

MARIA FRANCISCA DE PAULA SOARES

**ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO DE
VOGAIS E FRICATIVAS: ANÁLISE
ACÚSTICA DA FALA DE SUJEITOS
PORTADORES DE DOENÇA DE
PARKINSON.**

**Tese apresentada ao Instituto de Estudos da
Linguagem da Universidade Estadual de
Campinas, como pré-requisito para obtenção
do Título de Doutor em Linguística.**

Orientador: Prof^a Dr^a. Eleonora C. Albano

UNICAMP - 2009

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IEL - Unicamp

So11e	<p>Soares, Maria Francisca de Paula.</p> <p>Estratégias de produção de vogais e fricativas: análise acústica da fala de sujeitos portadores de doença de Parkinson / Maria Francisca de Paula Soares. -- Campinas, SP : [s.n.], 2009.</p> <p>Orientador : Eleonora Cavalcante Albano.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Estudos da Linguagem.</p> <p>1. Disartria. 2. Distúrbio da fala. 3. Parkinson, Doença de. 4. Análise acústica. 5. Fonética. I. Albano, Eleonora Cavalcante. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Estudos da Linguagem. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">tjj/iel</p>
-------	--

Título em inglês: Strategies for the production of vowels and fricatives: acoustic analysis of speakers with Parkinson's disease.

Palavras-chaves em inglês (Keywords): Dysarthria, Parkinson's disease, Speech disorders, Acoustic, Phonetic.

Área de concentração: Linguística.

Titulação: Doutor em Linguística.

Banca examinadora: Profa. Dra. Eleonora Cavalcante Albano (orientadora), Profa. Dra. Profa. Dra. Lúcia Figueiredo Mourão, Profa. Dra. Edwiges Maria Mourato, Profa. Dra. Mara Suzana Behlau, Profa. Dr. Rui Rothe-Neves.

Data da defesa: 05/02/2009.

Programa de Pós-Graduação: Programa de Pós-Graduação em Linguística.

BANCA EXAMINADORA:

Eleonora Cavalcante Albano

Eleonora Albano

Lúcia Figueiredo Mourão

Lúcia Figueiredo Mourão

Edwiges Maria Morato

Edwiges Maria Morato

Mara Suzana Behlau

Mara Suzana Behlau

Rui Rothe – Neves

Rui Rothe - Neves

Adelaide Hercília Pescatori Silva

Ivone Panhoca

Didier Demolin

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por seu apoio incondicional ao longo de toda essa trajetória.

Ao meu pai, pelo exemplo de paixão profissional que mobiliza a minha vontade de fazer melhor.

Às minhas irmãs, Gianna e Gabriela, por seu amor e por saber que posso contar com seu apoio em qualquer situação.

À cada um dos participantes do grupo de portadores de doença de Parkinson, por sua enorme boa vontade em ajudar. Aos participantes do grupo controle por seu tempo e paciência.

Aos funcionários da Associação Paranaense dos Portadores de Parkinsonismo, por sua presteza. Ao Dr. Renato Puppi por sua gentileza para comigo e com os pacientes. Ao fgo. Celso por me ajudar a recrutar os voluntários. Em especial, à fga. Andrea Miranda por sua dedicação aos pacientes e seu compromisso em fazer uma fonoaudiologia melhor.

Aos meus amigos irmãos, Luciane e Célio, minha família em São Paulo, por saber que posso contar com eles nos bons e maus momentos.

Às minhas amigas, Maria Cláudia e Luciana, por seu carinho, apoio e hospitalidade.

À Eleonora, com quem aprendi mais do que apenas como fazer ciência mas lições de vida.

À todos meus colegas do LAFAPE — Laudino, Léo, Antonio, Larissa, Denise, Diego, Ana Paula, Larissa Berti e todos os outros que por lá passaram —, por seu companherismo, o que torna o LAFAPE um lugar especial.

À querida Adelaide, por seu incentivo.

Ao Prof. Didier que me acolheu na USP, por sua disponibilidade .

À Prof. Ivone Panhoca por sua contribuição no exame de qualificação desta tese.

Aos funcionários da secretaria de Pós Graduação, em especial á Rose e Cláudio, por fazerem o possível para simplificar as burocracias administrativas.

À todos aqueles que participaram, de alguma maneira, desta jornada tornando-a mais fácil de ser seguida.

À CAPES pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

RESUMO

Este trabalho investiga as adaptações motoras da fala e, por consequência, as estratégias linguísticas subjacentes, realizadas por sujeitos disártricos hipocinéticos, portadores de doença de Parkinson (doravante DP), no intuito de compensar alterações motoras impostas pela patologia. Para tal, realizamos a análise acústica as produções de vogais e de fricativas, de dois grupos (alvo e controle) falantes do português brasileiro (doravante PB). Participaram do grupo alvo seis sujeitos portadores de DP (três mulheres e três homens) e do grupo controle seis sujeitos sem patologia neurológica (três mulheres e três homens). O *corpus* foi composto por palavras que continham exemplares das sete vogais do PB (/i, e, E, a, O, o, u/) e de seis fricativas (/f, v, s, z, S, Z/), em posição intervocálica. Os dados foram coletados a partir da gravação em áudio de oito amostras de quatorze sentenças eliciadas por repetição contendo as palavras alvo. A análise acústica das vogais foi realizada pela extração de F1 e F2. Os dados foram avaliados através de medidas estáticas — configuração do espaço vocálico (Bark e z-score) e área do espaço vocálico — e dinâmicas — extensão de F1 e F2 em Bark, variabilidade e dispersão vocálica —. As fricativas foram analisadas por parâmetros acústicos relativos à realização do local de constricção — duração absoluta (ms) e normalizada (z-score) da fricativa, amplitude normalizada e transição de F2 — e vozeamento — duração absoluta e normalizada da

fricativa, duração absoluta e normalizada da vogal antecedente e amplitude normalizada—. Ainda, analisou-se qualitativamente o vozeamento, através da análise do espectrograma e do intervalo de desvozeamento. A análise das vogais mostra redução do espaço vocálico, demonstrando tendência a centralização das vogais, para o grupo de parkinsonianos. A extensão de F1 e F2 apresenta tendência, do grupo alvo, a maior redução no eixo de F2, relativo à movimentação em sentido ântero-posterior da língua. A grande variabilidade das vogais no grupo alvo sugere que as amostras gravitam em torno do alvo acústico-articulatório, de forma muito mais dispersa do que o grupo controle. As vogais posteriores são as que apresentam maiores índices de dispersão, demonstrando maior dificuldade em realização de movimentos com o dorso da língua. Com relação as fricativas, o parâmetro mais robusto para a discriminação do local de constrição foi a transição de F2. A inconsistência da realização do vozeamento é um achado importante, para ambos os grupos. A realização do vozeamento distingue os dois grupos, enquanto o grupo alvo tende ao vozeamento de fones não vozeados, o grupo controle tende ao desvozeamento. Os resultados mostram duas manifestações claras da disartria, em vogais e consoantes. A redução das vogais, apresentada pela centralização dos valores de F1 e F2 e o enfraquecimento das obstruintes fricativas, apresentado pela menor precisão em sua articulação. Em ambos os casos, um modelo dinâmico que contemple as variáveis grau e local de constrição tanto para vogais como para consoantes, tal como preconiza a fonologia gestual, possibilita a análise das estratégias de *undershoot*, utilizadas para a manutenção da inteligibilidade.

Palavras chave: Disartria, transtornos motores da fala, doença de Parkinson, análise acústica, fonética.

ABSTRACT

This dissertation investigates the speech motor adaptations and the resulting linguistic strategies used by Parkinson's disease (henceforth PD) subjects with hypokinetic dysarthria with the aim of compensating motor changes imposed by the pathology. That being so, we made an acoustic analysis of vowel and fricative production of two subject groups: the target group and the control group, both consisting of native Brazilian Portuguese (henceforth BP) speakers. The target group was composed of six PD subjects (three women and three men) and the control group was composed of six subjects (three women and three men) without neurological pathology. The corpus consisted of words containing all seven BP vowels (/i, e, E, a, O, o, u/) and seven fricatives (/f, v, s, z, S, Z/) in intervocalic position. Data were collected from audio recordings of fourteen sentences elicited by repetition containing the target words, each sentence repeated eight times per subject. The acoustic analysis of vowels consisted of first (F1) and second (F2) formant measurements. Vowel data were assessed by static measurements – vowel space configuration (Bark and z-score) and vowel space area – and dynamic measurements – F1 and F2 extension in Bark, vocalic variability and dispersion. Fricatives were analyzed by acoustic parameters related to constriction place – absolute (in milliseconds) and normalized (z-score) duration, normalized amplitude and F2 transition – and voicing – absolute and normalized fricative voicing, absolute and normalized duration of preceding

vowel and normalized voicing amplitude. We have also analyzed voicing qualitatively by spectrographic inspection and measurement of devoicing interval. Vowel analysis has shown a reduction in vowel space in the direction of vowel centralization by the parkinsonian group. Target group's F1 and F2 extension shows a greater reduction of F2, which characterizes front-back tongue movement. The large vocalic variability within the target group suggests the samples drift around the acoustic-articulatory target in a much more disperse way than in the control group. Back vowels are the ones that present higher dispersion indexes, which may point to a greater difficulty in the production of tongue dorsum movements. With respect to fricatives, F2 transition was the most robust parameter for constriction place discrimination. The inconsistency of voicing production is also an important finding for both groups: the target group tends to produce unvoiced segments with voicing and the control group tends to devoice the voiced segments. Besides, the results have shown two manifestations of dysarthria: vowel reduction, characterized by F1 and F2 centralization; and weakening of fricative obstruents, characterized by reduction of articulatory precision. In both cases, a dynamic model that posits constriction degree and constriction location as tract variables common to vowels and consonants, as proposed by gestural phonology, allows for an analysis of undershoot strategies used to preserve intelligibility.

Keywords: Dysarthria, Parkinson's disease, motor speech disorders, acoustic, phonetic

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1 - Distribuição do grau de severidade	40
Gráfico 2 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A4.....	56
Gráfico 3 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A6.....	56
Gráfico 4 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A1.....	56
Gráfico 5 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A3.....	57
Gráfico 6 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A5.....	57
Gráfico 7 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A7.....	57
Gráfico 8 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C2.....	59
Gráfico 9 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C4.....	59
Gráfico 10 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C6.....	60
Gráfico 11 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C1.....	60
Gráfico 12 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C3.....	60
Gráfico 13 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C5.....	61
Gráfico 14 - Mostra a média e desvio padrão da extensão de F1 e F2, respectivamente, para os grupos experimentais A e C.....	66
Gráfico 15 - .Mostra a média e desvio padrão da ext. de F1 e F2, respectivamente, para os grupos experimentais, A e C, separados por sexo.....	67
Gráfico 16 - Área do espaço vocálico por grupo experimental.....	68

Gráfico 17 - Área espaço vocálico por sexo, grupo C e grupo A, respectivamente.....	69
Gráfico 18 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A4.....	71
Gráfico 19 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A6.....	71
Gráfico 20 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A10.....	71
Gráfico 21 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A3.....	72
Gráfico 22 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A5.....	72
Gráfico 23 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A7.....	72
Gráfico 24 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C2.....	73
Gráfico 25 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C4.....	73
Gráfico 26 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C6.....	74
Gráfico 27 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C1.....	74
Gráfico 28 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C3.....	74
Gráfico 29 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C5.....	75
Gráfico 30 - Distribuição de todas as vogais para A4.....	77
Gráfico 31 - Distribuição de todas as vogais para A6.....	77
Gráfico 32 - Distribuição de todas as vogais para A10.....	77
Gráfico 33 - Distribuição de todas as vogais para A3.....	77
Gráfico 34 - Distribuição de todas as vogais para A5	77
Gráfico 35 - Distribuição de todas as vogais para A7.....	77
Gráfico 36 - Distribuição de todas as vogais para C2	78
Gráfico 37 - Distribuição de todas as vogais para C3.....	78
Gráfico 38 - Distribuição de todas as vogais para C6	78
Gráfico 39 - Distribuição de todas as vogais para C1.....	78
Gráfico 40 - Distribuição de todas as vogais para C3	78
Gráfico 41 - Distribuição de todas as vogais para C5.....	78
Gráfico 42 - Média e desvio padrão da dispersão da vogais por grupo experimental.....	81
Gráfico 43 - Distribuição da dispersão das vogais para os grupos A e C, respectivamente..	81
Gráfico 44 -Valores da dispersão da vogal /i/ para os grupos A e C, respectivamente.....	82

Gráfico 45 -Valores da dispersão da vogal /e/ para os grupos A e C, respectivamente.....	82
Gráfico 46 - Valores da dispersão da vogal /E/ para os grupos A e C, respectivamente.....	83
Gráfico 47- Valores da dispersão da vogal de /a/ para os grupos A e C, respectivamente....	83
Gráfico 48 - Valores da dispersão da vogal de /O/ para os grupos A e C,respectivamente ..	83
Gráfico 49 - Valores da dispersão da vogal de /o/ para os grupos A e C, respectivamente..	84
Gráfico 50 - Valores da dispersão da vogal de /u/ para os grupos A e C, respectivamente..	84
Gráfico 51- Valores da duração absoluta pelas variáveis: local *palavra*grupos.....	91
Gráfico 52 - Valores da duração absoluta pelas variáveis: local*pal*vozeamento por grupos.....	93
Gráfico 53 -Valores da amplitude pelas variáveis:local*palavra*grupo.....	96
Gráfico 54 -Valores de F2, em Hz, para as variáveis: local*palavra*grupo.....	99
Gráfico 55-Valores da duração absoluta da fricativa para as variáveis: local * vozeamento * grupo.....	102
Gráfico 56 - Valores da duração absoluta da vogal precedente para as variáveis: local* pal* son*grupo.....	103
Gráfico 57 - Valores da amplitude normalizada parra as variáveis: local*pal*voz*grupo.....	105
Gráfico 58 - Valores de F0 nos dez últimos pulsos glóticos para o grupo A.....	110
Gráfico 59 - Valores de F0 nos dez pulsos glóticos para o grupo C.....	110
Gráfico 60 - Valores de F0 nos dez pulsos glóticos para o grupo J.....	110
Gráfico 61 - Distribuição da produção padrão e não-padrão	117
Gráfico 62 - Distribuição da produção categórica e ambígua	117
Gráfico 63 - Distribuição do vozeamento na produção categórica por grupo	118
Gráfico 64 - Distribuição do vozeamento na produção ambígua por grupo	118
Figura 1 - Mostra espectrograma da fricativa /s/ para sujeito controle.....	108
Figura 2 - Mostra espectrograma da produção de /s/ com intervalo de pré-aspiração para controle.....	108

