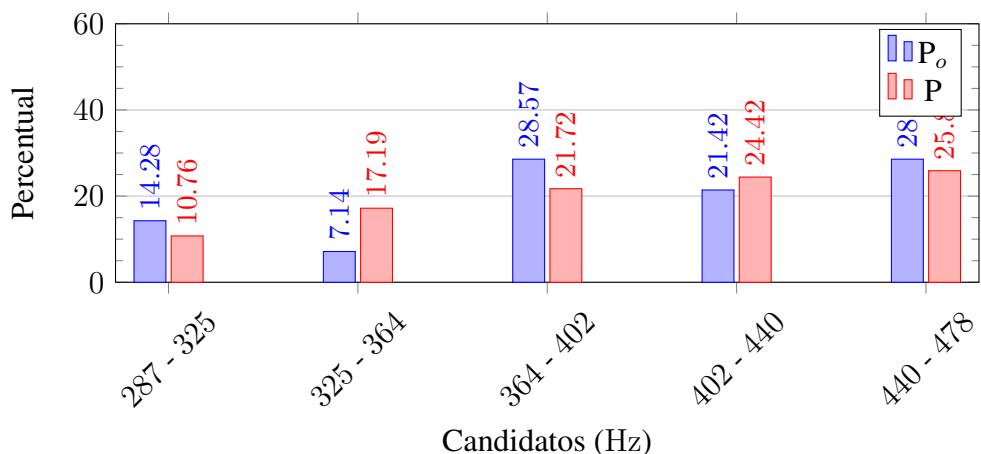


Figura 15: Percentuais observados (P_o) vs. probabilidades previstas (P), grupo 3, vogal /o/

Conforme discutido ao longo dos tableaux relativos à vogal /o/, corremos um risco de sobreajuste que torna difícil uma interpretação inequívoca destes dados. Por outro lado, o fato desta vogal apresentar probabilidades previstas consistentemente em perfeita progressão é algo digno de ser notado, apesar de ser difícil julgar se isso é algo potencialmente positivo ou potencialmente negativo.

4.4 Discussão

Após analisarmos seis tableaux diferentes, há algumas coisas que podemos teorizar sobre a aplicação de nosso modelo e sobre os dados coletados. Ao iniciarmos nossa análise, realizamos dois testes estatísticos (Kruskal-Wallis na vogal /e/ entre grupos e ANOVA na vogal /o/ entre grupos) e, conforme os valores-p resultantes, chegamos à conclusão que não havia diferença estatisticamente significativa entre grupos. Ao empregarmos o modelo MaxEnt nesses mesmos grupos, percebemos que fomos sim capazes de capturar diferenças entre eles. Não é necessário elaborar grandes argumentos para explicar esse tipo de fenômeno. Os testes estatísticos tradicionais são modelos lineares que diretamente observam e manipulam os dados, enquanto o modelo MaxEnt é um modelo não-linear que observa e manipula apenas candidatos (*i.e.* agrupamentos de dados e não os dados em si) e como eles se relacionam com restrições impostas pela arquitetura do modelo. Assim, é fácil admitir que com *inputs* e objetivos diferentes, é natural que seus resultados não sejam – e nem pretendem ser – os mesmos. Isso não nos impede de imaginar os benefícios de seu uso conjunto na elaboração de uma análise multifacetada, em que poderíamos pensar tanto sobre a distribuição dos dados coletados quanto sobre sua sutil expressividade.

Outro elemento que poderíamos pensar é sobre a distribuição normal das probabilidades previstas pelo modelo MaxEnt. Essa distribuição normal, na realidade, não necessariamente

é consequência das amostras coletadas. Pois, de maneira geral, a função de violações pode determinar a distribuição das probabilidades (LEFKOWITZ, 2017, p. 190). Somos nós, ao implementarmos certas equações em nosso modelo, que determinamos o que deve ser considerado uma “produção natural” de seres humanos e, por consequência, forçamos nosso modelo a emulá-la. Dito isso, as vogais /o/ cujas probabilidades apresentaram-se em progressão ascendente são interessantes. Podemos pensar que, talvez em virtude da pouca quantidade de amostras ou candidatos, funções exponenciais penalizaram demasiadamente os desvios em relação ao alvo. Uma função de violações quadrática, também chamada de parabólica (cf. FLEMMING, 2001), ao invés de uma exponencial, poderia suavizar essa penalização. Isto é, assumindo que o funcionamento de nossa produção não seja de fato uma progressão de probabilidades ascendente cujo grupo de frequências mais produzidas também representam o máximo da produção possível.

Em relação à capacidade de predição da variação, essencialmente o tema central deste trabalho, podemos pontuar algumas coisas. Aqui, os resultados relativos à vogal /e/ foram particularmente elucidativos. Em oposição aos testes estatísticos tradicionais, encontramos uma diferença especialmente interessante entre as tendências³⁴ de produção do grupo de 10 meses e o grupo de 6 anos. Se o segundo grupo, relativo a 4 anos de migração, nos ofereceu resultados e funcionamento esperados, e assim um tanto tediosos, o mesmo não pode ser dito dos grupos 1 e 3, por razões opostas. No primeiro grupo, ao deparar-se com uma distribuição não-normal de amostras, concentrada igualmente entre os dois extremos dos candidatos mais altos e mais baixos, o modelo MaxEnt realizou predições em distribuição normal alinhadas com a produção dos dialetos nordestinos, favorecendo a produção de frequências mais altas. Apesar de podermos explicar a distribuição normal dos resultados pelo emprego da função de violações, ainda devemos admitir que a captura da tendência da produção é mérito do modelo MaxEnt. Agora, em virtude do primeiro grupo, ao estabelecer que as amostras não ditam a distribuição das probabilidades, podemos observar o terceiro grupo. Nele, ao considerarmos os conjuntos dos três candidatos mais altos e dos três mais baixos, observamos uma inversão na distribuição das probabilidades. Apesar da inequívoca produção em acordo com o esperado por dialetos nordestinos, representada pelos candidatos em posição medial no tableau e graças à distribuição normal, observamos pela primeira vez um deslocamento de quais candidatos “marginais” (os mais altos ou mais baixos) representam a maior chance de produção. Por exemplo, neste terceiro

³⁴Ao longo desta seção, utilizamos repetidas vezes a palavra *tendência*. Acho que vale, ao finalmente realizar nossa última análise, retirar qualquer ambiguidade que esse termo possa estar carregando. Por *tendência*, estamos indicando qual extremidade (o conjunto dos dois ou três candidatos mais para cima e mais para baixo de determinado tableau) representa uma maior porcentagem conjunta das probabilidades previstas. É isso que viemos calculando em todos os tableaux, observando não apenas os candidatos centrais, em posição medial, que representam a maior parte da produção em uma distribuição normal, mas também o viés representado por essas produções marginais.

grupo, F1 produzido em 310 até 368 Hz representa 27,41% da produção prevista *versus* 19,78% de chance de produção prevista de F1 em 455 até 514 Hz. Assim, estando as probabilidades em distribuição normal, preservamos o fato de que a produção é o que esperávamos dos dialetos nordestinos, mas apanhamos uma ligeira diferença na produção entre o grupo de 10 meses e o de 6 anos. Essa ligeira diferença, no caso do grupo de 6 anos, é representada pelo favorecimento da produção de frequências mais baixas nas margens da distribuição da produção. Poderíamos pensar que isso é um indício do contato dialetal afetando a produção de um adulto após 6 anos de migração, que usualmente escapa da análise estatística tradicional por ser apenas um pequeno viés nas margens da produção total. Por outro lado, podemos ser um pouco mais cínicos e atribuir este resultado a alguma idiosincrasia do falante ou, como já foi exaustivamente dito, apontar para a distribuição das amostras do terceiro grupo. Dito isso, os resultados do primeiro grupo – que dissociam a distribuição das amostras da distribuição das probabilidades previstas – nos fazem olhar os resultados do terceiro grupo com um pouco mais de seriedade.

Seria imprudente, em vista do escopo do experimento, realizar qualquer afirmação categórica sobre nossas previsões, mas podemos concluir esta seção ao realizar três afirmações com confiança: (i) há indícios de que modelos MaxEnt de gramática, em relação ao estudo da variação, são capazes de identificar vieses e padrões que subjazem os dados; (ii) esses padrões e vieses não necessariamente são capturados por análises estatísticas tradicionais; (iii) podemos, assim, afirmar que mais pesquisas neste tema devem ser realizadas para aferir o potencial desse tipo de análise.

5 Considerações finais

Sem grandes pretensões, este trabalho pretende ser uma prova de conceito suficientemente satisfatória, isto é, apenas um estudo piloto em um tema que seria impossível debater extensivamente e exaustivamente em um trabalho de conclusão de curso em primeiro lugar. A elaboração de uma gramática MaxEnt verdadeiramente abrangente para modelagem da variação envolveria, por exemplo, a não eliminação de amostras sujeitas a harmonia vocálica ou sândi e a incorporação de elementos como, por exemplo, duração. Ao removermos as vogais médias pretônicas de seus contextos fônicos e tratá-las no tableau como unidades abstratas, acabamos nos distanciando da realidade da produção linguística. Poderíamos até afirmar que um modelo ideal de processos fonéticos e fonológicos deveria modelar, além do comportamento do aprendiz fonológico como em nosso modelo, o comportamento do falante e do ouvinte (BOERSMA; BENDERS; SEINHORST, 2020, p. 106). Não há, dessa maneira, escassez de melhorias que

poderíamos apontar para a elaboração futura de um novo modelo de variação.