Figura 3 - Mostra espectrograma de /Z/ com a presença de <i>breathy voice</i> para sujeito controle.....	113
Quadro 1 - Classificação das vogais do PB.....	11
Quadro 2 - Descrição dos sujeitos dos grupos alvo e controle.....	37
Quadro 3 - Palavras selecionadas para cada vogal alvo.....	42
Quadro 4 - Palavras selecionadas para consoante alvo.....	43
Quadro 5 - Lista de sentenças.....	44
Quadro 6- Valores extremos de F1 e F2 e a extensão de F1 e F2 para o grupo A, em Bark.....	63
Quadro 7- Valores extremos de F1 e F2 e a extensão de F1 e F2 para o grupo C, em Bark.....	64
Quadro 8 - Medidas das áreas dos espaços vocálicos em Bark ²	68
Quadro 9 - Resultados ANOVA para duração absoluta da fricativa.....	92
Quadro 10 - Resultados da ANOVA para duração em z-score.....	94
Quadro 11- Distribuição da frequência de ocorrência de produções padrão e não padrão para grupo alvo.....	115
Quadro 12- Distribuição da frequência de ocorrência de produções padrão e não padrão para grupo controle.....	115
Quadro 13- Distribuição da frequência de ocorrência de produções não padrão para grupo alvo.....	116
Quadro 14- Distribuição da frequência de ocorrência de produções não padrão para grupo controle.....	116

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 2 - DISCUSSÃO DA LITERATURA	09
2.1 - Vogais.....	09
2.1.1 - Características acústicas das vogais.....	11
2.1.1.1- Espaço vocálico.....	12
2.1.2 - Produção vocálica por sujeitos adultos sem transtornos neurológicos	15
2.1.3 - Produção vocálica por sujeitos geriátricos sem transtornos neurológicos	18
2.1.4 – Produção vocálica por sujeitos adultos e geriátricos portadores de disartria.....	19
2.2 - Fricativas.....	23
2.2.1- Características acústicas das fricativas.....	25
2.2.1.1 - Espectro do ruído fricativo.....	25
2.2.1.2 - Amplitude.....	26
2.2.1.3 - Duração	27

2.2.1.4 - Transição de F2.....	28
2.2.2 - Produção de fricativas por sujeitos adultos e geriátricos sem transtornos neurológicos.....	29
2.2.3 - Produção de fricativas por sujeitos adultos e geriátricos portadores de disartria.....	30
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODO.....	35
3.1 - Sujeitos.....	35
3.2 - <i>Corpus</i>	41
3.3 - Procedimentos da coleta de dados.....	45
3.3.1.- Gravação.....	45
3.3.2 -Tarefa experimental.....	45
3.3.3 - Material técnico.....	46
3.4 - Análise dos dados.....	47
3.4.1 - Segmentação dos dados acústicos.....	47
3.4.2 - Análise Acústica.....	47
3.4.2.1 - Vogais.....	47
3.4.2.2 - Fricativas.....	50
3.4.3 - Análise Estatística.....	52
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO: VOGAL.....	54
4.1 - Espaço vocálico.....	55
4.1.1 - Configuração do espaço vocálico em Bark.....	55
4.1.2 - Área do espaço vocálico em Bark.....	67
4.1.3. - Espaço vocálico em <i>z-score</i>	70
4.2 - Medidas de variabilidade das vogais.....	75
4.2.1- Variabilidade.....	73
4.2.2 - Dispersão.....	80

4.3 - Síntese.....	85
CAPÍTULO 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO: FRICATIVA.....	88
5.1. Local de Construção	89
5.1.1 - Duração da fricativa.....	90
5.1.1.1 - Duração absoluta.....	90
5.1.1.2 - Duração normalizada em Z-score.....	93
5.1.2 - Amplitude normalizada.. ..	95
5.1.3 - Transição de F2.....	97
5.2- Vozeamento.....	100
5.2.1 - Análise acústica.....	101
5.2.1.1 - Duração da fricativa.....	101
5.2.1.2 - Duração da vogal precedente.....	102
5.2.1.3 - Amplitude normalizada.....	104
5.2.2 - Avaliação qualitativa do espectrograma.....	105
5.2.3 - Avaliação qualitativa do intervalo desvozeado.....	114
5.3 - Variabilidade	120
6.0 - Síntese	121
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	131
ANEXOS.....	142

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson (doravante DP) é uma patologia neurológica degenerativa que acomete o sistema extrapiramidal. A primeira descrição da doença de Parkinson foi feita por James Parkinson, em 1817. Inicialmente foi chamada de paralisia agitante, caracterizada pela presença de tremor involuntário, perda de força muscular, tendência a inclinação do tronco e alteração de marcha (PARKINSON, 1817 *apud* PEARCE, 1992). Charcot contribuiu muito para a descrição do quadro clínico da patologia, refinando as observações de James Parkinson, propondo uma terapêutica para seu tratamento e, ainda, por sua sugestão o nome da paralisia agitante foi mudado para doença de Parkinson (CHARCOT, 1877 *apud* PEARCE, 1992). Atualmente, sabe-se que a DP é causada pela perda progressiva de células da substância negra do mesencéfalo. A degeneração dos neurônios da substância negra acarreta diminuição na produção de dopamina. Essa deficiência dopaminérgica leva à perda de ação do neurotransmissor nos gânglios da base, o que resulta no aparecimento dos principais sinais e sintomas da DP (MENEZES e TEIVE, 2003). A tétrede característica dos sintomas da DP engloba: (1) tremor de repouso, (2) rigidez muscular, (3) bradicinesia e (4) alterações do equilíbrio postural. O tremor deve-se à atividade alternada dos músculos agonistas e antagonistas, situa-se na faixa entre 4 a 6 Hz e pode ser de repouso ou postural. A bradicinesia, por sua

vez, consiste na lentidão e redução dos movimentos espontâneos, automáticos e voluntários. A rigidez é consequência da contração simultânea dos músculos antagonistas e agonistas e clinicamente se manifesta por um aumento na resistência à extensão passiva e flexão das articulações (OERTEL e QUINN, 1996). As alterações de equilíbrio postural são desencadeadas pela perda dos reflexos posturais (ANDRADE e FERRAZ, 1996). A combinação desses sintomas manifesta-se em alterações de marcha, fala, deglutição e caligrafia (DUFFY, 1995). Estima-se que essa patologia atinja 1% da população com idade superior a 55 anos. O início do quadro clínico ocorre, geralmente, após os 50 anos de idade, entretanto, é possível que indivíduos com idade inferior apresentem a doença (MENEZES e TEIVE, 2003).

A fala dos sujeitos portadores de DP sofre impacto direto pela presença da patologia. Já em sua primeira descrição da patologia James Parkinson refere-se às alterações de fala, mencionando a diminuição do volume da fala, indistinção articulatória e presença de interrupções da cadeia da fala¹(PARKINSON, 1817 *apud* PEARCE, 1992). Atualmente, estima-se que de 70 a 80% dos sujeitos portadores de DP apresentem distúrbios da comunicação (CANTER, 1965a; RAMIG *et al.*, 1996).

As alterações de fala, causadas por distúrbios do controle muscular do sistema fonatório, decorrentes de patologias que acometem o sistema nervoso central ou periférico, são chamadas de disartrias (NETSELL, 1984). A disartria apresentada por

¹ “ *The speech was very much interrupted*”. “*What words he still could utter were monosyllables, and these came out, after much struggle, in a violent expiration, and with such a low voice and indistinct articulation, as hardly to be understood but those who were constantly with him*”¹ (PARKINSON, 1817 *apud* PEARCE, 1992).

sujeitos portadores de DP é classificada como disartria hipocinética² (DUFFY 1995 ; KENT *et al.*, 1999).

Segundo Duffy (1995), a disartria hipocinética é um distúrbio de fala motor, associado a patologias que envolvem o controle do gânglio basal. Ela pode manifestar-se em todos os níveis do sistema fonatório — respiratório, laríngeo e articulatorio — gerando impacto na produção da fala em suas características vocais, articulatorias e prosódicas. Essas alterações na fala refletem, principalmente, os efeitos da rigidez e diminuição de força e amplitude de movimentos .

Perceptualmente a fala de sujeitos disártricos hipocinéticos é caracterizada por apresentar: (1) *monopitch*; (2) *monoloudness*; (3) diminuição de intensidade vocal; (4) redução do contraste acentual; (5) articulação imprecisa; (6) qualidade vocal alterada; (7) velocidade de fala variável; (8) repetição de fonemas e (9) presença de silêncios inapropriados (DARLEY, *et al.*, 1969).

As relações entre as características perceptuais e a dinâmica fisiológica dos sujeitos parkinsonianos foram objeto de muitas pesquisas (CANTER, 1965a; CANTER, 1965b; DARLEY, *et al.*, 1969; LONGEMAN e FISHER, 1981; KENT E ROSEMBEK, 1982; LUDLOW e BASSICH, 1984; WEISMER, 1984). Da mesma forma, o impacto dos sinais da doença — rigidez, tremor e bradicinesia — nos mecanismos de produção da fala foi discutido em diversos estudos acústicos e articulatorios (NETSELL, 1975, HIROSE *et al.*, 1981; FORREST *et al.*, 1989; GRACCO *et al.*, 1988)³. Poucas são as investigações, no entanto, que abordam especificamente as características acústicas da

² Assumiremos, neste trabalho, que todos os sujeitos parkinsonianos aqui analisados são portadores de disartria hipocinética. Desta forma, fica implícito que, ao mencionarmos a fala parkinsoniana, ou fala de sujeitos portadores de DP, estaremos referindo-nos à disartria hipocinética e vice-versa.

³ Para uma revisão sobre o assunto consultar: DUFFY, 1995 e SOARES, 2002

articulação da fala de sujeitos portadores de DP (WEISMER, 1984; KENT e ROSENBEK, 1982; ; WEISMER, *et al.* 2001; MCRAE *et al.*, 2002; FRASS, 2003; TJADEN, *et al.*, 2005, ROSEN *et al.*, 2006; SOARES, 2007). Neste sentido, visando explorar este tema com maior profundidade, este trabalho investiga a produção da fala de sujeitos disártricos hipocinéticos, analisando a articulação das vogais e consoantes por meio de avaliação acústica.

A precisão da articulação da fala tem relação direta com a inteligibilidade da fala (TJADEN e TURNER, 1997; FRASS, 2003) sendo que esta é condição fundamental para o estabelecimento da comunicação oral. A compreensão das estratégias de adaptação motora da produção da fala, em sujeitos disártricos, com objetivo de manter as condições comunicativas, é de extrema importância.

A imprecisão articulatória pode ser considerada como sendo reflexo do “*undershoot*” articulatório, ou seja, quando o articulador falha em atingir o alvo ou os articuladores não conseguem manter contato por tempo suficiente (LOGEMANN e FISHER, 1981). Lindblom (1963) descreve o *undershoot* de vogais átonas como um fenômeno presente nas línguas. Portanto, o *undershoot* é considerado um fato fonético-fonológico natural, para certos elementos fônicos em ambientes específicos, presente nos processos alofônicos, não sendo, necessariamente, ligado à fala patológica. Na fala disártrica o fenômeno de *undershoot* é generalizado para todos os elementos fônicos em qualquer posição da palavra e da sentença, constituindo-se, assim, um indicador de imprecisão articulatória.

Um estudo detalhado sobre as alterações articulatórias, apresentadas por disártricos hipocinéticos, foi realizado por Longeman e Fischer (1981). As autoras analisaram fonético-fonologicamente alterações articulatórias, elencadas a partir da avaliação de ouvintes, da fala de duzentos sujeitos portadores de DP. Do grupo avaliado, 89%

dos sujeitos parkinsonianos apresentaram algum sinal de disartria hipocinética e 45% apresentaram, especificamente, alterações articulatórias. A análise fonético-fonológica, centrou-se na produção das consoantes. Os resultados mostraram que as plosivas tendem a apresentar mais alterações do que as fricativas. As plosivas velares /k/ e /g/ foram as que apresentaram mais problemas em sua articulação. As distorções apresentadas pelas fricativas foram classificadas como: 56,7% de imprecisões⁴ na produção de /s/ e /z/; 38,7% em /S/ e /Z/⁵ e 18,9% em /f/ e /v/. As fricativas velares não foram identificadas como imprecisas em nenhum caso. A descrição das fricativas apontou redução de nitidez⁶, como se a constrição estivesse frouxa. Fonologicamente as alterações das alveolares e palatais foram tratadas, pela fonologia de traços, como [+ estridente] para [- estridente], enquanto as alterações das labiodentais foram formalizadas como: [+labiodental] para [+bilabial] e ainda, [+ fricativa] para [- fricativa]. As autoras reforçam que a natureza das imprecisões articulatórias nas fricativas é bastante consistente entre os sujeitos.

Na década seguinte, alguns trabalhos exploraram a produção vocálica dos sujeitos portadores de DP. Verificou-se que, de fato, o espaço vocálico dos parkinsonianos apresenta reduções, se comparado ao de sujeitos sem a patologia (WEISMER, *et al.*, 2001; MCRAE *et al.*, 2002; FRASS, 2003; TJADEN *et al.*, 2005, SOARES, 2007). Apesar da constatação da redução vocálica em vários estudos, a maioria deles não apresenta confirmação estatística. Grande parte desses trabalhos referem-se à língua inglesa (WEISMER, *et al.*, 2001; MCRAE *et al.*, 2002; TJADEN *et al.*, 2005), um deles ao espanhol (FRASS, 2003) e apenas um ao português brasileiro (doravante PB) (SOARES, 2007).

⁴ O termo em inglês é *misarticulation*. Como a tradução literal não faz sentido em português, optamos por usar o termo imprecisões articulatórias.

⁵ Ao longo deste trabalho iremos utilizar a transcrição fonética Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet (SAMPA), para consultar do quadro, vide www.phon.ucl.ac.uk/home/sampa/

⁶ O termo usado em inglês é *sharpness*.

A literatura envolvendo aspectos da produção da fala de sujeitos portadores de DP é vasta. A maioria das pesquisas explora aspectos pontuais da produção da fala sem, no entanto, considerar que estes aspectos fazem parte de um comportamento essencialmente linguístico, não apenas motor. As estratégias de produção da fala são permeadas por decisões linguísticas. O desempenho motor orofacial em tarefas não-fonatórias é distinto do desempenho orofacial em tarefas linguísticas (TASKO e MC. CLEAN, 2004). A tarefa de fala exerce grande influência no desempenho do falante, isto porque o linguístico está envolvido. Mesmo em estratégias consideradas automáticas, como o efeito Lombard⁷, há comprovações de que o aumento da intensidade não é simétrico ao longo da sentença; as palavras de conteúdo apresentam maior ênfase do que palavras funcionais (GARNIER, *et al.*, 2006). Essa estratégia garante a ênfase nos pontos principais da mensagem, um comportamento motor automático regulado por necessidades linguísticas. Acreditamos, portanto, que as estratégias de adaptação, seja por necessidade da situação comunicativa, seja, por necessidade motora decorrentes, por exemplo, da presença de uma patologia, tenham subjacentes decisões que procuram garantir a inteligibilidade. Subjaz à essa discussão o embasamento teórico formulado pela fonologia gestual (ALBANO, 2001). Esta teoria propõe como primitivo de análise o gesto articulatório (BROWMAN e GOLDSTEIN, 1986), uma unidade ao mesmo tempo dinâmica e simbólica, integrando o abstrato e o motor, o fonológico ao fonético. Desta forma, considera-se que qualquer ato motor da fala está necessariamente ligado a decisões fonológicas⁸ e, portanto, linguísticas.

Ao longo deste trabalho, vamos discutir estratégias motoras da produção de fala de sujeitos portadores de DP, partindo da perspectiva de que as adaptações

⁷ Efeito Lombard refere-se a mudanças na fala, decorrentes da presença de ruído ambiente, tais como: aumento de intensidade, F0 e duração da palavra, (GARNIER, DOHEN *et al.*, 2006).

⁸ Para uma leitura mais aprofundada sobre o assunto, vide: BROWMAN e GOLDSTEIN (1986, 1989, 1992), ALBANO (2001) e SILVA (2003).

apresentadas por esses sujeitos, em consequência das restrições provocadas pela patologia, estão ligadas à necessidade da manutenção da inteligibilidade entre os falantes.

Diante da necessidade de obter mais informações sobre as características articulatórias de sujeitos portadores de disartria hipocinética e, ainda, da inexistência de estudos relacionados ao PB, realizamos um estudo da produção de vogais e obstruintes fricativas em sujeitos portadores de DP, falantes de PB. Desta forma, os resultados desta pesquisa poderão trazer contribuições para: (1) o aprofundamento do conhecimento sobre o controle motor da fala; (2) o melhor entendimento dos mecanismos de adaptações motora e linguística e (3) o estabelecimento de diretrizes clínicas no atendimento fonoaudiológico.

Neste estudo, avaliaremos a produção vocálica das sete vogais do PB, através de medidas acústicas, estáticas e de variação. As medidas estáticas, tais como configuração do espaço vocálico e área do espaço vocálico, são amplamente utilizadas pela literatura. No entanto, medidas de variação, como variabilidade e dispersão vocálicas, não foram, ainda, aplicadas como metodologia na análise da fala disártrica.

A produção de plosivas, embora não tenha sido até o momento extensamente explorada, ainda conta com alguns estudos na área (KENT E ROSENBEK, 1982; WEISMER, 1984; WEISMER, *et al.* 2001; DUEZ, 2007). A produção de fricativas, por sua vez, é minimamente contemplada em pesquisas já realizadas (WEISMER, 1984). Por este motivo, optamos por estudar a produção desta classe de obstruintes em sujeitos portadores de DP. Para tanto, utilizamos alguns parâmetros acústicos os quais são importantes pistas na discriminação de duas propriedades que distinguem as fricativas, a saber: local de constrição e vozeamento.

O objetivo principal deste trabalho é investigar as estratégias de adaptação motora, relacionadas à produção da fala em sujeitos portadores de DP.

Para tal iremos:

- 1) avaliar a produção vocálica de sujeitos portadores de DP, falantes de PB, através de medidas acústicas, estáticas e de variação;
- 2) avaliar a produção das fricativas, através de parâmetros acústicos, relacionados aos locais de constrição e vozeamento.

Tendo como base estudos sobre a fisiopatologia da DP e outros achados da literatura, podemos elaborar algumas hipóteses com relação aos aspectos a serem avaliados:

- 1) os espaços vocálicos de sujeitos parkinsonianos apresentam alterações de configuração e redução de sua área, em consequência da restrição da extensão e amplitude dos movimentos articulatorios de lábios, língua e mandíbula;
- 2) maior variabilidade e dispersão na produção vocálica, decorrente da instabilidade motora provocada pela presença de tremor e bradicinesia, e, portanto, dificuldade em atingir o alvo;
- 3) menor dispersão vocálica, devido à rigidez motora;
- 4) dificuldade em realizar a distinção entre os locais de constrição das obstruintes, em consequência da rigidez e tremor em todo o sistema fonatório;
- 5) dificuldade na regulação do vozeamento, decorrente de alterações laríngeas e aerodinâmicas.

CAPÍTULO 2 - DISCUSSÃO DA LITERATURA

Este capítulo traz um resumo das características das vogais e obstruintes fricativas. Trataremos de: (1) definir cada classe de som, (2) explanar sobre suas características acústicas mais relevantes e (3) discutir estudos referentes a aspectos segmentais da fala de sujeitos disártricos.

2.1 - Vogais

Os segmentos vocálicos caracterizam-se articulatoriamente, por apresentarem passagem relativamente livre do ar pelo trato vocal e pela presença de vozeamento espontâneo. Acusticamente, são caracterizados por terem estrutura formântica definida. Para a fonética descritiva os três parâmetros articulatórios básicos, usados para caracterizar as vogais, são: (1) altura da língua: alto e baixo, (2) movimentação ântero-posterior da língua: anterior – posterior e (3) posição dos lábios: arredondado – não

arredondado. O sistema vocálico do PB é constituído por sete vogais — /i/, /e/, /E/, /a/, /O/, /o/ e /u/—.

Neste trabalho, analisamos a produção das sete vogais do PB. Para tal, utilizamos gráficos com eixos representativos da configuração dos dois primeiros formantes (doravante, F1 para primeiro formante e F2 para segundo formante). Os gráficos apresentam uma representação bidimensional, a partir da qual podemos visualizar os eixos de movimentação de lábio e língua.

Seguindo Abercrombie (1967), além dos três parâmetros básicos da articulação das vogais, descritos acima, ainda há outros parâmetros secundários, a saber: duração, desvozeamento e nasalização. Esses parâmetros podem ou não ser distintivos, isto é, fazer oposição entre dois segmentos de uma dada língua.

A duração é sempre relativa a outro segmento da língua e, nesse caso, é considerada intrínseca ao segmento, constituindo um fenômeno distinto das diferenças de duração, causadas pelas relações prosódicas. A língua inglesa, por exemplo, usa o parâmetro duração como distintivo entre suas vogais, ao passo que, no PB, a duração não constitui um fenômeno distintivo. Em geral, as vogais são vozeadas, mas é possível ocorrerem vogais desvozeadas, podendo esse fenômeno ser distintivo ou não dentro de uma língua. Por fim, a nasalização, na qual a vogal é articulada com o abaixamento do véu palatino acoplando as cavidades nasal e oral, é um fenômeno comum no PB.

O quadro 1 apresenta a classificação das vogais do PB com relação aos parâmetros: altura da língua, posição ântero-posterior e arredondamento.

VOGAL	altura			ântero-posterior		arredondamento	
	alta	média	baixa	anterior	posterior	arredondada	não arredondada
i	X			X			X
e	X			X			X
E		X		X			X
a			X		X		X
O			X		X		X
o		X			X	X	
u	X				X	X	

Quadro 1 - Classificação das vogais do PB

2.1.1 - Características acústicas das vogais

A análise acústica das vogais pode ser realizada tendo como base a teoria fonte e filtro, descrita por Fant em 1960⁹. A partir dos conceitos formulados pelo autor, é possível analisar os sons e realizar cálculos matemáticos que permitem entender as relações acústico-articulatórias na produção da fala. Vários parâmetros acústicos são analisados para a descrição dos sons da fala. Com relação às vogais do PB, os parâmetros acústicos mais relevantes são: frequência fundamental (doravante F0), padrão formântico e duração. Esses parâmetros são bastante conhecidos e difundidos na literatura fonético-acústica. Comentaremos, neste item, alguns estudos que consideramos importantes na área e, mais detalhadamente, estudos que envolvem as disartrias.

Preconizado por Peterson (1959) o parâmetro acústico mais utilizado para caracterizar as vogais é a medida dos três primeiros formantes — F1, F2 e F3—. A partir dessas medidas, é possível estabelecer relações acústico-articulatórias, relacionadas à movimentação da língua e lábios, na articulação das vogais. Como regra geral, a frequência de F1 é inversamente proporcional à altura da língua, enquanto F2 varia inversamente

⁹ Para maior aprofundamento no assunto, ver FANT (1960), KENT e READ (1992) e STEVENS (2000).

proporcional à movimentação da língua no sentido ântero-posterior. Apesar desta ser a principal correlação fisiológica com relação as medidas formânticas, outros mecanismos como o arredondamento dos lábios e a elevação da laringe também podem influenciar a medida dos formantes. (KENT E READ, 1992; KEWLEY-PORT E GOODMAN, 2005). Ainda, outra forma de interpretação dessas medidas a qual utiliza a diferença de F0-F1 como inversamente proporcional à altura da língua e F2-F1 como inversamente proporcional ao movimento da língua, em sentido anterior. Contudo, há uma limitação do uso da medida de F0 em sujeitos portadores de disartria, já que essa população é bastante propensa a apresentar flutuações no sistema laríngeo e, com frequência, apresenta disfonia, tornando a medida de F0 muito vulnerável a erros (KENT *et al.*, 1999).

2.1.1.1- Espaço vocálico

O espaço vocálico é definido pelo polígono formado entre as coordenadas de F1 e F2, plotadas em um gráfico. O cálculo geométrico da área do espaço vocálico tem sido muito utilizado como um índice referente ao espaço articulatório das vogais, tanto em inspeções da fala disártrica (TURNER *et al.*, 1995; TJADEN *et al.*, 2005), quanto em análise de características sociolinguísticas (RECASENS *et al.*, 2004; JACEWICZ *et al.*, 2007).

A metodologia do cálculo do espaço vocálico varia entre os trabalhos. Na maioria dos casos é computado o espaço do triângulo vocálico, correspondente à plotagem da média de F1 e F2 das vogais extremas do inventário vocálico da língua, geralmente: /i/, /a/ e /u/. Algumas justificativas para o uso restrito das vogais extremas são: (1) a inclusão das vogais mediais poderia diluir o efeito da centralização vocálica já que essas vogais ocupam uma posição mais central no espaço vocálico (MCRAE *et al.*, 2002); (2) as vogais extremas /i/, /a/ e /u/ são comuns à maioria das línguas (LADEFOGED, 1996), o que

facilita a comparação entre os trabalhos e (3) metodologicamente, é mais simples calcular a área de um triângulo do que de um polígono irregular. Outros trabalhos utilizam o conceito de área do quadrilátero vocálico (AQV)¹⁰, a qual corresponde aos pontos das vogais do inglês /i/, /ae/, /a/ e /u/, também consideradas representativas da maior extensão do trabalho vocálico (HODGE *et al.*, 2004).

Tjaden *et al.* (2005), investigaram o impacto da inclusão das vogais mediais no cálculo do espaço vocálico de sujeitos disártricos e não disártricos. Os resultados mostraram diferença significativa entre as áreas dos espaços vocálicos dos sujeitos portadores de Esclerose Lateral Amiotrófica¹¹(doravante ELA), comparados ao grupo controle. Entretanto, para os sujeitos portadores de DP – apesar de apresentarem espaço vocálico reduzido, comparados ao grupo controle – a diferença não foi estatisticamente significativa. Os autores afirmam que as vogais mediais apresentam menor redução articulatória do que as vogais extremas. No entanto, mesmo com a inclusão delas no cálculo do espaço vocálico, os sujeitos disártricos demonstram redução do espaço da articulação vocálica. Considerando esses achados, optamos por analisar as sete vogais do PB, incluindo as vogais mediais, apesar do potencial risco de subestimar o impacto da redução do espaço vocálico.

Vários fatores podem afetar a configuração e a área do espaço vocálico, entre eles destacamos: contexto fonético, sexo e velocidade de fala. Segundo Hodge *et al.* (2004), vogais em contextos fonéticos neutros¹² tendem a apresentar maiores espaços vocálicos do que em contextos fonéticos menos neutros. Em condições não-neutras a

¹⁰ Em inglês denominado por: VQA

¹¹ É freqüente encontrarmos trabalhos comparando o desempenho da fala de sujeitos com DP a sujeitos com ELA. O motivo dessa ligação é o fato de que ambas as patologias envolvem o sistema motor e são consideradas como distúrbios do movimento. No entanto, os sujeitos portadores de ELA, geralmente, apresentam disartria em maior grau de severidade do que sujeitos parkinsonianos.

¹² A autora considera contexto fonético neutro monossílabos como : /hV/ e contexto não neutro: /hVd/.

vogal /u/ parece ser a vogal que mais contribui para a redução da área do espaço vocálico, principalmente no eixo de F2. Turner e Tjaden (2000) compararam a produção de palavras funcionais (ex. artigos, preposições, conjunções) e palavras de conteúdo (ex. substantivos, verbos) em produções de fala de um grupo portador de ELA e outro controle. Os resultados mostraram que o grupo portador de ELA, bem como o grupo controle, apresentam espaços vocálicos menores na produção de palavras funcionais do que na produção de palavras de conteúdo. Ainda, para ambos os grupos, as vogais das palavras de conteúdo tiveram durações mais longas do que as das palavras funcionais. Esses fatos sugerem que, apesar das dificuldades motoras apresentadas pelo grupo de sujeitos disártricos, eles conseguem manipular pistas linguísticas para atrair o foco do ouvinte para a parte mais relevante da mensagem.

Quanto ao sexo, mulheres tendem a apresentar vogais mais dispersas e apresentam maior área do espaço vocálico comparadas aos homens (BRADLOW *et al.*, 1996; PIERREHUMBERT *et al.*, 2004; VORPERIAN e KENT, 2007; NEEL, 2008). Essas diferenças podem ser consequências de alguns fatores, tais como: tamanho da cavidade oral (SIMPSON e ERICSDOTTER, 2007) ou menor uso de reduções em sua fala (PIERREHUMBERT, *et al.*, 2004).