Em relação a nossos resultados e àquilo que nos dispomos a realizar neste trabalho, podemos dizer que modelos MaxEnt são capazes de abarcar a variação. Apesar disso, há muitos elementos que merecem serem devidamente problematizados. A fim de exemplo, podemos elencar o fato de que, da maneira como discretizamos nossos candidatos em faixas de frequências, a atribuição de probabilidades não representa explicitamente uma predição útil se pretendermos capturar minúcias da variação. Vejamos: ao afirmarmos que há, por exemplo, 20% de chance de um falante produzir F1 entre 300 e 350 Hz futuramente, permanecemos incertos se essa produção será efetivamente realizada em 321 Hz ou em 349 Hz em um dado candidato. Se nosso objetivo for precisão, é evidente que ainda estamos distantes de um modelo satisfatório. Assim, mesmo se afirmarmos que o modelo MaxEnt provou-se capaz de satisfatoriamente modelar a variação, é preciso que nos perguntemos quais são os limites dessa predição e qual seria nossa intenção ao modelar estes dados.

Há também o que ser dito em relação à sinergia entre a escolha da gramática MaxEnt e o emprego de restrições fonéticas. No âmbito do estudo da variação na Fonologia, MaxEnt pode ser compreendido como um modelo fonológico intrinsecamente probabilístico que posiciona-se em oposição a modelos extrinsecamente probabilísticos, como a Gramática Harmônica Estocástica (MAGRI; ANTTILA, 2016, p. 2). Isso significa que o modelo assinala probabilidades *diretamente* às representações superficiais, tornando-a uma gramática verdadeiramente não-categórica ao invés de tradicionalmente pressupor uma gramática fonológica categórica subjacente (Ibid., p. 4). Esse tipo de concepção teórica da gramática é problemática, conforme argumentam Magri e Anttila (2016, p. 22), pois inviabiliza universais linguísticos em virtude de sua tipologia não restritiva. Entretanto, esse fato está, pragmaticamente³⁵, em plena sinergia com nossos pressupostos teóricos. Ao adotarmos restrições fonéticas em nossa gramática, devemos pressupor, pelo menos em certo grau, que universais fonéticos não devem existir e é a gramática que controla todos os aspectos da forma fonética (cf. KEATING, 1985).

Em meio a essa discussão sobre a sinergia entre MaxEnt e restrições fonéticas, podemos finalmente retomar a questão que nos esquivamos na página 23, ao levantarmos questões sobre a natureza dúplice das restrições fonéticas empregadas em nosso modelo. Após definirmos

³⁵Magri e Anttila (2016) irão argumentar que, independentemente do debate empírico sobre universais, a falta de universais em gramáticas MaxEnt é uma barreira para seu uso e que qualquer Fonologia probabilística deve ser, para que seja bem fundamentada, intrinsecamente categórica. No entanto, em termos *práticos* para elaboração de nossos modelos *fonéticos*, os paradoxos resultantes da tipologia MaxEnt e a falta de universais (mesmo que teóricos e não necessariamente empíricos) não são obstáculos com os quais devemos nos engajar imediatamente. Por enquanto, é suficiente dedicar atenção redobrada às afirmações que fazemos sobre os resultados do modelo MaxEnt.

gramáticas MaxEnt como intrinsecamente probabilísticas, parece estranho falar em mais de uma gramática, já que apenas uma gramática, ao ser intrinsecamente dotada de capacidade de variação, é mais do que capaz de explicar a variação linguística. Mas, com o resultado do experimento em mãos, podemos até nos perguntar se é necessário fazer essa reflexão em primeiro lugar. Podemos observar como uma das restrições teve $p = 0$ em todos os grupos da vogal /o/ e nos perguntar se, em retrospecto, não poderíamos ter concebido um método mais elegante de construir esse tipo de tableau com uma única restrição. A elaboração de restrições, afinal, às vezes parece ser limitada unicamente pela engenhosidade do pesquisador. Boersma (2011), por exemplo, elabora modelos, ao discutir o efeito McGurk, que incorporam a abertura ou fechamento dos olhos e, em suas restrições, a percepção visual sobre a abertura dos lábios na produção de /b/. Assim, conforme discutimos ao final da seção anterior, um mínimo de êxito em nosso projeto é suficiente para garantir entusiasmo em pesquisas futuras, pois a quantidade de melhorias possíveis é praticamente ilimitada. E, como comentaremos a seguir, gramáticas fonológicas estocásticas são excepcionalmente receptivas a melhorias.

Podemos deixar de lado, mesmo que apenas por um momento, o rótulo de gramática MaxEnt e pensar nos resultados obtidos como resultados de uma gramática fonológica estocástica em geral. Ao pensarmos a variação em termos de candidatos, restrições e alvos, temos em mãos um modelo altamente maleável às necessidades específicas de cada pesquisa e extremamente receptivo a novos dados. Um olhar crítico sobre nossos resultados nos leva a pensar em uma série de melhorias possíveis. Por exemplo, uma reformulação da expressão matemática das violações (de exponencial para quadrática) para uma melhor distribuição dos resultados. Graças à modularidade das gramáticas baseadas em restrições (vide LEX, GEN e EVAL) e à flexibilidade matemática das gramáticas estocásticas, esse tipo de mudança pode ser facilmente implementado. Podemos adicionar, remover e alterar elementos desse sistema sem ter que repensá-lo por completo. Ao final de nosso experimento, essa característica das gramáticas fonológicas estocásticas demonstrou ser sua maior vantagem. Elementos potencialmente indesejáveis não tornaram-se problemas sistêmicos de difícil solução. Assim, mesmo para além das gramáticas MaxEnt e falando de maneira não específica a um ou outro método, gramáticas estocásticas têm grande potencial para solucionar problemas linguísticos em geral.

Finalmente, ao retomarmos a questão central deste trabalho, podemos dizer que, sim, há potencial suficiente na utilização de modelos MaxEnt para modelar a variação. Enquanto prova de conceito, nossos resultados demonstraram quais elementos são potencialmente deficitários e quais deles são interessantes. A comparação entre grupos da vogal /e/ foi interessante e nos levou a uma breve comparação entre análise estatística tradicional e modelos estatísticos MaxEnt,

apesar dos resultados dos grupos da vogal /o/ terem sido menos que satisfatórios. Podemos também fazer uma resenha e reflexão teórica sobre restrições fonéticas que, em virtude de nossos resultados, parecem merecer uma refacção em modelagens futuras. Podemos também dizer que um *corpus* mais homogêneo seria preferível, com migrantes do mesmo gênero e todos falantes nativos do mesmo dialeto. Além de uma melhor elaboração de grupos para análise, a homogeneidade do *corpus* poderia ter melhor guiado a elaboração de alvos de restrições. No mais, a escolha das vogais médias pretônicas /e,o/ como objeto de pesquisa foi satisfatória e rendeu uma boa discussão, logo, não há nenhuma objeção que podemos fazer em relação a isso. Não é evidente, em apenas uma pesquisa de escopo tão limitado, quanto dessa variação modelada é influência do contato dialetal e quanto é apenas fenômeno linguístico natural. Além disso, ao tratar a variação de maneira monolítica, ignoramos questões como acomodação vs. mudança efetiva do idioleto. Portanto, pesquisas futuras deverão ser realizadas para que seja possível elaborar modelos aprimorados que busquem captar a variação e suas nuances decorrente, sob maior ou menor influência, do contato dialetal.

Em fechamento, voltando nosso olhar para pesquisas futuras, o raciocínio por trás desta pesquisa é que, com modelos progressivamente mais complexos e abrangentes, pode ser possível elaborar previsões mais e mais precisas sobre a produção fonética e fonológica de um migrante ao considerarmos elementos como, por exemplo, idade no momento da migração e tempo em contato dialetal. Isto é, estaríamos usando modelos MaxEnt para determinar *mudanças possíveis e condições possíveis para mudança* – sendo essas nossas metas para a modelagem de variação (cf. WEINREICH; LABOV; HERZOG, 1968). Essa modelagem, porém, não pretende excluir outros modelos de análise e, pelo contrário, pretende aliar-se – quando possível – a esses modelos já em uso (*e.g.* análise de variância e modelos de efeitos fixos) para realizar previsões estatísticas em cooperação interdisciplinar entre Fonologia, Fonética e Sociolinguística.

6 Referências Bibliográficas

- ANTTILA, A.; CHO, Y. Y. Variation and change in Optimality Theory. **Lingua**, n. 104, p. 31-56, 1998.
- ANTTILA, A. Variation and phonological theory. In: CHAMBERS, J. K.; TRUDGILL, Peter; SCHILLING-ESTES, Natalie (org.). **The handbook of language variation and change**. *Draft* de capítulo pré-publicação. Oxford: Blackwell, 2000. p. 1-46.
- BARBOSA, P. A.; MADUREIRA, S. **Manual de Fonética Acústica Experimental**. São Paulo: Cortez, 2015.
- BATTISTI, E.; PEROZZO, R. V.; CUNHA, V. C. Alçamento sem motivação aparente em uma variedade de português brasileiro: efeitos de coarticulação de sequências CV e dispersão vocálica. **Entrepalavras**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 12-35, jan-abr/2020. DOI: 10.22168/2237-6321-11757.
- BEGUŠ, G. **Unnatural Phonology: A Synchrony-Diachrony Interface Approach**. 2018. Tese (Doutorado em Linguística) – Harvard University, Cambridge, 2018.
- BOERSMA, P. **Cue constraints and their interactions in phonological perception and production**. In: **Meeting on Cochlear Implants and First Language Acquisition**, 2007, Beekbergen. Conferência.
- BOERSMA, P. A constraint-based explanation of the McGurk effect, 2011. Disponível em <https://www.fon.hum.uva.nl/paul/papers/McGurk3.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2023.
- BOERSMA, P. **Simulated distributional learning in Deep Boltzmann Machines leads to the emergence of discrete categories**. In: **Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences**, 2019, Melbourne. Conferência. p. 1520-1524.
- BOERSMA, P.; BENDERS, T.; SEINHORST, K. Neural network models for phonology and phonetics. **Journal of Language Modelling**, vol. 8, n. 1, p. 103-177, 2020.

BOERSMA, P.; BENDERS, T.; SEINHORST, K. Phonological features emerge substance-freely from the phonetics and the morphology **Canadian Journal of Linguistics**, vol. 67, n. 4, p. 611-669, 2022.

CHOMSKY, N.; HALLE, M. **The Sound Pattern of English**. NY: Harper & Row, 196

CLARK, B. On Stochastic Grammar. **Language**, Washington, vol. 81, p. 207-217, 2005.

ESCUADERO, P. *et al.* A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. **The Journal of the Acoustical Society of America**, vol. 126(3), 2009.

FLEMMING, E. Scalar and categorical phenomena in a unified model of phonetics and phonology. **Phonology**, vol. 18, p. 7-44, 2001.

FLEMMING, E. Comparing MaxEnt and Noisy Harmonic Grammar. **Glossa: a journal of general linguistics**, vol. 6(1), p. 1-42, 2021.

GOLDWATER, S.; JOHNSON, M. **Learning OT Constraint Rankings Using a Maximum Entropy Model**. In: **Proceedings of the Workshop on Variation within Optimality Theory**, Brown University, p. 112-120, 2003.

GROSJEAN, F. Neurolinguists, Beware! The Bilingual Is Not Two Monolinguals in One Person. **Brain and Language**, vol. 36, p. 3-15, 1989.

GUY, G. R. Contextual conditioning in variable lexical phonology. **Language Variation and Change**, Cambridge, vol. 3, p. 223-239, 1992.

GUY, G. R. **Competence, Performance, and the Generative Grammar of Variation**. In: **International Workshop on Language Variation and Linguistic Theory**, 1995, University of Nijmegen. Conferência. p. 1-26.

JÄGER, G. Maximum Entropy Models and Stochastic Optimality Theory, 2007. Disponível em <https://www.sfs.uni-tuebingen.de/~gjaeger/publications/mesga.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

HAYES, B.; WILSON, C. **A Maximum Entropy Model of Phonotactics and Phonotactic Learning**. p. 1-67, ago. 2007. Disponível em <https://linguistics.ucla.edu/people/hayes/Phonotactics/HayesWilsonMaximumEntropyPhonotacticsAugust2007.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2023.

KAGER, R. **Optimality Theory**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004.

KEATING, P. Universal Phonetics and the Organization of Grammars. **Phonetic Linguistics**, p. 115-132, 1985.

KENSTOWICZ, M.; SANDALO, F. Pretonic Vowel Reduction in Brazilian Portuguese: Harmony and Dispersion. **Journal of Portuguese Linguistics**, vol. 15, n. 6, p. 1-19, 2016.

LEFKOWITZ, L. M. **Maxent Harmonic Grammars and Phonetic Duration**. 2017. Tese (Doutorado em Linguística) – University of California, Los Angeles, 2017.

LEGENDRE, G.; MIYATA, Y.; SMOLENSKY, P. Harmonic Grammar: A Formal Multi-level Connectionist Theory of Linguistic Well-formedness: Theoretical Foundations. **Report: Institute of Cognitive Science**, Boulder, vol. 90-94, 1990.

LEGENDRE, G.; MIYATA, Y.; SMOLENSKY, P. Can Connectionism Contribute to Syntax? Harmonic Grammar, with an Application. **Report: Institute of Cognitive Science**, Boulder, vol. 90-12, 1990.

LENNNEBERG, E. **Biological Foundations of Language**. New York, 1967.

MADRUGA, M. R. **A fonética e fonologia da harmonia de [ATR] no Português Brasileiro**. 2017. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2017.

MAGRI, G.; ANTTILA, A. Probabilistic phonology is intrinsically categorical. **Computational Linguistics**, vol. 1, n. 1, 2016.

MAGRI, G. **Implicational Universals in Stochastic Constraint-Based Phonology**. In: **Pro-**

ceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 2018, Bruxelas. Conferência. 2018. p. 1-10.

MARTIN, A. Grammars leak: Modeling how phonotactic generalizations interact within the grammar. **Language**, vol. 87, n. 4, p. 751-770, 2011.

MCCARTHY, J. J. OCP Effects: Gemination and Antigemination. **Linguistic Inquiry**, vol. 17, n. 2, p. 207-263, 1986.

OUSHIRO, L. Questões e Métodos. Vogais médias pretônicas na fala de migrantes nordestinos em situação de contato dialetal. In: VIEIRA, M.; WIEDEMER, M. (org.). **Dimensões e experiências em Sociolinguística**. São Paulo, Blucher. p. 157-187, 2019.

PENNFIELD, W.; ROBERTS, L. **Speech and Brain Mechanisms**. Princeton: Princeton University Press, 1959.

PRINCE, A.; SMOLENSKY, P. Optimality Theory: Constraint Interaction in Generative Grammar. **Technical reports of the Rutgers Center for Cognitive Science**, NJ, vol. 2, 1993 .

SANDALO, F. Harmonia e redução vocálica no português do Brasil. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 47, n. 3, p. 268-274, jul./set. 2012.

TRUDGILL, P. **Dialects in contact**. Oxford: Blackwell, 1986.

TESSIER, A. Learnability and learning algorithms in phonology. **Oxford Research Encyclopedia in Linguistics**, 2017. Disponível em <https://oxfordre.com/linguistics/display/10.1093/acrefore/9780199384655.001.0001/acrefore-9780199384655-e-108?rskey=2AlKfD&result=6>. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

WEINREICH, U.; LABOV, W.; HERZOG, M. I. Empirical Foundations for a Theory of Language Change. In: LEHMANN, Winfred P; MALKIEL, Yakov (org.). **Directions for Historical Linguistics**. Austin: University of Texas Press, 1968. p. 95-195.

ZSIGA, E. C. Phonetic alignment constraints: consonant overlap and palatalization in English

and Russian. **Journal of Phonetics**, vol. 28, p. 69-102, 2000.

A Dados

A.1 Dados coletados

Estes são os dados brutos das vogais médias pretônicas /e/ e /o/ (conforme *vowel_id*) coletados ao longo de cinco entrevistas com cinco migrantes distintos (conforme *speaker_id*). A tabela está formulada conforme requisitos do pacote *vowels* do R.

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
1	o	NA	558	1044	2600	NA	NA	NA
1	e	NA	490	1438	2081	NA	NA	NA
1	e	NA	507	1289	2038	NA	NA	NA
1	e	NA	541	1647	2298	NA	NA	NA
1	e	NA	588	1400	2255	NA	NA	NA
1	e	NA	505	1468	2299	NA	NA	NA
1	e	NA	367	1627	2253	NA	NA	NA
1	e	NA	603	1452	2356	NA	NA	NA
1	e	NA	453	1800	2503	NA	NA	NA
1	e	NA	322	1520	2431	NA	NA	NA
1	e	NA	324	1945	2688	NA	NA	NA
1	o	NA	550	2258	3249	NA	NA	NA
1	o	NA	345	1331	2664	NA	NA	NA
1	e	NA	463	1476	2184	NA	NA	NA
1	e	NA	557	1568	2378	NA	NA	NA
1	e	NA	471	1757	2423	NA	NA	NA
1	e	NA	511	1699	2710	NA	NA	NA
1	e	NA	426	1382	2449	NA	NA	NA
1	e	NA	370	1451	2336	NA	NA	NA
1	e	NA	494	1715	2154	NA	NA	NA
1	e	NA	484	1259	2372	NA	NA	NA
1	e	NA	492	1267	2471	NA	NA	NA
1	e	NA	449	1637	2380	NA	NA	NA
1	e	NA	454	1694	2348	NA	NA	NA
1	e	NA	393	1458	2423	NA	NA	NA

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
1	e	NA	540	1687	2131	NA	NA	NA
1	o	NA	436	1169	2168	NA	NA	NA
1	e	NA	410	1445	2399	NA	NA	NA
1	e	NA	568	744	2367	NA	NA	NA
1	e	NA	465	1830	2393	NA	NA	NA
1	o	NA	533	1184	2341	NA	NA	NA
1	e	NA	386	1614	2206	NA	NA	NA
1	e	NA	377	1823	2404	NA	NA	NA
1	o	NA	495	838	2451	NA	NA	NA
1	e	NA	546	1628	2125	NA	NA	NA
1	e	NA	321	1501	2274	NA	NA	NA
1	e	NA	403	1416	2375	NA	NA	NA
1	e	NA	302	1532	2357	NA	NA	NA
1	e	NA	409	1572	2258	NA	NA	NA
1	e	NA	503	1896	2270	NA	NA	NA
1	e	NA	617	1568	2353	NA	NA	NA
1	o	NA	548	1332	2123	NA	NA	NA
1	e	NA	516	1598	2376	NA	NA	NA
1	e	NA	445	1572	1806	NA	NA	NA
1	e	NA	510	1890	2313	NA	NA	NA
1	e	NA	545	1533	2127	NA	NA	NA
1	e	NA	567	1505	2265	NA	NA	NA
1	e	NA	560	1206	2442	NA	NA	NA
1	e	NA	523	1451	2351	NA	NA	NA
1	e	NA	517	1395	2164	NA	NA	NA
1	o	NA	456	693	2502	NA	NA	NA
1	e	NA	504	1682	2328	NA	NA	NA
1	e	NA	474	1417	2287	NA	NA	NA
1	e	NA	475	1165	2426	NA	NA	NA
1	e	NA	538	1712	2296	NA	NA	NA
1	e	NA	522	1597	2385	NA	NA	NA
2	e	NA	506	2074	2136	NA	NA	NA