A relação entre velocidade de fala e aspectos segmentais é prevista na literatura: vários trabalhos exploram os impactos que mudanças na taxa de elocução podem causar na produção da fala. A fala mais lenta tende a produzir aumento na excursão do movimento dos articuladores e, por consequência, expansão do espaço vocálico, enquanto que a taxa de elocução mais rápida tende a diminuir a área do espaço vocálico (FOURAKIS, 1991). Entretanto, trabalhos que relacionam diferentes taxas de elocução com área do espaço vocálico em sujeitos disártricos não comprovam estatisticamente essa hipótese (TURNER *et al.*, 1995; MCRAE *et al.* 2002, TJADEN *et al.*, 2005; TSAO *et al.*, 2006), não apresentando aumento do espaço vocálico associado à diminuição da taxa de

eloção nesse grupo, embora os sujeitos demonstrem, por meio de sinais acústicos – tais como a variação consistente da duração – que a taxa de eloção está sendo modificada. McRae *et al.* (2002) mostram que sujeitos parkinsonianos apresentam maior espaço vocálico em taxa de eloção mais lenta do que a habitual, e menor espaço vocálico em taxa de eloção mais rápida do que a habitual. Entretanto, quando comparadas a sujeitos sem patologia, as diferenças do espaço vocálico relacionadas às taxas de eloção mais lenta e mais rápida são menores do que as apresentadas pelo grupo controle. Esses achados sugerem que os sujeitos portadores de DP têm menor “elasticidade” em consequência das deficiências do controle motor.

2.1.2 - Produção vocálica em sujeitos adultos sem transtornos neurológicos

Bradlow, *et al.* (1996) desenvolveram um estudo interessante, o qual explora características específicas da fala que podem levar à variabilidade na inteligibilidade da fala, relacionando medidas acústicas com scores de inteligibilidade em falantes sem patologia. As medidas acústicas foram divididas em dois grandes grupos: globais e “*fine-grained*”. Os parâmetros globais incorporam características individuais, provendo informações sobre os aspectos invariantes de cada falante. Já os parâmetros “*fine-grained*”¹³ relacionam-se com características específicas de pronúncia, tais como a realização vocálica e relações temporais segmentais. Esses últimos estão ligados a particularidades específicas de um dado momento da fala e, por esse motivo, apresentam maior variabilidade. Os parâmetros globais incluíram: (1) sexo, (2) frequência fundamental — média, mínima e máxima — e (3) taxa de eloção. As medidas dos parâmetros “*fine-*

¹³ Mantivemos o termo em inglês por considerar que a tradução em português não capta a idéia original dos autores.

grained’ abrangeram: (1) espaço vocálico — triângulo vocálico —, (2) dispersão vocálica e (3) extensão de F1 e F2 — valores mínimo e máximo dentre todas as vogais —.

Os achados de Bradlow *et al.* (1996) sugerem que medidas dos parâmetros globais, tais como taxa de elocução e a média da frequência fundamental não mantêm uma forte correlação com os índices de inteligibilidade. Já a variabilidade de F0 tende a correlacionar-se com maior índice de inteligibilidade. Contudo, apesar de F0 não se correlacionar com as medidas de inteligibilidade, o gênero apresentou correlação importante com a inteligibilidade. Mulheres tendem a ser mais inteligíveis do que homens. Fato este indicador de que outros fatores que não F0 estão contribuindo para maior inteligibilidade no grupo feminino.

Com relação às medidas dos parâmetros “*fine-grained*”, a área do espaço vocálico mostrou forte correlação com índices de inteligibilidade, sugerindo que o espaço vocálico pode ser um bom preditor de inteligibilidade. A medida de dispersão vocálica relaciona os falantes que apresentam maior dispersão vocálica, especialmente no eixo de F1, a maiores índices de inteligibilidade. Os autores concluem que os falantes que apresentam maiores índices de inteligibilidade são aqueles com alto grau de precisão articulatória na produção de contrastes fonéticos segmentais e baixo grau de redução fonética em sua fala. O salto desse trabalho, em relação à literatura, é a incorporação de medidas de variação na avaliação da produção vocálica.

Neel (2008) investiga as relações entre características da produção vocálica e a identificação de vogais em uma população de sujeitos sem patologia. Os achados mostram algumas correlações importantes, tais como espaço vocálico vs. extensão de F1 e de F2 e, espaço vocálico vs. dispersão vocálica.

A autora comenta que a correlação entre a extensão de F1 e F2 com o espaço vocálico pode ser equivocada, se as vogais utilizadas para o cálculo da área do

espaço vocálico — compreendendo /i/, /æ/, /a/ e /u/ — não forem necessariamente representativas das vogais extremas da articulação vocálica de um indivíduo. A autora observa que, em 92% dos sujeitos, a vogal /a/ foi representativa do valor mais baixo de F1, mas que o /i/ representa o valor mais alto de F1, apenas em 69% dos sujeitos. Quanto ao eixo horizontal, a vogal /i/ representa 92% dos valores mais altos de F2, enquanto que a vogal /u/ representa apenas 32% dos valores mais baixos de F2, sendo a vogal /o/ a mais representativa entre os valores mais baixos de F2 (65%).

A correlação positiva da dispersão vocálica e da distância média entre as vogais com a área do espaço vocálico sugere que os falantes que apresentam maiores áreas de espaços vocálicos tendem a apresentar vogais mais dispersas. A correlação entre a extensão de F1 e a distância média das vogais foi estatisticamente significativa apenas para as mulheres. Este fato sugere que a dispersão das vogais está mais relacionada ao espalhamento da vogal ao longo do eixo de F2 do que do eixo de F1.

As medidas de parâmetros globais, tais como média da frequência fundamental, formantes e média da duração, tiveram pouca influência na identificação das vogais, corroborando os achados de Bradlow *et al.*, (1996). Da mesma forma, as medidas de parâmetros “*fine-grained*” também obtiveram pouca correlação com os índices de identificação das vogais. A autora pontua que um exame detalhado dos resultados indica que vogais vizinhas são as responsáveis pela diferença entre a identificação das vogais. E, ainda, que, para identificar esses pares muito próximos, os ouvintes utilizam não apenas as diferenças entre valores de F1 e F2, mas também diferenças de duração e informações sobre a trajetória dos formantes .

2.1.3 - Produção vocálica por sujeitos geriátricos sem transtornos neurológicos

Poucos trabalhos investigam acusticamente a degeneração articulatória decorrente do envelhecimento (WEISMER, 1984; LISS *et al.* 1990; LINVILLE e FISHER, 1985; LINVILLE, 2001; WATSON e MUNSON, 2007). Alguns estudos mostram mudanças fisiológicas nas estruturas fonatórias, ligadas ao avançar da idade, como, por exemplo, respiratórias (HIXON, 1973), laríngicas (RAMIG *et al.*, 1983) e supraglóticas (LINVILLE, 2001). Análises acústicas de F1 e F2 demonstram tendência ao abaixamento desses formantes em sujeitos idosos, tanto no sexo feminino, quanto no masculino (LINVILLE e FISHER, 1985; LINVILLE, 2001). É provável que essas alterações sejam decorrentes de mudanças no padrão articulatório e do aumento no tamanho e volume do trato vocal (LINVILLE e FISHER, 1985; XUE *et al.*, 2003).

Xue *et al.* (2003) comprovam mudanças na dimensão do trato vocal de homens e mulheres idosos, comparados a adultos jovens. Os autores comentam que diferentes seções do trato vocal podem apresentar padrões de mudanças não lineares relativos à idade. Isto quer dizer que nem todas as estruturas do trato apresentam as mesmas mudanças, no decorrer do processo do envelhecimento.

Watson e Munson (2007) estudam a produção das vogais em um grupo de sujeitos idosos e outro de adultos, analisando configuração do espaço vocálico, sua área e o centróide de F1 e F2. Os resultados mostram diminuição na extensão de F1 e maior excursão de F2, levando o quadrilátero vocálico do grupo de idosos a uma forma mais achatada, no sentido vertical, e mais expandida, no sentido horizontal, o que pode sugerir uma compensação da diminuição da extensão vertical (F1) pelo aumento na extensão ântero-posterior (F2).

Liss *et al.* (1990) estudam um grupo de sujeitos muito idosos¹⁴. Os resultados corroboram achados da literatura geriátrica, tais como: (1) aumento da duração dos segmentos (WEISMER e FROMM, 1995), (2) tendência à centralização dos primeiros formantes (WATSON e MUNSON, 2007) e (3) grande variabilidade inter e intrassujeitos (WEISMER, 1984). Os autores comentam que o grupo de sujeitos muito idosos manifestam degeneração articulatória com o avançar da idade, apresentando características de fala geriátrica mais intensas do que sujeitos idosos “jovens”. Ainda, suas características de fala são muito similares às encontradas na fala de sujeitos parkinsonianos, principalmente na articulação dos segmentos /s/ e /p/. Os autores concluem que a degeneração articulatória não envolve apenas alterações no sistema motor, decorrentes de controle e força muscular, ou mudanças no tamanho do trato vocal, mas também refletem modificações neuroquímicas, -que afetam o controle motor.

2.1.4 – Produção vocálica por sujeitos adultos e geriátricos portadores de disartria

Um dos motivos que fazem a medida da área do espaço vocálico ser amplamente utilizada nos estudos com fala disártrica é a possibilidade de relação com índices de severidade e de inteligibilidade. Turner *et al.* (1995) encontraram forte relação entre a medida da área do espaço vocálico com índices de inteligibilidade em sujeitos com ELA. LIU *et al.*, 2005, relacionaram a área do espaço vocálico com índices de inteligibilidade de um grupo de portadores de paralisia cerebral e um grupo controle. Os achados apontaram uma grande correlação entre a área do espaço vocálico e o teste de inteligibilidade.

¹⁴ O termo utilizado no inglês é “*very old males*”. Esse grupo compreende sujeitos acima de 80 anos, enquanto o grupo designado por idosos jovens compreende sujeitos entre 60 e 70 anos.

A produção vocálica por sujeitos parkinsonianos tem sido estudada por vários pesquisadores, no decorrer das últimas décadas. Em consequência das dificuldades motoras inerentes à patofisiologia da doença, presume-se que sujeitos parkinsonianos tenham restrição da extensão e amplitude dos movimentos dos articuladores. Uma forma de demonstrar isso é a análise do espaço vocálico. De fato, a hipótese de redução do espaço vocálico em sujeitos parkinsonianos é comprovada em todos os trabalhos que discutem o assunto (WEISMER *et al.*, 2001; MC RAE *et al.*, 2002; FRAAS, 2003; TJADEN *et al.*, 2005; SOARES, 2007). Contudo, a maioria deles não comprova diferença estatisticamente significativa, comparando-se com um grupo de sujeitos sem patologia neurológica (WEISMER *et al.*, 2001; TJADEN *et al.*, 2005; SOARES, 2007).

Os dois trabalhos que atestam a comprovação estatística da redução do espaço vocálico são: McRae *et al.* (2002) e Fraas (2003). McRae *et al.* encontraram diferença estatística entre os grupos por eles estudados, a saber: DP, ELA e sujeitos sem patologia, mas não especificam quais os grupos que se diferenciaram em teste *post-hoc*. É possível que o grupo portador de ELA esteja contribuindo com mais peso para a significância do resultado, já que é comprovado que sujeitos com ELA apresentam grande redução de espaço vocálico e, ainda, vale lembrar que a disartria neste grupo é, geralmente, bastante severa (TJADEN *et al.*, 2005). O estudo de Fraas (2003) apresentou diferença significativa entre os valores de F1-F2 para as vogais: /i/, /u/ e /e/ do espanhol. Não é computada a área do espaço vocálico. A diferença na metodologia pode ser a responsável pela significância do resultado. Outra possibilidade é que o índice de severidade da disartria dos sujeitos avaliados seja fator relevante no resultado. Espera-se que sujeitos disártricos mais severos apresentem articulação mais restrita, o que resultaria em menor espaço vocálico e conseqüentemente, maior diferenciação em relação ao grupo controle.

Weismer *et al.*(2001) comentam que a compressão do espaço vocálico não é simétrica para todas as vogais, em todos os sujeitos. A variabilidade no impacto da redução dos eixos de F1 e F2 é dependente do falante. Inferimos, também, que línguas

distintas demonstrem diferentes impactos na produção das vogais. Vale ressaltar que a maioria dos trabalhos citados da literatura são referentes à língua inglesa (WEISMER *et al.*, 2001; MCRAE *et al.*, 2002; TJADEN *et al.*, 2005), apenas Fraas (2003) estuda o espanhol; Baudelle *et al.* (2003), o francês e Soares (2007) o PB.

Outro aspecto relevante no que concerne à variabilidade da produção vocálica de sujeitos parkinsonianos, diz respeito não apenas à variabilidade intersujeito, mas à variabilidade intrassujeito. Weismer (1984) chama atenção para a grande variabilidade das medidas de duração vocálica intrassujeito e sugere cautela ao utilizar-se de valores das médias para caracterização da fala deste grupo.

É sabido que o tipo de tarefa de fala, utilizado para a análise da sua produção, gera grande influência nos índices de inteligibilidade e nos resultados obtidos pela análise acústica. Obviamente, o interesse maior dos pesquisadores, envolvidos com a clínica, vem de encontro com a produção da fala em conversa espontânea, já que é essa a situação privilegiada de comunicação. Entretanto, as pesquisas em disartria quase sempre utilizam, em sua metodologia, outros tipos de tarefas de fala, tais como: repetição de palavras ou sentenças, leitura de palavras, sentenças ou texto. A literatura aponta que tarefas de fala dirigidas, como repetição de sentenças e leitura, trazem melhores índices de inteligibilidade do que a conversa espontânea, fato que pode mascarar a real condição da produção da fala dos sujeitos investigados (KEMPLER e LANCKER, 2002; TASKO E MC CLEAN, 2004 ; ROSEN *et al.*, 2006) A questão que dificulta o trabalho com a conversa espontânea é a impossibilidade de controle do contexto fonético e a necessidade de grande volume de dados para aleatorização. Por este motivo, as pesquisas envolvendo análise acústica e articulatória ainda priorizam o uso de tarefas de fala dirigidas.