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
2	e	NA	599	2272	2617	NA	NA	NA
2	e	NA	510	2136	2688	NA	NA	NA
2	e	NA	518	2036	2647	NA	NA	NA
2	e	NA	463	2036	2239	NA	NA	NA
2	e	NA	526	2132	2711	NA	NA	NA
2	e	NA	571	1899	2693	NA	NA	NA
2	e	NA	440	1946	2718	NA	NA	NA
2	e	NA	464	2354	2675	NA	NA	NA
2	e	NA	508	2316	2775	NA	NA	NA
2	e	NA	451	2053	2674	NA	NA	NA
2	e	NA	657	2087	2632	NA	NA	NA
2	e	NA	485	2073	2697	NA	NA	NA
2	e	NA	555	2062	2898	NA	NA	NA
2	e	NA	556	2296	2700	NA	NA	NA
2	e	NA	462	1746	2659	NA	NA	NA
2	e	NA	669	2117	2616	NA	NA	NA
2	e	NA	543	1983	3035	NA	NA	NA
2	o	NA	502	1250	2325	NA	NA	NA
2	e	NA	458	2094	2612	NA	NA	NA
2	e	NA	608	1772	2653	NA	NA	NA
2	e	NA	543	2226	2833	NA	NA	NA
2	e	NA	457	2054	2599	NA	NA	NA
2	o	NA	582	1244	2945	NA	NA	NA
2	e	NA	468	1856	2820	NA	NA	NA
2	e	NA	436	2282	2475	NA	NA	NA
2	e	NA	491	2239	2894	NA	NA	NA
2	o	NA	662	1211	2943	NA	NA	NA
2	e	NA	548	2031	2980	NA	NA	NA
2	e	NA	571	2152	2690	NA	NA	NA
2	o	NA	585	1497	2512	NA	NA	NA
2	e	NA	597	2183	2787	NA	NA	NA
2	e	NA	583	2163	2608	NA	NA	NA

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
2	e	NA	483	1992	2676	NA	NA	NA
2	o	NA	637	1569	2972	NA	NA	NA
2	e	NA	675	1985	2603	NA	NA	NA
2	e	NA	634	1998	2943	NA	NA	NA
2	e	NA	654	2158	2687	NA	NA	NA
2	e	NA	486	1971	2824	NA	NA	NA
2	e	NA	469	2190	2975	NA	NA	NA
2	e	NA	582	2127	2624	NA	NA	NA
3	o	NA	614	933	2513	NA	NA	NA
3	o	NA	685	824	2596	NA	NA	NA
3	o	NA	466	1295	2510	NA	NA	NA
3	o	NA	613	951	2305	NA	NA	NA
3	e	NA	645	1996	2689	NA	NA	NA
3	e	NA	573	1762	1916	NA	NA	NA
3	e	NA	664	2035	2119	NA	NA	NA
3	e	NA	514	1091	2441	NA	NA	NA
3	o	NA	496	984	2349	NA	NA	NA
3	o	NA	499	1167	2348	NA	NA	NA
3	e	NA	480	745	1972	NA	NA	NA
3	e	NA	449	1877	2205	NA	NA	NA
3	e	NA	505	1861	2752	NA	NA	NA
3	e	NA	529	1902	2720	NA	NA	NA
3	e	NA	501	1934	3017	NA	NA	NA
3	e	NA	637	1907	2747	NA	NA	NA
3	e	NA	606	1761	2547	NA	NA	NA
3	e	NA	594	1752	2685	NA	NA	NA
3	e	NA	504	1542	2662	NA	NA	NA
3	e	NA	703	1742	2418	NA	NA	NA
3	e	NA	677	1819	2859	NA	NA	NA
3	e	NA	553	1701	2921	NA	NA	NA
3	e	NA	435	2028	2750	NA	NA	NA
3	o	NA	572	1340	2560	NA	NA	NA

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
3	e	NA	591	1960	2718	NA	NA	NA
3	o	NA	511	1138	2550	NA	NA	NA
3	e	NA	506	1311	2758	NA	NA	NA
3	e	NA	584	1986	2701	NA	NA	NA
3	o	NA	575	1072	2542	NA	NA	NA
3	o	NA	538	1281	2500	NA	NA	NA
3	e	NA	653	2016	2696	NA	NA	NA
3	o	NA	564	909	2657	NA	NA	NA
3	o	NA	549	996	2410	NA	NA	NA
3	e	NA	594	1635	2131	NA	NA	NA
3	e	NA	701	2084	2634	NA	NA	NA
3	e	NA	479	1812	2752	NA	NA	NA
3	e	NA	625	1952	2151	NA	NA	NA
3	o	NA	687	1454	2867	NA	NA	NA
3	e	NA	657	1522	2824	NA	NA	NA
3	e	NA	662	1440	2337	NA	NA	NA
3	e	NA	557	1642	2630	NA	NA	NA
3	o	NA	686	1212	2556	NA	NA	NA
3	e	NA	687	1631	2742	NA	NA	NA
3	e	NA	654	1667	2696	NA	NA	NA
3	e	NA	499	1610	2737	NA	NA	NA
3	e	NA	632	1910	2915	NA	NA	NA
4	e	NA	420	1471	2393	NA	NA	NA
4	e	NA	514	1555	2365	NA	NA	NA
4	e	NA	492	1466	2397	NA	NA	NA
4	e	NA	514	1476	2497	NA	NA	NA
4	o	NA	532	1297	2572	NA	NA	NA
4	e	NA	381	1332	2415	NA	NA	NA
4	o	NA	419	874	2611	NA	NA	NA
4	e	NA	395	1956	2318	NA	NA	NA
4	e	NA	533	1735	2679	NA	NA	NA
4	e	NA	410	1390	2473	NA	NA	NA

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
4	e	NA	526	1589	2304	NA	NA	NA
4	e	NA	432	1731	2629	NA	NA	NA
4	e	NA	388	1684	2351	NA	NA	NA
4	e	NA	430	1736	2626	NA	NA	NA
4	o	NA	419	1104	2585	NA	NA	NA
4	e	NA	400	1682	2510	NA	NA	NA
4	o	NA	403	1109	2580	NA	NA	NA
4	e	NA	393	1681	2372	NA	NA	NA
4	o	NA	484	1150	2359	NA	NA	NA
4	o	NA	537	1061	2360	NA	NA	NA
4	o	NA	410	659	2404	NA	NA	NA
4	e	NA	408	1890	2455	NA	NA	NA
4	e	NA	348	1776	2350	NA	NA	NA
4	o	NA	431	1957	2974	NA	NA	NA
4	e	NA	366	1511	2296	NA	NA	NA
4	e	NA	346	1877	2522	NA	NA	NA
4	e	NA	382	1936	2355	NA	NA	NA
4	o	NA	461	1045	2366	NA	NA	NA
4	e	NA	378	1512	2439	NA	NA	NA
4	e	NA	511	1894	2393	NA	NA	NA
4	e	NA	415	1506	2354	NA	NA	NA
4	e	NA	302	1993	2321	NA	NA	NA
4	e	NA	393	1626	2511	NA	NA	NA
4	e	NA	478	1567	2334	NA	NA	NA
4	o	NA	545	1370	2344	NA	NA	NA
4	e	NA	529	1595	2486	NA	NA	NA
4	o	NA	561	1371	2530	NA	NA	NA
4	e	NA	385	1598	2398	NA	NA	NA
4	e	NA	375	1806	2392	NA	NA	NA
4	e	NA	396	1580	2419	NA	NA	NA
4	o	NA	465	1241	2459	NA	NA	NA
4	e	NA	539	1524	2480	NA	NA	NA

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
4	e	NA	478	1721	2380	NA	NA	NA
4	e	NA	369	1378	2472	NA	NA	NA
4	o	NA	577	1079	2434	NA	NA	NA
4	o	NA	422	1349	2524	NA	NA	NA
4	e	NA	547	1487	2501	NA	NA	NA
4	e	NA	466	1715	2374	NA	NA	NA
4	e	NA	570	1521	2475	NA	NA	NA
4	o	NA	540	1009	2335	NA	NA	NA
4	e	NA	556	1438	2515	NA	NA	NA
4	o	NA	500	1068	2476	NA	NA	NA
4	e	NA	370	1717	2404	NA	NA	NA
4	e	NA	366	1779	2469	NA	NA	NA
4	e	NA	368	1570	2410	NA	NA	NA
4	e	NA	512	1638	2468	NA	NA	NA
4	e	NA	472	1778	2432	NA	NA	NA
4	e	NA	465	1857	2475	NA	NA	NA
5	e	NA	415	1508	2384	NA	NA	NA
5	e	NA	473	1766	2710	NA	NA	NA
5	e	NA	435	1700	2746	NA	NA	NA
5	e	NA	478	1581	2656	NA	NA	NA
5	e	NA	472	1548	2694	NA	NA	NA
5	e	NA	403	2027	2605	NA	NA	NA
5	e	NA	367	1010	2014	NA	NA	NA
5	e	NA	454	1370	2495	NA	NA	NA
5	e	NA	518	1836	2616	NA	NA	NA
5	e	NA	482	1804	2650	NA	NA	NA
5	e	NA	536	1732	2496	NA	NA	NA
5	e	NA	453	1876	2684	NA	NA	NA
5	e	NA	471	1740	2661	NA	NA	NA
5	o	NA	356	873	2348	NA	NA	NA
5	o	NA	428	1411	2321	NA	NA	NA
5	o	NA	454	1216	1988	NA	NA	NA