Rosen *et al.* (2006) fizeram um estudo inovador, avaliando a produção da fala espontânea de sujeitos portadores de DP e um grupo controle. Os autores propõem a

análise de um conjunto de medidas que refletem a contrastividade acústica¹⁵. O uso dessas medidas de constratividade trazem a vantagem de elas serem relativamente estáveis ao longo do discurso do indivíduo e serem minimamente afetadas pelo conteúdo fonético. Este tipo de medida pretende captar a média e os extremos (mínimo e máximo) de alguns fenômenos importantes da fala, tais como: intensidade, características formânticas, fechamento dos articuladores e variações espectrais. Neste item, comentar-se-á apenas sobre os resultados apresentados relativos à produção vocálica, isto é, parâmetros que envolveram medidas formânticas.

As medidas relativas à produção vocálica foram: *slope* do formante (média de mudança formântica de F2 durante a sentença, mudança máxima e mínima); extensão do formante (diferença entre valor mínimo e máximo de F2, ao longo da sentença) e transição formântica (porção de F2 que apresentou mudança maior de 30 Hz em 20 ms). Os resultados mostram que esses três parâmetros são mais contrastivos, isto é, apresentam valores maiores, em tarefas de repetição de sentença, do que na conversa espontânea, corroborando a premissa de que a fala dirigida é mais clara do que a espontânea. Ainda, os sujeitos portadores de disartria hipocinética apresentaram índices de contrastividade, relativos às características formânticas, menores do que o grupo controle. Os resultados das análises distribucionais revelam que as medidas relativas às características formânticas não contribuíram muito para a estimativa de contrastividade entre os sujeitos. O uso de medidas de âmbito mais global parece ser promissor no sentido de possibilitar a análise da fala espontânea e captar as tendências de produção da fala em cada indivíduo.

¹⁵ Contrastividade acústica é o termo proposto pelos autores, o qual se refere ao grau da variação espectro temporal do sinal acústico da fala.

2.2 - Fricativas

O entendimento das condições de produção das fricativas é um desafio para estudiosos da área da fonética acústica. Provavelmente por esse motivo, diversas publicações versam sobre o assunto. A dificuldade e, por conseguinte, o atrativo, do estudo da produção das fricativas, concerne ao fato de que as fontes de ruído turbulento são muito sensíveis às mudanças de geometria do trato vocal (NITTROUER *et al.*, 1989; SHADLE, 1990; NISSEN, 2003; SHADLE, 2006). A dependência das relações aerodinâmicas e acústicas ao local da constrição requer grande acurácia do formato do trato vocal, durante a emissão. Destacam-se na literatura quatro vertentes de estudos da produção de fricativas, a saber: (1) investigação de parâmetros acústicos que sejam sensíveis a distinções das fricativas, (2) impacto de distúrbios articulatorios na produção das fricativas, envolvendo as disartrias; (3) investigação de parâmetros acústicos que sejam sensíveis para descrever as tentativas das crianças, no processo de aquisição destes contrastes fônicos e (4) modelos de produção das fricativas. Nessa resenha da literatura, discutem-se os principais trabalhos representativos das duas primeiras vertentes.

Os sons fricativos são produzidos a partir de uma constrição estreita no trato vocal. A fonte de ruído é dada pela passagem do fluxo aéreo pela constrição, acoplada ou não, à fonte laríngea (fricativas vozeadas). A constrição é formada pela aproximação de dois articuladores sem que haja contato total entre eles — isto provocaria o bloqueio total da passagem de ar característico da classe das plosivas — assim, o fluxo aéreo é modificado e uma turbulência é gerada. A turbulência também pode ser gerada quando o fluxo aéreo encontra um obstáculo abrupto dentro do trato vocal como, por exemplo, os dentes ou os lábios. A onda sonora resultante da fricção é aperiódica — sem estrutura de

harmônicos¹⁶. A fonte do ruído excita a cavidade de ressonância anterior e antirressonâncias (zeros) aparecem nas frequências baixas. Desta forma, frequências altas são inversamente relacionadas à distância entre a fonte do ruído e a constrição de saída. Assim, as frequências que aparecem no espectro devem diferenciar as fricativas por seu local de constrição, quanto mais longa for a cavidade anterior, como nas palatais e velares, maior a energia das frequências baixas. Na falta de exata formação da constrição, as frequências altas podem misturar-se e não aparecer claramente no espectro. Entretanto, a extensão de frequências utilizadas nas diferentes fricativas por sujeitos distintos pode ser muito variável, o que torna a diferenciação das fricativas uma tarefa complexa (SHADLE, 2006). No esforço de descrever acusticamente as fricativas, a literatura aponta a importância do uso de diversos parâmetros acústicos concomitantes, tais como: medidas espectrais, amplitude, duração e transição formântica. No item 2.2.1 — Características acústicas das fricativas — comenta-se cada um desses parâmetros.

As fricativas do PB são classificadas de acordo com o local de constrição, a saber: labiodental - /f, v/, alveolar - /s, z/ e palatal - /ʃ, ʒ/. As fricativas velares - /x, ɣ/ e glotais - /h, ɦ/ têm sido utilizadas como formas variantes dos erres dialetais. Neste trabalho, só tratamos das labiodentais, alveolares e palatais. Como em outras línguas, as fricativas podem ser vozeadas ou desvozeadas, a depender do acoplamento, ou não, da fonte laríngea. Para cada local de constrição, há uma representante não vozeada e outra vozeada. Há ainda outra forma de classificação que distingue dois grupos de fricativas: sibilantes — /s, z, ʃ, ʒ/ — e não-sibilantes¹⁷ — /f, v/.

¹⁶ Para descrição detalhada dos mecanismos de produção aéreoacústicos das fricativas ver, STEVENS (2000) e SHADLE (1990).

¹⁷ Também são chamadas de estridentes e não-estridentes

2.2.1- Características acústicas das fricativas

Os principais parâmetros acústicos para a descrição das fricativas são: (1) espectro do ruído, (2) amplitude, (3) duração e (4) transição formântica. A seguir, comento as relações acústico-articulatórias possíveis para cada parâmetro e os principais achados da literatura para cada um deles.

2.2.1.1 - Espectro do ruído fricativo

A análise do espectro do ruído das fricativas é um parâmetro importante na diferenciação dos locais de contração das fricativas.

Espera-se que a frequência do pico espectral caia à medida que o local de contração se move em sentido posterior. Desta forma, fricativas mais posteriores, tais como as palatais e velares, tendem a ter picos espectrais em frequências mais baixas do que as anteriores labiodentais e alveolares. Hughes e Halle (1956) encontram valores de frequência para os picos espectrais mais altos para as alveolares /s, z/ do que as palatais /S, Z/, enquanto as labiodentais /f, v/ não apresentam picos proeminentes.

Além da medida dos picos do espectro, outra forma de análise do espectro do ruído fricativo é considerar o espectro de FFT como uma função probabilística de densidade. A partir dessa função, é possível calcular medidas estatísticas. Os centros de frequência são normalizados como índices numéricos do formato do espectro e do centro de gravidade. Essas medidas são chamadas de momentos espectrais e caracterizam a distribuição de energia dentro do espectro, relacionando: concentração de energia, inclinação do espectro e formato dos picos espectrais. São considerados quatro momentos espectrais, a saber: (1) centróide - primeiro momento (m1), (2) variância - segundo momento (m2), (3) assimetria - terceiro momento (m3) e (4) curtose - quarto momento

(m4) (FORREST *et al.* 1989). Vários trabalhos comprovam a eficácia desses parâmetros em discriminar as sibilantes de não sibilantes (FORREST *et al.*, 1989; TOMIAK 1990 *apud* JONGMAN *et al.*, 2000; NISSEN, 2003) e diferenciá-las pelo local de constrição (NITTROUER *et al.*, 1989; NISSEN, 2003). Uma das dificuldades no uso dessa metodologia de análise é a definição do tamanho e localização da janela para extração do FFT (SHADLE e MAIR, 1996).

Shadle (1990, 1996, 2006) vem se dedicando ao estudo da produção das fricativas. Seus trabalhos versam sobre definições de parâmetros para descrição das fricativas e modelamento do trato na sua produção. Shadle (2006) faz uma reflexão minuciosa sobre as relações acústicas das produções das fricativas e discute possíveis maneiras de análise de sons aperiódicos, através da teoria acústica, como o ruído das fricativas. A solução proposta é tratar o ruído estatisticamente. Para tal é necessário reduzir a variância da amostra sonora, por meio de *averaging*¹⁸ e, assim, a amostra poderá ser tratada como um som quaseperiódico.

Shadle e Mair (1996) discutem a validade do uso dos momentos espectrais na descrição das fricativas. As autoras desfavorecem o uso dos momentos espectrais, argumentando que estes são muito afetados pela extensão de frequência usada em sua análise e, por isso, suas medidas podem variar muito entre as produções de diferentes *tokens* de uma mesma fricativa.

2.2.1.2 - Amplitude

A amplitude é um parâmetro dinâmico bastante utilizado na avaliação da produção das fricativas. Existem várias formas de análise da amplitude. A amplitude

¹⁸ A tradução literal deste termo é média. Neste caso, é usado no sentido de cálculo das médias. Considero que a tradução não capte bem o sentido com o qual o termo é empregado no inglês, e por isso, mantereí o termo em sua língua original.

normalizada, por exemplo, é calculada a partir do delta da amplitude do ruído fricativo com a amplitude da vogal seguinte (JONGMAN *et al.*, 2000).

Outra forma similar é chamada de amplitude relativa. Nesta medida, tal como na amplitude normalizada, também se calcula o delta da amplitude da fricativa e da vogal seguinte. O que a difere da amplitude normalizada é que a medida da amplitude é extraída em uma faixa de frequência específica. Essa faixa de frequência é a que mais carrega informações discriminativas de uma dada fricativa. Para as fricativas alveolares e palatais, a medida é feita na zona de F3, já para as labiodentais é medida em F5 (JONGMAN *et al.*, 2000; HEDRICK, 1997).

A amplitude dinâmica é calculada a partir da subtração do valor máximo da amplitude no FFT entre os picos de frequência de 500Hz e 20kHz e a amplitude mínima entre 0 e 20kHz. A partir deste valor, são calculadas duas linhas de regressão linear (JESUS, 2001; JESUS e SHADLE, 2002).

De forma geral, a amplitude é um parâmetro que correlaciona-se com o vozeamento. As vozeadas, por estarem acopladas à fonte laríngea, apresentam maior energia no espectro, comparadas às desvozeadas. Ainda, a amplitude pode fornecer pistas de distinção entre as fricativas sibilantes e não sibilantes, tendo em vista que as sibilantes apresentam mais energia em sua produção do que as não-sibilantes (JONGMAN *et al.*, 2000).

2.2.1.3 - Duração

A duração da fricativa é uma pista acústica relevante para a discriminação entre os locais de constricção e o vozeamento (KENT e READ, 1992). No

entanto, a duração é muito influenciada por vários fatores contextuais. Por exemplo, a fricativa /s/ pode ter duração de 50 ms a 200 ms, a depender do seu posicionamento dentro da sentença e do tipo de sílaba em que está inserida (KLATT, 1975).

A duração do ruído fricativo varia conforme o local da constrição. De forma geral, a duração aumenta na seguinte ordem: dentais, labiais, alveolares e palatais (YOU, 1979 *apud* KENT e READ, 1992). Ainda, as consoantes vozeadas tendem a ter menor duração do que as consoantes desvozeadas (KENT e READ, 1992).

Além da duração da fricativa, a duração da vogal precedente também fornece pistas sobre o vozeamento da fricativa, quando em posição medial e final de palavra. As vogais tendem a ser alongadas, diante de consoantes desvozeadas (KENT e READ, 1992)

2.2.1.4 - Transição de F2

O valor de F2 na transição da consoante com o início da vogal seguinte é a ressonância acústica da cavidade atrás da constrição e indica o posicionamento do corpo da língua, no momento da soltura da consoante. A transição de F2 é uma pista acústica bastante relevante para a discriminação do local de constrição das fricativas (NITTROUER, MUNHALL *et al.*, 1988; KENT e READ, 1992). Ela é considerada, depois do ruído fricativo, o parâmetro que mais carrega pistas sobre o local de constrição. Este parâmetro é mais importante para as não-sibilantes do que para as sibilantes, visto que não-sibilantes apresentam o ruído espectral mais fraco e, portanto, com menos pistas acústicas.

Estudos com aquisição da linguagem revelam que crianças abaixo de 8 anos tendem a utilizar a transição como pista prioritária para a discriminação dos locais de

construção (MORRONGIELLO *et al.*, 1984; NITTROUER E MILLER, 1997), enquanto adultos e crianças mais velhas tendem a utilizar as propriedades do ruído para tal classificação.

Contudo, Wagner e Eretus (2002) apontam para o fato de que a relevância do uso da transição de F2 como pista acústica na percepção das fricativas é dependente da língua. Sendo assim, deve-se considerar que a maioria dos trabalhos nos quais nos apoiamos é realizada para o inglês, portanto, é possível haver para o PB outro peso das pistas acústicas na discriminação das fricativas. Não há estudos relativos à percepção das fricativas para o PB.

2.2.2 - Produção de fricativas por sujeitos adultos e geriátricos sem transtornos neurológicos

As características acústicas da produção de fricativas por sujeitos adultos sem transtornos neurológicos já foram apresentadas e discutidas no item anterior. Entretanto, vale comentar o fato descrito por Jesus (2001) em seu estudo sobre a produção de fricativas no Português Europeu (doravante PE), o qual aponta a grande ocorrência de desvozeamentos em fones que deveriam ser vozeados. O autor sugere que esse fato seja uma particularidade específica do PE. Os poucos trabalhos referentes à produção de fricativas no PB (RUSSO e BEHLAU, 1993; SAMCZUK e GAMA ROSSI, 2004; HAUPT, 2007) não descrevem nenhum fato semelhante em relação ao vozeamento, embora pudessemos inferir que o PB, a semelhança do PE, pudesse apresentar esse tipo de fenômeno. Sendo assim, é importante considerar a possibilidade de ocorrência de dessonorização no grupo controle de nosso estudo.

Quanto à produção de fricativas pela população geriátrica, a literatura aponta três pontos, a saber: duração, mecanismos de desvozeamento e variabilidade; como

distintos da produção de adultos. A duração do intervalo desvozeado de consoantes fricativas e plosivas, tende a ser maior na população geriátrica comparada à adultos jovens (WEISMER e FROMM, 1983 e WEISMER, 1984). Em contrapartida, os dois estudos comprovam que o grupo de jovens adultos apresenta maior duração dos segmentos fricativos em posição final de sentença comparados ao grupo geriátrico.