speaker_id	vowel_id	context	F1	F2	F3	F1_glide	F2_glide	F3_glide
5	o	NA	476	1115	2000	NA	NA	NA
5	o	NA	431	1477	2482	NA	NA	NA
5	o	NA	432	1151	2343	NA	NA	NA
5	o	NA	471	1079	2071	NA	NA	NA
5	o	NA	455	1160	2239	NA	NA	NA
5	e	NA	402	1921	2703	NA	NA	NA
5	e	NA	377	1937	2763	NA	NA	NA
5	o	NA	499	1206	2214	NA	NA	NA
5	e	NA	380	1841	2468	NA	NA	NA
5	o	NA	343	1413	2252	NA	NA	NA
5	e	NA	406	1929	2580	NA	NA	NA
5	o	NA	506	1103	2029	NA	NA	NA
5	e	NA	516	1572	2246	NA	NA	NA
5	e	NA	488	1626	2440	NA	NA	NA
5	e	NA	446	1784	2813	NA	NA	NA
5	o	NA	440	1510	2566	NA	NA	NA
5	e	NA	463	1768	2731	NA	NA	NA
5	e	NA	457	2019	2785	NA	NA	NA
5	e	NA	430	1484	2371	NA	NA	NA
5	e	NA	416	2096	2719	NA	NA	NA
5	o	NA	477	1195	2417	NA	NA	NA
5	e	NA	498	1489	2466	NA	NA	NA
5	e	NA	470	1685	2492	NA	NA	NA
5	e	NA	459	1726	2413	NA	NA	NA
5	e	NA	430	1744	2364	NA	NA	NA
5	e	NA	480	2033	2548	NA	NA	NA
5	e	NA	427	1503	2411	NA	NA	NA
5	e	NA	402	1841	2489	NA	NA	NA
5	e	NA	408	1875	2605	NA	NA	NA
5	e	NA	362	1975	2350	NA	NA	NA
5	e	NA	460	1514	2682	NA	NA	NA
5	o	NA	403	1177	2489	NA	NA	NA

A.2 Dados normalizados

Estes são os dados normalizados das vogais médias pretônicas /e/ e /o/ pelo método de Lobanov, realizado pelo pacote *vowels* do R. Os formantes não estão em Hertz.

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
1	o	NA	1.057	-1.611	NA	NA
1	e	NA	0.166	-0.207	NA	NA
1	e	NA	0.389	-0.738	NA	NA
1	e	NA	0.834	0.538	NA	NA
1	e	NA	1.45	-0.342	NA	NA
1	e	NA	0.363	-0.1	NA	NA
1	e	NA	-1.444	0.467	NA	NA
1	e	NA	1.646	-0.157	NA	NA
1	e	NA	-0.318	1.083	NA	NA
1	e	NA	-2.033	0.085	NA	NA
1	e	NA	-2.007	1.6	NA	NA
1	o	NA	0.952	2.715	NA	NA
1	o	NA	-1.732	-0.588	NA	NA
1	e	NA	-0.187	-0.071	NA	NA
1	e	NA	1.044	0.257	NA	NA
1	e	NA	-0.082	0.93	NA	NA
1	e	NA	0.441	0.723	NA	NA
1	e	NA	-0.672	-0.406	NA	NA
1	e	NA	-1.405	-0.16	NA	NA
1	e	NA	0.219	0.78	NA	NA
1	e	NA	0.088	-0.845	NA	NA
1	e	NA	0.193	-0.816	NA	NA
1	e	NA	-0.37	0.502	NA	NA
1	e	NA	-0.305	0.706	NA	NA
1	e	NA	-1.104	-0.135	NA	NA
1	e	NA	0.821	0.681	NA	NA
1	o	NA	-0.541	-1.165	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
1	e	NA	-0.881	-0.182	NA	NA
1	e	NA	1.188	-2.68	NA	NA
1	e	NA	-0.161	1.19	NA	NA
1	o	NA	0.73	-1.112	NA	NA
1	e	NA	-1.195	0.42	NA	NA
1	e	NA	-1.313	1.165	NA	NA
1	o	NA	0.232	-2.345	NA	NA
1	e	NA	0.9	0.47	NA	NA
1	e	NA	-2.047	0.018	NA	NA
1	e	NA	-0.973	-0.285	NA	NA
1	e	NA	-2.295	0.128	NA	NA
1	e	NA	-0.894	0.271	NA	NA
1	e	NA	0.337	1.425	NA	NA
1	e	NA	1.83	0.257	NA	NA
1	o	NA	0.926	-0.584	NA	NA
1	e	NA	0.507	0.363	NA	NA
1	e	NA	-0.423	0.271	NA	NA
1	e	NA	0.428	1.404	NA	NA
1	e	NA	0.887	0.132	NA	NA
1	e	NA	1.175	0.032	NA	NA
1	e	NA	1.083	-1.034	NA	NA
1	e	NA	0.599	-0.16	NA	NA
1	e	NA	0.52	-0.36	NA	NA
1	o	NA	-0.279	-2.862	NA	NA
1	e	NA	0.35	0.663	NA	NA
1	e	NA	-0.043	-0.282	NA	NA
1	e	NA	-0.03	-1.18	NA	NA
1	e	NA	0.795	0.77	NA	NA
1	e	NA	0.586	0.36	NA	NA
2	e	NA	-0.499	0.276	NA	NA
2	e	NA	0.815	0.984	NA	NA
2	e	NA	-0.442	0.498	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
2	e	NA	-0.329	0.141	NA	NA
2	e	NA	-1.106	0.141	NA	NA
2	e	NA	-0.216	0.484	NA	NA
2	e	NA	0.419	-0.349	NA	NA
2	e	NA	-1.431	-0.181	NA	NA
2	e	NA	-1.092	1.277	NA	NA
2	e	NA	-0.471	1.141	NA	NA
2	e	NA	-1.276	0.201	NA	NA
2	e	NA	1.634	0.323	NA	NA
2	e	NA	-0.795	0.273	NA	NA
2	e	NA	0.193	0.234	NA	NA
2	e	NA	0.207	1.07	NA	NA
2	e	NA	-1.12	-0.896	NA	NA
2	e	NA	1.803	0.43	NA	NA
2	e	NA	0.024	-0.049	NA	NA
2	o	NA	-0.555	-2.668	NA	NA
2	e	NA	-1.177	0.348	NA	NA
2	e	NA	0.942	-0.803	NA	NA
2	e	NA	0.024	0.82	NA	NA
2	e	NA	-1.191	0.205	NA	NA
2	o	NA	0.575	-2.69	NA	NA
2	e	NA	-1.036	-0.503	NA	NA
2	e	NA	-1.488	1.02	NA	NA
2	e	NA	-0.711	0.866	NA	NA
2	o	NA	1.705	-2.808	NA	NA
2	e	NA	0.094	0.123	NA	NA
2	e	NA	0.419	0.555	NA	NA
2	o	NA	0.617	-1.785	NA	NA
2	e	NA	0.786	0.666	NA	NA
2	e	NA	0.589	0.595	NA	NA
2	e	NA	-0.824	-0.017	NA	NA
2	o	NA	1.351	-1.528	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
2	e	NA	1.888	-0.042	NA	NA
2	e	NA	1.309	0.005	NA	NA
2	e	NA	1.592	0.577	NA	NA
2	e	NA	-0.781	-0.092	NA	NA
2	e	NA	-1.021	0.691	NA	NA
2	e	NA	0.575	0.466	NA	NA
3	o	NA	0.442	-1.582	NA	NA
3	o	NA	1.378	-1.862	NA	NA
3	o	NA	-1.512	-0.65	NA	NA
3	o	NA	0.428	-1.535	NA	NA
3	e	NA	0.851	1.154	NA	NA
3	e	NA	-0.1	0.552	NA	NA
3	e	NA	1.101	1.254	NA	NA
3	e	NA	-0.878	-1.175	NA	NA
3	o	NA	-1.116	-1.45	NA	NA
3	o	NA	-1.076	-0.979	NA	NA
3	e	NA	-1.327	-2.065	NA	NA
3	e	NA	-1.736	0.848	NA	NA
3	e	NA	-0.997	0.807	NA	NA
3	e	NA	-0.68	0.912	NA	NA
3	e	NA	-1.05	0.994	NA	NA
3	e	NA	0.745	0.925	NA	NA
3	e	NA	0.336	0.549	NA	NA
3	e	NA	0.178	0.526	NA	NA
3	e	NA	-1.01	-0.014	NA	NA
3	e	NA	1.616	0.5	NA	NA
3	e	NA	1.273	0.698	NA	NA
3	e	NA	-0.363	0.395	NA	NA
3	e	NA	-1.921	1.236	NA	NA
3	o	NA	-0.113	-0.534	NA	NA
3	e	NA	0.138	1.061	NA	NA
3	o	NA	-0.918	-1.054	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
3	e	NA	-0.984	-0.609	NA	NA
3	e	NA	0.046	1.128	NA	NA
3	o	NA	-0.073	-1.224	NA	NA
3	o	NA	-0.561	-0.686	NA	NA
3	e	NA	0.956	1.205	NA	NA
3	o	NA	-0.218	-1.643	NA	NA
3	o	NA	-0.416	-1.419	NA	NA
3	e	NA	0.178	0.225	NA	NA
3	e	NA	1.59	1.38	NA	NA
3	e	NA	-1.34	0.68	NA	NA
3	e	NA	0.587	1.041	NA	NA
3	o	NA	1.405	-0.241	NA	NA
3	e	NA	1.009	-0.066	NA	NA
3	e	NA	1.075	-0.277	NA	NA
3	e	NA	-0.311	0.243	NA	NA
3	o	NA	1.392	-0.864	NA	NA
3	e	NA	1.405	0.215	NA	NA
3	e	NA	0.969	0.307	NA	NA
3	e	NA	-1.076	0.161	NA	NA
3	e	NA	0.679	0.933	NA	NA
4	e	NA	-0.412	-0.158	NA	NA
4	e	NA	0.938	0.127	NA	NA
4	e	NA	0.622	-0.175	NA	NA
4	e	NA	0.938	-0.141	NA	NA
4	o	NA	1.196	-0.749	NA	NA
4	e	NA	-0.972	-0.63	NA	NA
4	o	NA	-0.426	-2.186	NA	NA
4	e	NA	-0.771	1.489	NA	NA
4	e	NA	1.211	0.739	NA	NA
4	e	NA	-0.556	-0.433	NA	NA
4	e	NA	1.11	0.243	NA	NA
4	e	NA	-0.24	0.725	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
4	e	NA	-0.871	0.565	NA	NA
4	e	NA	-0.268	0.742	NA	NA
4	o	NA	-0.426	-1.405	NA	NA
4	e	NA	-0.699	0.559	NA	NA
4	o	NA	-0.656	-1.388	NA	NA
4	e	NA	-0.8	0.555	NA	NA
4	o	NA	0.507	-1.248	NA	NA
4	o	NA	1.268	-1.551	NA	NA
4	o	NA	-0.556	-2.916	NA	NA
4	e	NA	-0.584	1.265	NA	NA
4	e	NA	-1.446	0.878	NA	NA
4	o	NA	-0.254	1.493	NA	NA
4	e	NA	-1.187	-0.022	NA	NA
4	e	NA	-1.474	1.221	NA	NA
4	e	NA	-0.958	1.421	NA	NA
4	o	NA	0.177	-1.605	NA	NA
4	e	NA	-1.015	-0.019	NA	NA
4	e	NA	0.895	1.279	NA	NA
4	e	NA	-0.484	-0.039	NA	NA
4	e	NA	-2.106	1.615	NA	NA
4	e	NA	-0.8	0.368	NA	NA
4	e	NA	0.421	0.168	NA	NA
4	o	NA	1.383	-0.501	NA	NA
4	e	NA	1.153	0.263	NA	NA
4	o	NA	1.613	-0.498	NA	NA
4	e	NA	-0.914	0.273	NA	NA
4	e	NA	-1.058	0.98	NA	NA
4	e	NA	-0.757	0.212	NA	NA
4	o	NA	0.234	-0.939	NA	NA
4	e	NA	1.297	0.022	NA	NA
4	e	NA	0.421	0.691	NA	NA
4	e	NA	-1.144	-0.474	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
4	o	NA	1.842	-1.489	NA	NA
4	o	NA	-0.383	-0.572	NA	NA
4	e	NA	1.412	-0.104	NA	NA
4	e	NA	0.249	0.671	NA	NA
4	e	NA	1.742	0.012	NA	NA
4	o	NA	1.311	-1.727	NA	NA
4	e	NA	1.541	-0.27	NA	NA
4	o	NA	0.737	-1.527	NA	NA
4	e	NA	-1.13	0.677	NA	NA
4	e	NA	-1.187	0.888	NA	NA
4	e	NA	-1.159	0.178	NA	NA
4	e	NA	0.909	0.409	NA	NA
4	e	NA	0.335	0.885	NA	NA
4	e	NA	0.234	1.153	NA	NA
5	e	NA	-0.575	-0.236	NA	NA
5	e	NA	0.382	0.596	NA	NA
5	e	NA	-0.245	0.383	NA	NA
5	e	NA	0.465	-0.001	NA	NA
5	e	NA	0.366	-0.107	NA	NA
5	e	NA	-0.773	1.438	NA	NA
5	e	NA	-1.367	-1.842	NA	NA
5	e	NA	0.069	-0.681	NA	NA
5	e	NA	1.125	0.822	NA	NA
5	e	NA	0.531	0.719	NA	NA
5	e	NA	1.422	0.486	NA	NA
5	e	NA	0.052	0.951	NA	NA
5	e	NA	0.349	0.512	NA	NA
5	o	NA	-1.549	-2.284	NA	NA
5	o	NA	-0.36	-0.549	NA	NA
5	o	NA	0.069	-1.178	NA	NA
5	o	NA	0.432	-1.503	NA	NA
5	o	NA	-0.311	-0.336	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
5	o	NA	-0.294	-1.387	NA	NA
5	o	NA	0.349	-1.619	NA	NA
5	o	NA	0.085	-1.358	NA	NA
5	e	NA	-0.79	1.096	NA	NA
5	e	NA	-1.202	1.148	NA	NA
5	o	NA	0.812	-1.21	NA	NA
5	e	NA	-1.153	0.838	NA	NA
5	o	NA	-1.764	-0.542	NA	NA
5	e	NA	-0.724	1.122	NA	NA
5	o	NA	0.927	-1.542	NA	NA
5	e	NA	1.092	-0.03	NA	NA
5	e	NA	0.63	0.145	NA	NA
5	e	NA	-0.063	0.654	NA	NA
5	o	NA	-0.162	-0.229	NA	NA
5	e	NA	0.217	0.603	NA	NA
5	e	NA	0.118	1.412	NA	NA
5	e	NA	-0.327	-0.313	NA	NA
5	e	NA	-0.559	1.66	NA	NA
5	o	NA	0.448	-1.245	NA	NA
5	e	NA	0.795	-0.297	NA	NA
5	e	NA	0.333	0.335	NA	NA
5	e	NA	0.151	0.467	NA	NA
5	e	NA	-0.327	0.525	NA	NA
5	e	NA	0.498	1.457	NA	NA
5	e	NA	-0.377	-0.252	NA	NA
5	e	NA	-0.79	0.838	NA	NA
5	e	NA	-0.691	0.948	NA	NA
5	e	NA	-1.45	1.27	NA	NA
5	e	NA	0.168	-0.217	NA	NA
5	o	NA	-0.773	-1.303	NA	NA