Na realização da produção de fricativas desvozeadas em contexto intervocálico, é esperado aumento de F0 ao final da vogal, antes do início do intervalo desvozeado. Esse aumento de F0 é devido ao aumento da tensão das pregas vocais, no momento de abertura das mesmas. No entanto, WATSON (1998) comprova que sujeitos idosos, sem transtornos neurológicos, não utilizam essa manobra para a realização do desvozeamento, já que, no lugar de aumento de F0, apresentam declínio de F0 nos últimos pulsos glóticos da vogal precedente ao intervalo desvozeado. O autor sugere que a deteriorização fisiológica do sistema fonatório é a responsável pela mudança de estratégia na realização do desvozeamento.

Por fim, outro fator relevante na população geriátrica é a maior variabilidade intrassujeito nas medidas acústicas da produção da fala. A variabilidade intrassujeito está ligada a precisão do controle motor. O aumento da variabilidade sugere a perda do controle da estrutura temporal das sequências articulatórias (WEISMER, 1984).

2.2.3 - Produção de fricativas por sujeitos adultos e geriátricos portadores de disartria

Como podemos verificar nos itens acima, a literatura sobre a produção das fricativas é bastante rica. Entretanto, a literatura específica sobre produção das fricativas por sujeitos disártricos, apresenta poucos trabalhos (TJADEN e TURNER, 1997; CHEN e STEVENS, 2001). Acreditamos que o mesmo motivo pelo qual a literatura se

interessa por explorar os mecanismos de produção das fricativas, ou seja, a complexidade dos mecanismos de produção e descrição desta classe de sons, seja a responsável pela pouca disseminação da descrição destes segmentos fônicos em contextos patológicos. Comento, neste item, dois trabalhos relativos à produção das fricativas em sujeitos disártricos.

Tjaden e Turner (1997) fazem um estudo sobre a produção das fricativas em sujeitos portadores de ELA. Para tal, usam o cálculo dos momentos espectrais na avaliação da produção de /s/ e /S/. Ainda, relacionam os resultados acústicos com análise perceptual, avaliada através da percepção da precisão da produção das consoantes. Participaram do estudo dois grupos: um alvo, com sujeitos portadores de ELA, e outro controle, com sujeitos não portadores de transtornos neurológicos.

Os resultados mostram valores do centróide mais baixos para /s/ e mais altos para /S/ para o grupo alvo do que para o grupo controle. Os três outros momentos espectrais, a saber: variância, assimetria e curtose não apresentaram nenhuma tendência relativa aos grupos. Os autores sugerem que o impacto da patologia pode ser diferente entre os sexos e, por este motivo, justificam a importância da separação dos sexos na análise dos resultados.

A correlação dos coeficientes dos momentos espectrais com a escala de percepção da precisão das consoantes, feita através da função de regressão linear, mostrou 59% de variância entre a precisão da consoante e os momentos espectrais. Os autores consideram que a significância estatística da relação entre os momentos espectrais e a avaliação da precisão da consoante sugere que os coeficientes dos momentos espectrais podem ser um índice importante da produção consonantal e do julgamento perceptivo.

Chen e Stevens (2001) fazem um estudo sobre a produção do segmento /s/ em sujeitos portadores de paralisia cerebral, cujo grupo alvo foi composto de diferentes graus de severidade, e o grupo controle, por sujeitos sem transtornos neurológicos. Os autores relacionam achados perceptuais e acústicos, no intuito de compreender os aspectos articulatórios afetados e seu impacto na inteligibilidade da fala disártrica.

O conjunto de medidas acústicas analisadas incluem: (1) amplitude média do segmento, (2) amplitude no maior pico do segmento e (3) amplitude da vogal adjacente. A partir dessas medidas primárias, calcularam-se outras medidas derivadas. Os autores propõem análise visual do espectrograma, para tal, seis parâmetros foram avaliados e um *score* de 1 a 3 foi dado para cada parâmetro; quanto maior a nota, mais desvio aquele parâmetro apresenta. Os pontos avaliados visualmente no espectrograma foram: (1) precursor - quantidade de vozeamento antes da vogal adjacente; (2) duração do segmento, (3) variação da amplitude do espectro; (4) forma da transição formântica, (5) F2 nos primeiros 50 ms da vogal adjacente e (6) presença de vozeamento.

A avaliação perceptiva verifica dois aspectos: a qualidade da produção de /s/ e a inteligibilidade total. A avaliação perceptiva da qualidade da produção de /s/ é classificada a partir de quatro opções: (1) reconhecido como /s/ e boa articulação, (2) reconhecido como /s/, mas com articulação ruim, (3) reconhecimento do ruído fricativo, mas não como /s/ e (4) não reconhecimento como uma fricativa.

O grupo disártrico apresenta, pela avaliação qualitativa, inabilidade de manter a estabilidade do espectro. A duração é o parâmetro que mais correlaciona com a avaliação de inteligibilidade. Em segundo lugar, a forma da transição, entre consoante e vogal, quanto menos abrupta foi a transição menos ela correlaciona com inteligibilidade e, por último, a qualidade da produção do /s/. Entre as medidas quantitativas, a que mais correlaciona com a avaliação perceptiva é a inclinação do espectro, a qual provavelmente é

a medida que melhor indica a localização do corpo da língua, em relação ao palato duro. Vozeamento inapropriado, com a tendência de vozeamento de fricativas desvozeadas, também foi um achado relevante no grupo alvo.

Apesar de esse trabalho apresentar uma metodologia cuidadosa, seus resultados, da maneira como foram expostos, não permitem muitas conclusões a respeito das características individuais da produção do /s/ entre os sujeitos. A avaliação qualitativa é interessante, apesar do fato de muitos dos parâmetros avaliados visualmente, como por exemplo a duração, poderem ter sido avaliados facilmente por medidas quantitativas. Não se sabe a razão pela qual os autores optaram apenas pela análise visual, mas a idéia de inspecionar visualmente aspectos detalhados do espectrograma pode ser valiosa em casos em que a tomada de medidas acústicas seja difícil, por falta de tempo ou de ferramenta específica.

O vozeamento inapropriado, na produção consonantal de sujeitos portadores de DP, é discutido por diversos autores. Canter (1965 a) comenta que sujeitos parkinsonianos apresentam incoordenação entre movimentos laríngeos e supralaríngeos. Sujeitos parkinsonianos tendem a apresentar vozeamento em consoantes desvozeadas (WEISMER, 1984; CHEN e STEVENS, 2001). Weismer (1984) computa o número de ocorrências de vozeamento parcial, nos primeiros 20 ms do intervalo desvozeado de fricativas e plosivas. Os resultados apontam para uma clara diferenciação entre os grupos dos sujeitos jovens e idosos. Sujeitos controle jovens raramente apresentam vozeamento no início do intervalo desvozeado. Já o grupo de sujeitos idosos, tanto controle quanto os parkinsonianos, tendem a realizar o vozeamento por mais de 20 ms no princípio do intervalo desvozeado. Ainda, os sujeitos parkinsonianos apresentam tendência maior do que os controle em realizar essa manobra. Em seus achados, o grupo de sujeitos parkinsonianos apresentam, em 45% das ocorrências de consoantes desvozeadas, o intervalo desvozeado completamente vozeado. O autor comenta que a tendência de sujeitos idosos,

parkinsonianos e controle, em manter o vozeamento em intervalos desvozeados, pode ser explicada pela deteriorização da função laríngea, decorrente dos processos de envelhecimento. Provavelmente a dificuldade de romper com o vozeamento laríngeo decorra do estiramento das estruturas laríngeas e/ou da diminuição do controle laríngeo central.

Goberman e Blomgren (2008) investigam a finalização (offset) e o início (onset) do vozeamento das vogais entre fricativas desvozeadas em sujeitos portadores de DP. Para tal, extraem as medidas de F0 dos dez últimos pulsos glóticos da vogal precedente à fricativa e dos dez primeiros pulsos glóticos das vogais seguintes às fricativas desvozeadas. Vale pontuar que os autores não referem ter encontrado nenhuma produção da fricativa desvozeada como vozeada, fato amplamente descrito na literatura (CANTER, 1965 a; WEISMER, 1984; CHEN e STEVENS, 2001). Os achados de Goberman e Blomgren (2008) corroboram os resultados de Watson (1998) os quais demonstram a diminuição de F0 no final da vogal precedente ao intervalo desvozeado, para os sujeitos idosos controle e os sujeitos parkinsonianos. Os autores sugerem que o grupo de sujeitos portadores de PD utilizam, como manobra compensatória, à dificuldade de cessar o vozeamento, uma antecipação do gesto de abertura das pregas vocais.

CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODO

O capítulo apresenta o desenho metodológico desta pesquisa, incluindo a descrição dos procedimentos de coleta de dados e sua análise, juntamente com a discussão das decisões metodológicas em relação às problemáticas impostas pelo conjunto de dados.

Esta pesquisa foi registrada no CONEP e aprovada pelo Comitê de Ética da UNICAMP, projeto 255/2007 (anexo 1).

3.1 - Sujeitos

Dois grupos fazem parte deste estudo: um grupo, formado por sujeitos portadores de Doença de Parkinson, considerado o grupo alvo (referenciado como A), e outro, composto por sujeitos sem patologia neurológica, chamado de grupo controle

(referenciado como C). Participam do grupo alvo seis sujeitos, sendo três homens e três mulheres, todos com idade acima de cinquenta anos (média 65.33). Da mesma forma, o grupo controle é composto por seis participantes, sendo três homens e três mulheres, com idade acima de cinquenta anos (média 66.83). Todos os participantes falam português brasileiro como primeira língua e referem domínio de leitura e escrita. Todos os sujeitos parkinsonianos estavam sob efeito da medicação no momento da gravação. O quadro 2 mostra a descrição dos sujeitos participantes deste estudo.

Os critérios para inclusão no grupo alvo foram:

- ser portador de doença de Parkinson (DP);
- não haver referido distúrbios da comunicação, anteriores à DP;
- ser classificado na Escala de Hoehn & Yahr (1967)¹⁹(anexo 2) entre estágio 2 e 3 da DP, de acordo com avaliação neurológica²⁰;
- apresentar disartria moderada ou severa, de acordo com teste de percepção realizado por fonoaudiólogas;
- apresentar estado cognitivo apto a desempenhar a tarefa experimental.

Os critérios para inclusão dos sujeitos no grupo controle foram:

- não ser portador de patologia neurológica;
- não haver referido dificuldades de comunicação ou distúrbios de comunicação;
- não haver referido problemas cognitivos;
- ter idade semelhante aos sujeitos do grupo alvo.

¹⁹ Existem vários protocolos neurológicos com intuito de estabelecer estágio da doença de Parkinson. A escala Hoehn e Yahr (1967) baseia-se em sinais clínicos motores, para estabelecer o grau de acometimento da DP. É uma escala simples e, por este motivo, amplamente utilizada em ambulatórios de neurologia. Para maiores detalhes sobre as escalas de avaliação neurológica consultar, HORTA, (2003) p. 153-162.

²⁰ A avaliação neurológica foi realizada pelo Dr Renato Puppi Munhoz, neurologista responsável na APPP.

No intuito de preservarmos a identidade dos participantes deste estudo, utilizamos duas siglas para identificação de cada grupo, a saber: **A** para o grupo alvo (portadores de DP) e **C** para o grupo controle. No interior de cada grupo, utilizamos números para a identificação dos sujeitos. Para distinguir os sujeitos de diferentes gêneros, utilizamos números pares para as mulheres e ímpares para os homens. Com exceção desse critério para gênero, a numeração dada a cada sujeito foi aleatória. Cada sujeito foi identificado, portanto, por uma combinação entre uma letra e um número, por exemplo: A1 e C1 – dois homens, o primeiro do grupo alvo e o segundo do grupo controle.

sujeitos	grupo	sexo	idade	estágio da doença	tempo da doença
A3	PK	masculino	68 anos	2	8 anos
A4	PK	feminino	57 anos	2	7 anos
A5	PK	masculino	62 anos	2.5	8 anos
A6	PK	feminino	69 anos	2.5	19 anos
A7	PK	masculino	74 anos	2.5	13 anos
A10	PK	feminino	62 anos	2.5	2 anos
C1	controle	masculino	66 anos	-	-
C2	controle	feminino	64 anos	-	-
C3	controle	masculino	62 anos	-	-
C4	controle	feminino	72 anos	-	-
C5	controle	masculino	69 anos	-	-
C6	controle	feminino	68 anos	-	-

Quadro 2 - Descrição dos sujeitos dos grupos alvo e controle

Todos os sujeitos participaram voluntariamente desta pesquisa. Os sujeitos do grupo alvo foram recrutados na sede da Associação Paranaense dos Portadores de Parkinsonismo (doravante APPP). Os indivíduos foram abordados enquanto estavam na APPP, por ocasião da consulta médica periódica ou participando da atividade do coral. Com o intuito de dar mais liberdade aos sujeitos e evitar que eles se sentissem coagidos a participar da pesquisa, tivemos a precaução de solicitar a uma terceira pessoa que propusesse aos pacientes a participação. Deste modo, as pessoas que estavam na Associação para consulta médica foram abordadas pela enfermeira responsável pela pré-consulta, que em conversa prévia com os pacientes, sugeriu a possibilidade de fazerem parte do estudo. Os membros do coral da Associação foram abordados pelo fonoaudiólogo responsável, Sr. Celso Luís Gonçalves dos Santos Júnior, que conversou com o grupo antecipadamente e recrutou os voluntários para a entrevista.

Foram gravados no total quinze sujeitos parkinsonianos. Os dados a respeito dos sujeitos parkinsonianos foram coletados a partir de uma conversa inicial com os mesmos e de informações retiradas da ficha médica, mantida na APPP. Os sujeitos parkinsonianos foram reavaliados pelo neurologista responsável, Dr. Renato P. Munhoz, para classificação do estadiamento da doença.

Os sujeitos controle foram recrutados dentro do círculo social da pesquisadora. Os dados referentes à saúde dos sujeitos foram coletados em conversa informal com os próprios voluntários.

No intuito de homogenizarmos o grupo de sujeitos alvo por suas características de fala, utilizamos uma escala de severidade para classificação da disatria. Para tal, aplicamos uma escala de estimação direta de magnitude (DMD-M). Este tipo de

escala pretende avaliar a dissimilação de amostras em comparação com um módulo fixo²¹. A escala utilizada foi de 200 pontos, o módulo de comparação foi posicionado no meio da régua (100 pontos), representando uma amostra de fala disártrica moderada. O módulo de comparação foi escolhido pela pesquisadora a partir de sua experiência com fala disártrica. Foram selecionadas aleatoriamente três sentenças dentro do *corpus* de sentenças gravadas por cada um dos quinze sujeitos parkinsonianos. Ainda, selecionamos três exemplos de sentenças de quatro sujeitos sem DP. Em suma, o teste foi composto por quatro amostras de fala por sujeito, três sentenças distintas e uma duplicada, totalizando setenta e seis amostras de fala. Participaram como juízes seis fonoaudiólogas sem experiência específica com sujeitos disártricos.

Utilizou-se o programa *Music Experiment Development System* (doravante MEDS)²² para aplicação do teste de percepção. Esse programa possibilita a apresentação de duas amostras de fala consecutivas e apresenta uma régua na qual o juiz marca a sua resposta. Os juízes foram instruídos a comparar as duas falas e julgar se a segunda representava maior ou menor grau de disartria, em relação à primeira amostra. Após ouvirem as duas amostras de fala os juízes marcavam a resposta e outro par de sentenças era tocado. A partir dos resultados numéricos do teste de percepção classificamos o grau de severidade de disartria utilizando o seguinte critério para organização das respostas:

- a) 0 a 40 - não disártrico
- b) 40 a 80 - disartria leve
- c) 80 a 120 - disartria moderada
- d) 120 a 160 - disartria severa
- e) 160 a 200 - disartria profunda

²¹ Para maiores informações a respeito do uso deste tipo de avaliação perceptual consultar: SCHIAVETTI, N., D;METZ, *et al.* 1981 e SCHIFFMAN, S. M. L; REYNOLDS, *et al.* ,1981.

²² O programa MEDS é um software livre disponibilizado na net na página www.ethnomusic.ucla.edu/systematic/Faculty/Kendall/meds.htm

Os resultados da aplicação da escala *direct magnitude estimation* (DMD-M) constam no gráfico 1. Podemos constatar que os quatro sujeitos do grupo controle foram considerados sem disartria. Um único sujeito do grupo alvo foi classificado como não sendo portador de disartria, um sujeito apresentou disartria leve e outros dois apresentaram disartria profunda. Entre os seis sujeitos selecionados para o grupo final, os sujeitos A4 e A5 foram classificados como tendo disartria moderada, enquanto os sujeitos A3, A7, A6 e A10 foram classificados como portadores de disartria severa.

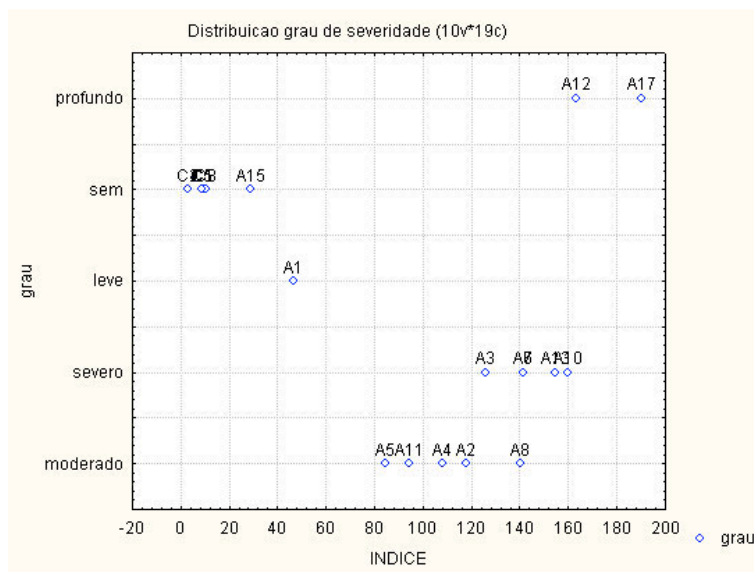


Gráfico 1 - Distribuição do grau de severidade

Com base na classificação da severidade da disartria selecionou-se dentre os quinze sujeitos parkinsonianos gravados, seis para constituírem o grupo experimental alvo²³. Para tal, utilizou-se como critérios: (1) severidade da doença, (2) capacidade de realização completa da tarefa e (3) qualidade da gravação. Os outros critérios citados no item 3.1, p. 35, foram levados em conta na seleção inicial dos sujeitos a serem gravados. Os sujeitos sem DP foram classificados como não disártricos e constuiram o grupo controle.

²³ Esse procedimento foi apresentado como qualificação na área de neurolinguística, sob o título “Reflexões sobre índice de severidade nas disartrias: aplicação e uso”, por SOARES, 2008, não publicado.

Vale comentar que dentre os seis sujeitos selecionados para participarem do grupo alvo, nenhum deles fazia parte do coral e, ainda, não tinham feito nenhum tipo de tratamento fonoaudiológico para disartria.

Em uma conversa prévia à gravação com cada voluntário, foram explicados os propósitos e procedimentos do estudo. No caso de confirmação da participação do mesmo, este assinou um termo de consentimento, referente ao uso do material de áudio coletado e informações pessoais, para fins científicos (anexo 3).

3.2 - *Corpus*

O *corpus* elaborado para este experimento teve como prioridades: (1) inclusão dos segmentos a serem avaliados, (2) ambiente fonético-fonológico controlado, (3) sentenças com construção sintática simples, (4) número similar de sílabas entre as sentenças e (5) número não muito extenso de sentenças.

O *corpus* inclui exemplares das sete vogais e de doze obstruintes, plosivas e fricativas, do PB. Incluímos as plosivas e fricativas no material coletado, para termos opção de análise entre todas as obstruintes, pois, no momento da elaboração do *corpus*, os segmentos fônicos que seriam analisados não haviam sido escolhidos.

Analisamos o conjunto das sete vogais e seis obstruintes fricativas do PB. As vogais foram colocadas em posição tônica, pois, nessa posição, elas tendem a ter maior estabilidade em características importantes, tais como: intensidade, duração e frequência. O quadro 3 apresenta as palavras selecionadas para a avaliação das vogais. Foram selecionadas três palavras para as vogais /i, E, a, O/ e duas palavras para as vogais /e, o, u/. A diferença no número de palavras deve-se à dificuldade de encontrar palavras que

obedecessem aos seguintes critérios de seleção: (1) trissílaba, (2) paroxítona e (3) frequência da palavra. Cada palavra contém a vogal alvo na posição tônica. Vale pontuar que as palavras com a vogal /a/ contêm não apenas a vogal alvo, mas também a consoante alvo. Por este motivo, elas aparecerão no quadro expositivo dos exemplares das vogais (quadro 3) e no quadro expositivo das consoantes (quadro 4).

i	e	E	a	O	o	u
colina	chupeta	peteca	passada	galopa	famoso	quitute
subida	esqueço	moleque	safári	farofa	garota	procura
tarifa		boteco	sapato	adoro		

Quadro 3 - Palavras selecionadas para cada vogal alvo

O quadro 4 mostra as palavras selecionadas para avaliação das obstruintes. Para tal, foram selecionadas duas palavras contendo o elemento fônico alvo em posição intervocálica, na posição tônica e entre a vogal /a/. Note-se que o quadro 4 expõe exemplares de plosivas e fricativas, já que o *corpus* integral é composto por exemplares de doze obstruintes.

O recorte feito para análise das obstruintes constituiu-se da análise de seis fricativas, a saber: labiodentais /f, v/; alveolares /s, z/ e palatais /ʃ, ʒ/. No quadro 4 mostramos em destaque as palavras selecionadas para cada obstruinte fricativa. Vale pontuar que restringimos o contexto vocálico da consoante alvo, entre a vogal /a/, para evitar que as vogais, precedente e seguinte, exercessem influências distintas na produção da consoante.

Os sujeitos portadores de DP cansam com facilidade e tarefas muito longas podem introduzir a perda da atenção e a fadiga, fatores que poderiam comprometer o desempenho dos participantes. Por esse motivo, tivemos a preocupação de o *corpus* não

ser longo. Para tal, colocamos o maior número de palavras alvo dentro de cada sentença, o que resultou no posicionamento de palavras alvo ao final das sentenças. Isto acabou por introduzir outro fator: a ocasional necessidade de descarte de algumas amostras, localizadas no final da sentença, devido ao grande decréscimo de energia no final da sentença que, em alguns casos, impossibilitou a análise da palavra final.

Foram elaboradas quatorze sentenças contemplando todos os segmentos alvo. Podemos conferir as palavras alvo, nos quadros 3 e 4. O quadro 5 mostra a lista 1 de sentenças utilizadas. A partir da lista um, foram geradas outras nove listas, aleatorizando a posição das sentenças, totalizando, assim, dez listas contendo as quatorze sentenças.

elemento fônico	palavra 1	palavra 2
f	afaga	safári
v	cavalo	gravata
s	assado	passada
z	casaco	casados
z	cacheira	xaxado
Z	rajada	rajado
p	rapazes	sapato
t	batata	tratado
k	acaba	fracasso
b	babado	trabalham
d	cadáver	fadado
g	bagagem	fragata

Quadro 4 - Palavras selecionadas para cada consoante alvo

obs: as palavras selecionadas para análise neste trabalho encontram-se com fundo cinza

O controle do número de sílabas de cada sentença foi realizado com dois propósitos: primeiro, para que as sentenças não ficassem muito longas e, assim, evitássemos dificuldades de memória; segundo, para obtermos um parâmetro para controle sobre a taxa de elocução, caso julgássemos necessário. As sentenças tinham, no mínimo, quatorze e, no máximo, dezessete sílabas.

	Sentenças - Lista 1	nº sílabas
1	A forte rajada de vento virou a fragata	15
2	A garota danada roubou a peteca do moleque	17
3	A tarifa de exportação da cachaça é alta	16
4	Adoro comer javali assado com farofa	15
5	Coloquei na bagagem um sapato e uma gravata	16
6	Gosto de dançar xaxado com minha saia de babados	17
7	Este safári está fadado ao fracasso	14
8	Hoje acaba a procura pelo cadáver	14
9	O cavalo galopa veloz pela colina	14
10	Os rapazes casados trabalham no famoso boteco	17
11	O tratado provocou a subida das ações	14
12	Semana passada comi quitutes de batata	15
13	Sempre esqueço a chupeta no bolso do casaco	16
14	Tio Zacarias sempre afaga meu gato rajado	15

Quadro 5 - Lista de sentenças

3.3 - Procedimentos da coleta de dados

3.3.1 - Gravação

As sessões de gravação do grupo alvo foram realizadas na sede da APPP. Selecionamos o lugar que nos pareceu menos ruidoso da sede, a sauna. Essa sala localiza-se atrás da casa, distante da rua e do movimento dentro da Associação. Em contrapartida, por ser recoberta de azulejos, produz uma reverberação indesejável, a qual, naquele momento, no entanto, nos pareceu melhor do que ruídos intermitentes. As sessões de gravação do grupo controle foram realizadas nas respectivas casas dos voluntários. A cada sessão de gravação foi escolhido o local mais silencioso da casa e solicitado que os outros moradores contivessem ruídos provenientes de televisão, rádio e telefone.

Em média, as sessões de gravação duraram 30 minutos. Para possibilitar a gravação da tarefa com a fala mais natural, cada entrevista foi precedida de conversa informal, visando, inclusive, à familiarização com o uso do microfone. A tarefa experimental teve duração média de 15 minutos, variando conforme a velocidade na qual o sujeito a desempenhava.

3.3.2 - Tarefa experimental

A tarefa experimental proposta foi a repetição das sentenças elencadas no quadro 4 - lista 1. A partir das quatorze sentenças elaboradas para o *corpus*, foram feitas dez listas, aleatorizando a ordem de apresentação das sentenças. A tarefa consistiu na repetição de oito listas escolhidas aleatoriamente, totalizando cento e doze sentenças gravadas por sujeito. Do conjunto de oito repetições foram utilizadas cinco repetições de cada sentença para análise. Foram descartadas as gravações que apresentaram falhas técnicas, como interferências ou falhas no sinal, e que, por algum outro motivo, não apresentaram bom

sinal acústico. Afora este critério para exclusão, as sentenças para análise foram escolhidas a esmo. Assim, foi analisado um total de setenta sentenças por sujeito.

Informamos os sujeitos que a tarefa seria composta de oito repetições de uma lista contendo quatorze sentenças. Os participantes foram orientados a repetir as sentenças, utilizando volume e velocidade habituais da sua fala. Os sujeitos não foram corrigidos durante a tarefa. Nos casos em que apresentaram dificuldade na fala de uma sentença, por evidente falta de memória do conteúdo, recordamos-lhes a sentença. Essas amostras foram eliminadas da análise.

3.3.3 - Material técnico

As gravações foram feitas diretamente no *hard drive* de um *laptop MacBook*, com uso de uma placa de pré-amplificação, *M-audio mobile pré USB* e microfone de cabeça AKG C 420. O microfone foi posicionado a 10 cm dos lábios em posição diagonal. Usamos o *software Audacity* (versão 1.2.6) como interface de gravação, o *software SoundForge* (versão, 4.0) para manipulação do sinal e o *software Praat* (versão 5.0) (Boersma & Weenink, 2007) para análise acústica do sinal.

As gravações foram feitas usando taxa de amostragem de 44.1 kHz, com quantização a 16 bits.

3.4 - Análise dos dados

Os dados foram gravados via programa *Audacity*²⁴, sendo, posteriormente, exportados como som *wave* e analisados via programa de análise acústica *Praat*. Quando foi necessário aumentar a intensidade da gravação, essas amostras foram manipuladas através do *software SounForge*.

3.4.1 - Segmentação dos dados acústicos

A segmentação dos elementos fônicos alvo foi realizada através da inspeção da forma da onda e do espectrograma. Adotamos a seguinte padronização:

- 1) Vogais: *onset* - momento inicial de energia periódica, primeiro pulso glótico
offset - finalização da energia periódica, último pulso glótico
- 2) Fricativa: *onset* - após o último pulso glótico da vogal precedente
offset - primeiro pulso glótico da vogal seguinte

3.4.2 - Análise acústica

3.4.2.1 - Vogais

Foram extraídos os valores dos dois primeiros formantes de cada vogal. Na maioria dos casos, utilizamos o script²⁵ 1 (anexo 4) para extração dos formantes. Nos casos em que a trajetória formântica não se encontrava estável, os parâmetros do

²⁴ Este é um software livre disponibilizado na net para manipulação de sinal de áudio, encontrado na página www.audacity.sourceforge.net.