A.3 Dados re-dimensionados

Estes são os dados que, previamente normalizados pelo método de Lobanov, agora encontram-se dimensionados a fim de parecerem mais familiares a valores em Hertz tradicionais, realizado pelo pacote *vowels* do R.

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
1	o	NA	488.237	1174.454	NA	NA
1	e	NA	424.911	1523.522	NA	NA
1	e	NA	440.76	1391.502	NA	NA
1	e	NA	472.388	1708.746	NA	NA
1	e	NA	516.169	1489.957	NA	NA
1	e	NA	438.913	1550.124	NA	NA
1	e	NA	310.483	1691.094	NA	NA
1	e	NA	530.1	1535.953	NA	NA
1	e	NA	390.512	1844.246	NA	NA
1	e	NA	268.621	1596.12	NA	NA
1	e	NA	270.469	1972.785	NA	NA
1	o	NA	480.775	2250	NA	NA
1	o	NA	290.014	1428.796	NA	NA
1	e	NA	399.822	1557.334	NA	NA
1	e	NA	487.313	1638.883	NA	NA
1	e	NA	407.285	1806.207	NA	NA
1	e	NA	444.456	1754.742	NA	NA
1	e	NA	365.352	1474.045	NA	NA
1	e	NA	313.255	1535.207	NA	NA
1	e	NA	428.678	1768.913	NA	NA
1	e	NA	419.367	1364.9	NA	NA
1	e	NA	426.83	1372.11	NA	NA
1	e	NA	386.816	1699.796	NA	NA
1	e	NA	391.436	1750.515	NA	NA
1	e	NA	334.648	1541.422	NA	NA
1	e	NA	471.464	1744.299	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
1	o	NA	374.662	1285.34	NA	NA
1	e	NA	350.498	1529.737	NA	NA
1	e	NA	497.548	908.675	NA	NA
1	e	NA	401.67	1870.849	NA	NA
1	o	NA	464.996	1298.517	NA	NA
1	e	NA	328.181	1679.409	NA	NA
1	e	NA	319.794	1864.633	NA	NA
1	o	NA	429.602	991.964	NA	NA
1	e	NA	477.079	1691.84	NA	NA
1	e	NA	267.626	1579.462	NA	NA
1	e	NA	343.959	1504.129	NA	NA
1	e	NA	250	1606.811	NA	NA
1	e	NA	349.574	1642.364	NA	NA
1	e	NA	437.065	1929.275	NA	NA
1	e	NA	543.177	1638.883	NA	NA
1	o	NA	478.927	1429.79	NA	NA
1	e	NA	449.147	1665.237	NA	NA
1	e	NA	383.049	1642.364	NA	NA
1	e	NA	443.532	1924.054	NA	NA
1	e	NA	476.155	1607.805	NA	NA
1	e	NA	496.624	1582.943	NA	NA
1	e	NA	490.085	1317.91	NA	NA
1	e	NA	455.686	1535.207	NA	NA
1	e	NA	450.071	1485.482	NA	NA
1	o	NA	393.284	863.426	NA	NA
1	e	NA	437.989	1739.824	NA	NA
1	e	NA	410.057	1504.875	NA	NA
1	e	NA	410.981	1281.611	NA	NA
1	e	NA	469.616	1766.427	NA	NA
1	e	NA	454.762	1664.491	NA	NA
2	e	NA	377.647	1643.607	NA	NA
2	e	NA	471.038	1819.632	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
2	e	NA	381.699	1698.801	NA	NA
2	e	NA	389.73	1610.043	NA	NA
2	e	NA	334.506	1610.043	NA	NA
2	e	NA	397.761	1695.321	NA	NA
2	e	NA	442.893	1488.217	NA	NA
2	e	NA	311.407	1529.986	NA	NA
2	e	NA	335.501	1892.479	NA	NA
2	e	NA	379.638	1858.666	NA	NA
2	e	NA	322.424	1624.96	NA	NA
2	e	NA	529.247	1655.292	NA	NA
2	e	NA	356.61	1642.861	NA	NA
2	e	NA	426.83	1633.165	NA	NA
2	e	NA	427.825	1841.014	NA	NA
2	e	NA	333.511	1352.22	NA	NA
2	e	NA	541.258	1681.895	NA	NA
2	e	NA	414.819	1562.804	NA	NA
2	o	NA	373.667	911.659	NA	NA
2	e	NA	329.46	1661.508	NA	NA
2	e	NA	480.064	1375.342	NA	NA
2	e	NA	414.819	1778.858	NA	NA
2	e	NA	328.465	1625.955	NA	NA
2	o	NA	453.98	906.189	NA	NA
2	e	NA	339.481	1449.929	NA	NA
2	e	NA	307.356	1828.583	NA	NA
2	e	NA	362.58	1790.295	NA	NA
2	o	NA	534.293	876.851	NA	NA
2	e	NA	419.794	1605.567	NA	NA
2	e	NA	442.893	1712.973	NA	NA
2	o	NA	456.965	1131.193	NA	NA
2	e	NA	468.977	1740.57	NA	NA
2	e	NA	454.975	1722.918	NA	NA
2	e	NA	354.549	1570.76	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
2	o	NA	509.133	1195.09	NA	NA
2	e	NA	547.299	1564.544	NA	NA
2	e	NA	506.148	1576.23	NA	NA
2	e	NA	526.262	1718.443	NA	NA
2	e	NA	357.605	1552.113	NA	NA
2	e	NA	340.547	1746.786	NA	NA
2	e	NA	453.98	1690.845	NA	NA
3	o	NA	444.527	1181.664	NA	NA
3	o	NA	511.052	1112.049	NA	NA
3	o	NA	305.65	1413.381	NA	NA
3	o	NA	443.532	1193.349	NA	NA
3	e	NA	473.596	1861.898	NA	NA
3	e	NA	406.006	1712.227	NA	NA
3	e	NA	491.365	1886.761	NA	NA
3	e	NA	350.711	1282.854	NA	NA
3	o	NA	333.795	1214.482	NA	NA
3	o	NA	336.638	1331.584	NA	NA
3	e	NA	318.799	1061.579	NA	NA
3	e	NA	289.73	1785.82	NA	NA
3	e	NA	342.253	1775.626	NA	NA
3	e	NA	364.783	1801.731	NA	NA
3	e	NA	338.486	1822.119	NA	NA
3	e	NA	466.063	1804.964	NA	NA
3	e	NA	436.994	1711.481	NA	NA
3	e	NA	425.764	1705.763	NA	NA
3	e	NA	341.329	1571.506	NA	NA
3	e	NA	527.967	1699.299	NA	NA
3	e	NA	503.589	1748.526	NA	NA
3	e	NA	387.313	1673.193	NA	NA
3	e	NA	276.581	1882.286	NA	NA
3	o	NA	405.082	1442.222	NA	NA
3	e	NA	422.921	1838.776	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
3	o	NA	347.868	1312.937	NA	NA
3	e	NA	343.177	1423.575	NA	NA
3	e	NA	416.382	1855.434	NA	NA
3	o	NA	407.925	1270.671	NA	NA
3	o	NA	373.241	1404.431	NA	NA
3	e	NA	481.059	1874.578	NA	NA
3	o	NA	397.619	1166.498	NA	NA
3	o	NA	383.547	1222.19	NA	NA
3	e	NA	425.764	1630.927	NA	NA
3	e	NA	526.119	1918.087	NA	NA
3	e	NA	317.875	1744.051	NA	NA
3	e	NA	454.833	1833.804	NA	NA
3	o	NA	512.971	1515.068	NA	NA
3	e	NA	484.826	1558.578	NA	NA
3	e	NA	489.517	1506.118	NA	NA
3	e	NA	391.009	1635.402	NA	NA
3	o	NA	512.047	1360.176	NA	NA
3	e	NA	512.971	1628.441	NA	NA
3	e	NA	481.983	1651.314	NA	NA
3	e	NA	336.638	1615.015	NA	NA
3	e	NA	461.372	1806.953	NA	NA
4	e	NA	383.831	1535.704	NA	NA
4	e	NA	479.78	1606.562	NA	NA
4	e	NA	457.321	1531.478	NA	NA
4	e	NA	479.78	1539.931	NA	NA
4	o	NA	498.117	1388.768	NA	NA
4	e	NA	344.03	1418.354	NA	NA
4	o	NA	382.836	1031.495	NA	NA
4	e	NA	358.316	1945.187	NA	NA
4	e	NA	499.183	1758.72	NA	NA
4	e	NA	373.596	1467.333	NA	NA
4	e	NA	492.004	1635.402	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
4	e	NA	396.055	1755.239	NA	NA
4	e	NA	351.208	1715.459	NA	NA
4	e	NA	394.065	1759.465	NA	NA
4	o	NA	382.836	1225.67	NA	NA
4	e	NA	363.433	1713.967	NA	NA
4	o	NA	366.489	1229.897	NA	NA
4	e	NA	356.254	1712.973	NA	NA
4	o	NA	449.147	1264.704	NA	NA
4	o	NA	503.234	1189.371	NA	NA
4	o	NA	373.596	850	NA	NA
4	e	NA	371.606	1889.496	NA	NA
4	e	NA	310.341	1793.278	NA	NA
4	o	NA	395.06	1946.182	NA	NA
4	e	NA	328.749	1569.517	NA	NA
4	e	NA	308.351	1878.556	NA	NA
4	e	NA	345.025	1928.281	NA	NA
4	o	NA	425.693	1175.946	NA	NA
4	e	NA	340.974	1570.263	NA	NA
4	e	NA	476.724	1892.976	NA	NA
4	e	NA	378.714	1565.29	NA	NA
4	e	NA	263.433	1976.514	NA	NA
4	e	NA	356.254	1666.48	NA	NA
4	e	NA	443.035	1616.755	NA	NA
4	o	NA	511.407	1450.426	NA	NA
4	e	NA	495.06	1640.375	NA	NA
4	o	NA	527.754	1451.172	NA	NA
4	e	NA	348.152	1642.861	NA	NA
4	e	NA	337.918	1818.638	NA	NA
4	e	NA	359.311	1627.695	NA	NA
4	o	NA	429.744	1341.529	NA	NA
4	e	NA	505.295	1580.456	NA	NA
4	e	NA	443.035	1746.786	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
4	e	NA	331.805	1457.139	NA	NA
4	o	NA	544.03	1204.786	NA	NA
4	o	NA	385.892	1432.774	NA	NA
4	e	NA	513.468	1549.13	NA	NA
4	e	NA	430.81	1741.813	NA	NA
4	e	NA	536.923	1577.97	NA	NA
4	o	NA	506.29	1145.614	NA	NA
4	e	NA	522.637	1507.858	NA	NA
4	o	NA	465.494	1195.338	NA	NA
4	e	NA	332.8	1743.305	NA	NA
4	e	NA	328.749	1795.765	NA	NA
4	e	NA	330.739	1619.242	NA	NA
4	e	NA	477.719	1676.674	NA	NA
4	e	NA	436.923	1795.019	NA	NA
4	e	NA	429.744	1861.65	NA	NA
5	e	NA	372.246	1516.311	NA	NA
5	e	NA	440.263	1723.166	NA	NA
5	e	NA	395.7	1670.21	NA	NA
5	e	NA	446.162	1574.738	NA	NA
5	e	NA	439.126	1548.384	NA	NA
5	e	NA	358.173	1932.508	NA	NA
5	e	NA	315.956	1117.022	NA	NA
5	e	NA	418.017	1405.674	NA	NA
5	e	NA	493.07	1779.355	NA	NA
5	e	NA	450.853	1753.747	NA	NA
5	e	NA	514.179	1695.818	NA	NA
5	e	NA	416.809	1811.428	NA	NA
5	e	NA	437.918	1702.282	NA	NA
5	o	NA	303.021	1007.13	NA	NA
5	o	NA	387.527	1438.492	NA	NA
5	o	NA	418.017	1282.108	NA	NA
5	o	NA	443.817	1201.305	NA	NA

Speaker	Vowel	Context	F*1	F*2	F*1 gl	F*2 gl
5	o	NA	391.009	1491.449	NA	NA
5	o	NA	392.217	1230.146	NA	NA
5	o	NA	437.918	1172.465	NA	NA
5	o	NA	419.154	1237.356	NA	NA
5	e	NA	356.965	1847.478	NA	NA
5	e	NA	327.683	1860.407	NA	NA
5	o	NA	470.824	1274.152	NA	NA
5	e	NA	331.166	1783.333	NA	NA
5	o	NA	287.74	1440.233	NA	NA
5	e	NA	361.656	1853.942	NA	NA
5	o	NA	478.998	1191.609	NA	NA
5	e	NA	490.725	1567.528	NA	NA
5	e	NA	457.889	1611.037	NA	NA
5	e	NA	408.635	1737.587	NA	NA
5	o	NA	401.599	1518.052	NA	NA
5	e	NA	428.536	1724.907	NA	NA
5	e	NA	421.5	1926.043	NA	NA
5	e	NA	389.872	1497.167	NA	NA
5	e	NA	373.383	1987.702	NA	NA
5	o	NA	444.954	1265.45	NA	NA
5	e	NA	469.616	1501.145	NA	NA
5	e	NA	436.78	1658.276	NA	NA
5	e	NA	423.845	1691.094	NA	NA
5	e	NA	389.872	1705.514	NA	NA
5	e	NA	448.507	1937.231	NA	NA
5	e	NA	386.318	1512.334	NA	NA
5	e	NA	356.965	1783.333	NA	NA
5	e	NA	364.001	1810.682	NA	NA
5	e	NA	310.057	1890.739	NA	NA
5	e	NA	425.053	1521.035	NA	NA
5	o	NA	358.173	1251.03	NA	NA

B Roteiro da entrevista

Parte 1 (fala espontânea):

Objetivos: Contextualizar o dialeto do entrevistado. 6 perguntas.

- (1) Onde você nasceu?
- (2) Onde você passou a maior parte da infância?
- (3) Em quais lugares você morou ao longo da sua vida?
- (4) Sua família é de onde?
- (5) Você tem bastante contato com eles?
- (6) Há quanto tempo você está no estado de São Paulo?
- (7) Por qual razão você veio até São Paulo?

Parte 2 (leitura dos ditados):

(8) Você pode ler para mim em voz alta esses ditados e explicar o seu significado? Você pode ler baixinho primeiro e, se você não souber o significado, pode tentar adivinhar.

Objetivos: coleta de dados.

- (8.1) A corda sempre arrebenta do lado mais fraco.
- (8.2) Antes tarde do que nunca.
- (8.3) Cachorro que late não morde.
- (8.4) De pequenino é que se torce o pepino.
- (8.5) Quem não arrisca não petisca.
- (8.6) Quem parte e reparte e não fica com a melhor parte ou é tolo ou não sabe da arte.
- (8.7) Quem desdenha quer comprar.
- (8.8) Quem procura, acha.
- (8.9) Casa de ferreiro, espeto de pau.
- (8.10) mente vazia, oficina do diabo.
- (8.11) O seguro morreu de velho.
- (8.12) Não grite a sua felicidade, pois a inveja tem sono leve.
- (8.13) Mentira tem perna curta.
- (8.14) Não adianta chorar pelo leite derramado.
- (8.15) Nem tudo o que reluz é ouro.
- (8.16) Não se faz omelete sem quebrar os ovos.
- (8.17) Ladrão que rouba ladrão tem cem anos de perdão.
- (8.18) Não existe rosa sem espinho.

C Testes estatísticos

Esta é uma cópia salva (o *log* ou registro) do código no R da realização dos testes estatísticos empregados neste trabalho e, em seguida, os dois arquivos utilizados no código (`vogal_e.txt` e `vogal_o.txt`).

```
> vogal_e <- read.table(file.choose(), header = T)
Enter file name: /home/alexandre/vogal_e.txt
> modelo <- aov(F1 ~ GRUPO, data = vogal_e)
> r <- resid(modelo)
> shapiro.test(r)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data:  r
W = 0.97991, p-value = 0.007373
```

```
> kruskal.test(F1 ~ GRUPO, data = vogal_e)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

```
data:  F1 by GRUPO
Kruskal-Wallis chi-squared = 0.035371, df = 2, p-value = 0.9825
```

```
> vogal_o <- read.table(file.choose(), header = T)
Enter file name: /home/alexandre/vogal_o.txt
> modelo_o <- aov(F1 ~ GRUPO, data = vogal_o)
> r_o <- resid(modelo_o)
> shapiro.test(r_o)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data:  r_o
W = 0.9768, p-value = 0.3406
```

```
> summary(modelo_o)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
GRUPO	2	10702	5351	1.286	0.285
Residuals	54	224764	4162		

Arquivo: vogale.txt

F1 GRUPO

536.923 grupo_1
527.967 grupo_1
526.119 grupo_1
522.637 grupo_1
513.468 grupo_1
512.971 grupo_1
505.295 grupo_1
503.589 grupo_1
499.183 grupo_1
495.06 grupo_1
492.004 grupo_1
491.365 grupo_1
489.517 grupo_1
484.826 grupo_1
481.983 grupo_1
481.359 grupo_1
481.059 grupo_1
479.78 grupo_1
477.719 grupo_1
476.724 grupo_1
473.596 grupo_1
466.063 grupo_1
461.772 grupo_1
461.372 grupo_1
454.833 grupo_1

443.035 grupo_1
443.035 grupo_1
436.994 grupo_1
436.923 grupo_1
430.81 grupo_1
429.744 grupo_1
425.764 grupo_1
425.764 grupo_1
422.921 grupo_1
416.382 grupo_1
406.006 grupo_1
396.055 grupo_1
394.065 grupo_1
391.009 grupo_1
387.313 grupo_1
383.831 grupo_1
378.714 grupo_1
373.596 grupo_1
371.606 grupo_1
364.783 grupo_1
363.433 grupo_1
359.311 grupo_1
358.316 grupo_1
356.254 grupo_1
356.254 grupo_1
351.208 grupo_1
350.711 grupo_1
348.152 grupo_1
345.025 grupo_1
344.03 grupo_1
343.177 grupo_1
342.253 grupo_1
341.329 grupo_1
340.974 grupo_1

338.486 grupo_1
337.918 grupo_1
336.638 grupo_1
332.8 grupo_1
331.805 grupo_1
330.739 grupo_1
328.749 grupo_1
328.749 grupo_1
318.799 grupo_1
317.875 grupo_1
310.341 grupo_1
308.351 grupo_1
289.73 grupo_1
276.581 grupo_1
263.433 grupo_1
547.299 grupo_2
543.177 grupo_2
541.258 grupo_2
530.1 grupo_2
529.247 grupo_2
526.262 grupo_2
516.169 grupo_2
506.148 grupo_2
497.548 grupo_2
496.624 grupo_2
490.085 grupo_2
487.313 grupo_2
480.064 grupo_2
477.079 grupo_2
476.155 grupo_2
472.388 grupo_2
471.464 grupo_2
471.038 grupo_2
469.616 grupo_2

468.977 grupo_2
455.686 grupo_2
454.975 grupo_2
454.762 grupo_2
453.98 grupo_2
450.071 grupo_2
449.147 grupo_2
444.456 grupo_2
443.532 grupo_2
442.893 grupo_2
442.893 grupo_2
440.76 grupo_2
438.913 grupo_2
437.989 grupo_2
437.065 grupo_2
428.678 grupo_2
427.825 grupo_2
426.83 grupo_2
426.83 grupo_2
424.911 grupo_2
419.794 grupo_2
419.367 grupo_2
414.819 grupo_2
414.819 grupo_2
410.981 grupo_2
410.057 grupo_2
407.285 grupo_2
401.67 grupo_2
399.822 grupo_2
397.761 grupo_2
391.436 grupo_2
390.512 grupo_2
389.73 grupo_2
386.816 grupo_2

383.049 grupo_2
381.699 grupo_2
379.638 grupo_2
377.647 grupo_2
365.352 grupo_2
362.58 grupo_2
357.605 grupo_2
356.61 grupo_2
354.549 grupo_2
350.498 grupo_2
349.574 grupo_2
343.959 grupo_2
340.547 grupo_2
339.481 grupo_2
335.501 grupo_2
334.648 grupo_2
334.506 grupo_2
333.511 grupo_2
329.46 grupo_2
328.465 grupo_2
328.181 grupo_2
322.424 grupo_2
319.794 grupo_2
313.255 grupo_2
311.407 grupo_2
310.483 grupo_2
307.356 grupo_2
270.469 grupo_2
268.621 grupo_2
267.626 grupo_2
250 grupo_2
514.179 grupo_3
493.07 grupo_3
490.725 grupo_3

469.616 grupo_3
457.889 grupo_3
450.853 grupo_3
448.507 grupo_3
446.162 grupo_3
440.263 grupo_3
439.126 grupo_3
437.918 grupo_3
436.78 grupo_3
428.536 grupo_3
425.053 grupo_3
423.845 grupo_3
421.5 grupo_3
418.017 grupo_3
416.809 grupo_3
408.635 grupo_3
395.7 grupo_3
389.872 grupo_3
389.872 grupo_3
386.318 grupo_3
373.383 grupo_3
372.246 grupo_3
364.001 grupo_3
361.656 grupo_3
358.173 grupo_3
356.965 grupo_3
356.965 grupo_3
331.166 grupo_3
327.683 grupo_3
315.956 grupo_3
310.057 grupo_3

Arquivo: vogal_o.txt

F1 GRUPO

544.03 grupo_1
527.754 grupo_1
512.971 grupo_1
512.047 grupo_1
511.407 grupo_1
511.052 grupo_1
506.29 grupo_1
503.234 grupo_1
498.117 grupo_1
465.494 grupo_1
449.147 grupo_1
444.527 grupo_1
443.532 grupo_1
429.744 grupo_1
425.693 grupo_1
407.925 grupo_1
405.082 grupo_1
397.619 grupo_1
395.06 grupo_1
385.892 grupo_1
383.547 grupo_1
382.836 grupo_1
382.836 grupo_1
373.596 grupo_1
373.241 grupo_1
366.489 grupo_1
347.868 grupo_1
336.638 grupo_1
333.795 grupo_1
305.65 grupo_1
534.293 grupo_2
509.133 grupo_2
488.237 grupo_2

480.775 grupo_2
478.927 grupo_2
464.996 grupo_2
456.965 grupo_2
453.98 grupo_2
429.602 grupo_2
393.284 grupo_2
374.662 grupo_2
373.667 grupo_2
290.014 grupo_2
478.998 grupo_3
470.824 grupo_3
444.954 grupo_3
443.817 grupo_3
437.918 grupo_3
419.154 grupo_3
418.017 grupo_3
401.599 grupo_3
392.217 grupo_3
391.009 grupo_3
387.527 grupo_3
358.173 grupo_3
303.021 grupo_3
287.74 grupo_3