²⁵ O script permite a implementação automática de uma rotina de trabalho. Os *scripts* foram elaborados para este trabalho por Leonardo Oliveira e Maria Francisca de Paula Soares e estão disponíveis em anexo.

espectrograma foram manipulados manualmente e a extração dos valores formantes foi manual. O *script* utilizado permitiu a extração dos valores em três janelas, para extração dos formantes, a saber: (a) janela 1- duração total da vogal, (b) janela 2 - ponto na metade da vogal e (c) janela 3 - janela de 30 ms, a partir do ponto médio da vogal. Apesar disso, optamos por utilizar apenas os valores extraídos da janela de 30 ms, a partir do ponto médio da vogal. Escolhemos a janela de 30 ms, para análise pois, a princípio, a parte medial da vogal é a mais estável. Além disso, esta janela é desejável, pois provê uma média de valores, não apenas um ponto, o que é mais representativo da produção. Nos casos em que a trajetória formântica não se apresentava estável, manipulamos diferentes parâmetros no *formant settings*, tais como: tamanho da janela, número de formantes ou máximo de formantes. Após a manipulação e a estabilização da trajetória formântica, marcamos uma janela de 30 ms, a partir do ponto médio da vogal, para a extração manual dos formantes. Ainda, nos casos em que a parte mais estável da vogal não era na parte central, posicionamos a janela na parte da trajetória a qual julgamos ser mais estável, mantendo a janela de 30 ms.

A partir dos valores extraídos dos formantes, sucederam-se as análises do espaço vocálico e da dispersão vocálica. Os valores dos formantes foram medidos em Hertz e transformados em Bark para as análises. A transformação de Hz para Bark, é utilizada como um procedimento de normalização das vogais, calculada através da fórmula:

$$z = [26.81 / (1 + 1960 / f)] - 0.53$$

* f é a medida do formante em Hz

Para a plotagem dos valores dos formantes no gráfico do espaço vocálico, utilizamos a média de cada formante, F1 e F2, para cada vogal em Bark. O gráfico gerado representa um polígono de sete lados, onde cada ponto é a média de cada uma das sete vogais. É possível calcular a área do polígono, utilizando-se conceitos da álgebra linear, onde são utilizados os vértices e suas coordenadas. Parte-se do preceito de que o produto de

dois vetores resulta na área de um paralelogramo e que a área do paralelogramo é a metade da área do triângulo. Deste modo, a área de um polígono pode ser calculada, usando um somatório simples, baseado na soma de áreas de triângulos. A área do polígono é dada por:

$$A(P) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} (x_i y_{i+1} - y_i x_{i+1})$$

* Sendo que x_1 e y_1 são as coordenadas do vértice v_1 , do polígono P com n vértices. ²⁶

A configuração do espaço vocálico foi inspecionada visualmente. Ainda, calculamos algumas medidas para compreendermos a distribuição das vogais dentro do espaço vocálico. Para tal, utilizamos a medida de valores extremos, máximos e mínimos, de F1 e F2, para cada sujeito.

No intuito de complementarmos a análise, utilizamos outro procedimento de normalização, o *z-score*. O *z-score* é uma quantificação derivada da subtração da média de uma população de um *score* de um único indivíduo, dividido pelo desvio padrão desta população. O *z-score* indica o quanto do desvio padrão está acima ou abaixo da média. A fórmula de cálculo do *z-score* é:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

* x é o *score* a ser normalizado; σ é o desvio padrão da população e μ é a média da população.

Plotamos as médias dos valores de F1 e F2 normalizado via *z-score*, gerando outro gráfico de espaço vocálico. A configuração do espaço vocálico em *z-score* foi analisada qualitativamente, através do desenho de sua configuração.

²⁶ Para maiores explicações consultar página: www.pbh.gov.br/prodabel/cde/publicacoes/2001/davis2001e.pdf

A partir da plotagem de todas as amostras de valores de F1 e F2 para cada vogal, utilizamos o programa de análise estatística *Statistica* para calcular a elipse de dispersão de cada vogal. Essa elipse demarcou a zona de produção vocálica de cada vogal, possibilitando a verificação da variação vocálica em Bark.

A dispersão vocálica foi calculada a partir da distância euclidiana do centróide até os pontos de plotagem de cada amostra de vogal. A distância euclidiana foi calculada a partir da aplicação do Teorema de Pitágoras pela seguinte fórmula:

$$d(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \sqrt{(\mathbf{a}_x - \mathbf{b}_x)^2 + (\mathbf{a}_y - \mathbf{b}_y)^2}$$

*Onde: d é a dispersão vocálica, x representa o eixo de F1 e y o eixo de F2, a representa o centróide e b o ponto da amostra da vogal.

3.4.2.2 - Fricativas

A análise das fricativas constou da análise dos seguintes parâmetros acústicos:

- 1) Duração da fricativa - absoluta (ms) e normalizada em *z-score*;
- 2) Duração da vogal precedente - absoluta (ms) e normalizada em *z-score*;
- 3) Amplitude normalizada;
- 4) Transição de F2.

A duração da fricativa incluiu a porção do ruído fricativo e da aspiração²⁷. Essa medida foi analisada em valores absolutos e, também, através da normalização em *z-score*. A normalização das medidas temporais são aconselháveis para neutralizar os efeitos de tamanho de trato dos diferentes indivíduos. Para a extração da medida absoluta, utilizamos o *script 2* (anexo 5) o qual nos forneceu a medida da duração dos intervalos previamente segmentados. A transformação em *z-score* foi realizada a partir da fórmula já descrita no item 3.4.2.1, p. 48.

A duração da vogal precedente foi extraída e analisada da mesma forma que a duração da fricativa.

A amplitude normalizada foi calculada a partir da extração dos valores da intensidade da fricativa (*Af*) e da vogal seguinte (*Av*). A subtração dos dois valores *Af* e *Av*, resultou na amplitude normalizada. As duas medidas de amplitude, *Af* e *Av*, foram extraídas através do *script 3* (anexo 6). Os cálculos da amplitude normalizada foram feitos manualmente.

A transição formântica foi calculada manualmente, pois nem sempre a trajetória formântica era totalmente estável, não sendo, portanto, confiável para cálculo automático. Para tal, foi extraída a medida de F2 no primeiro pulso glótico da vogal seguinte à fricativa.

Foi realizada, ainda, uma análise qualitativa do vozeamento. Para tal, extraímos a proporção de vozeamento do intervalo desvozeado. Para a extração dessa medida, utilizamos o *script 4* (anexo 7). A seguinte convenção foi utilizada para análise dos resultados:

²⁷ Tjaden e Turner (1997) afirmam que as fricativas podem apresentar uma porção de aspiração, pré e pós ruído fricativo. Para facilitar a segmentação, decidimos incluir o ruído fricativo e a aspiração, nas medidas das fricativas.

- 1) 0 a 33% de vozeamento - desvozeado,
- 2) 33 a 66% de vozeamento - ambíguo,
- 3) 66 a 100% de vozeamento - vozeado .

A partir dessa análise, categorizamos os dados, da seguinte forma: (a) produções padrão: aquelas em que a proporção do vozeamento era esperada para o segmento alvo e (b) produções não-padrão: aquelas em que o vozeamento não confirma a expectativa esperada para o segmento alvo. As produções não-padrão foram separadas em mais duas categorias: (b.1) categóricas: aquelas em que houve inversão total do vozeamento, isto é, onde fricativas desvozeadas foram realizadas como vozeadas, ou vice-versa e (b.2) ambíguas: aquelas que apresentaram porções de vozeamento e de desvozeamento. Computamos a ocorrência de todos os tipos de produções; a partir da frequência de ocorrência, analisamos estatisticamente os resultados.

3.4.3 - Análise Estatística

A análise estatística dos resultados foi feita no programa *Statistica*, versão 6.0 . Para tal, utilizamos os seguintes testes estatísticos:

- 1)Análise descritiva para a análise da dispersão das vogais.
- 2)Teste-t para análise das áreas do espaço vocálico.
- 3)ANOVA de medidas repetidas, modelo GLM, para análise das fricativas. Foram estabelecidas três variáveis independentes, a saber: local de constrição, palavra e vozeamento. As condições de cruzamento foram

as seguintes: três locais de constrição: (1) labiodental; alveolar e palatal; (2) duas palavras para cada local de constrição: palavra 1 e palavra 2 e (3) duas possibilidades de vozeamento: vozeado e desvozeado. Utilizamos a média de cinco produções de cada palavra, para cada parâmetro acústico avaliado, para cada falante. Os parâmetros foram avaliados separadamente para cada grupo experimental (A e C) e depois, comparativamente. O parâmetro de transição de F2 também foi avaliado de acordo com os dois sexos (M e F).

4) Teste Qui quadrado, para análise das frequências de ocorrência das categorias de sonorização das fricativas.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO: VOGAL

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos nas análises das produções vocálicas. A investigação das produções vocálicas é realizada via extração de F1 e F2. A partir destes dados, utilizamos os seguintes procedimentos para análise: configuração do espaço vocálico em Bark; área do espaço vocálico em Bark; extensão de F1 e F2 em Bark; configuração do espaço vocálico em *z-score*; variabilidade e dispersão vocálica.

O grupo alvo é composto de seis sujeitos portadores de DP, sendo três homens e três mulheres. Fazem parte deste grupo os sujeitos denominados A4, A6 e A10, do sexo feminino, e os sujeitos A3, A5 e A7, do sexo masculino. O grupo controle é composto por seis sujeitos sem patologia neurológica, sendo três homens e três mulheres. Fazem parte deste grupo os sujeitos denominados C2, C4 e C6, do sexo feminino, e C1, C3 e C5, do sexo masculino. A descrição de cada sujeito está no capítulo 3, quadro 2, p.37. A exposição dos resultados obedecerá a seqüência numérica referente aos rótulos dos sujeitos,

os dados estão agrupados de acordo com o sexo, primeiramente serão apresentados os dados do subgrupo feminino e na sequência os dados referentes ao subgrupo masculino.

4.1 - Espaço vocálico

4.1.1 - Configuração do espaço vocálico em Bark

O padrão formântico das vogais reflete as configurações articulatórias que as produzem. Geralmente F1 varia com a altura da língua, obtendo valores mais baixos para posições mais altas da língua e valores altos para posições baixas da língua. Já F2 correlaciona-se com a movimentação em sentido ântero-posterior da língua: quanto mais anterior, maior F2; quanto mais posterior, menor F2. A configuração do espaço vocálico tem sido utilizada como uma ferramenta de análise da coordenação dos movimentos articulatórios. Reduções no espaço articulatorio têm sido mostradas na fala disártrica, por exemplo na ELA (WEISMER *et al.*, 1992; TURNER *et al.*, 1995; WEISMER *et al.*, 2001) e na DP (WEISMER *et al.*, 2001; MCRAE *et al.*, 2002, TJADEN *et al.*, 2005; FRAAS, 2003; SOARES, 2007).

Plotamos o espaço vocálico, a partir das médias de F1 e F2 em Bark²⁸, de cada vogal. Apresentaremos inicialmente os gráficos do grupo alvo e na sequência, os gráficos do grupo controle. Os gráficos 2 a 7 são relativos ao grupo alvo e os gráficos de 8 a 13 relativos ao grupo controle. Os três primeiros gráficos de cada grupo correspondem ao subgrupo feminino, sendo os gráficos 2, 3, 4, 8, 9, 10 representativos dos sujeitos A4, A6, A10, C2, C4 e C6, respectivamente; ainda, os gráficos 5, 6, 7, 11, 12 e 13 correspondem ao subgrupo masculino, representando os sujeitos A3, A5, A7, C1, C3 e C5, respectivamente.

²⁸ A metodologia para a transformação em Bark está descrita no cap 3, p. 48

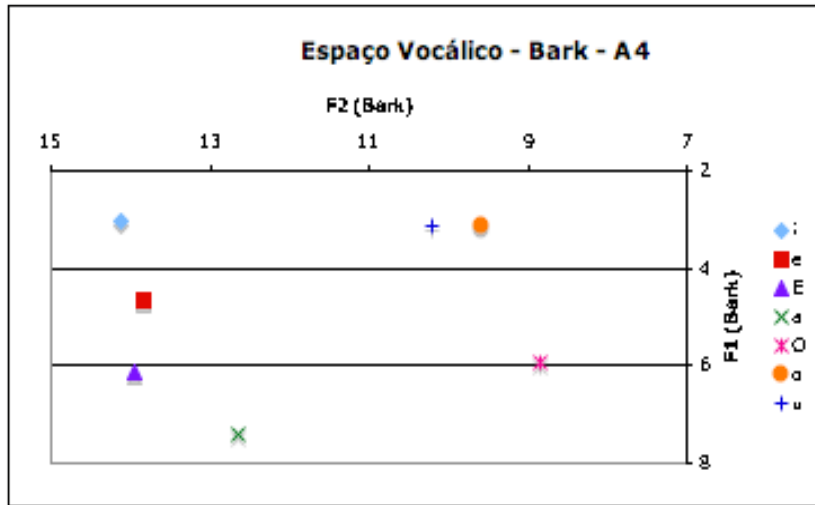


Gráfico 2 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A4

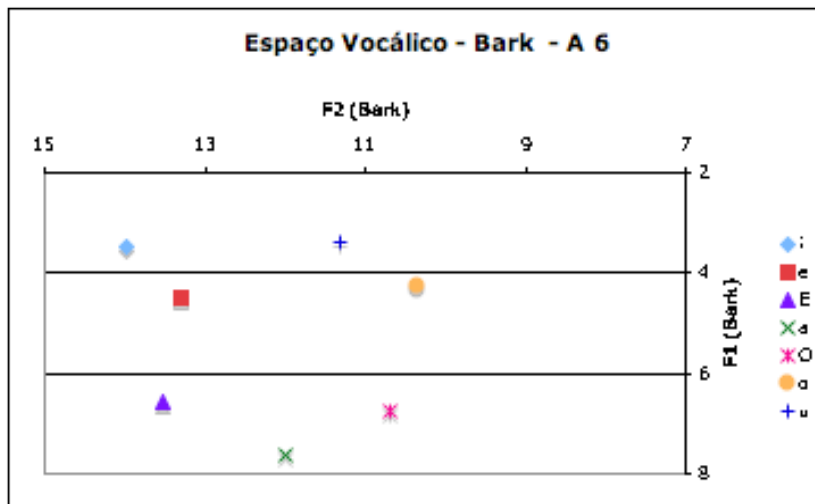


Gráfico 3 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A6

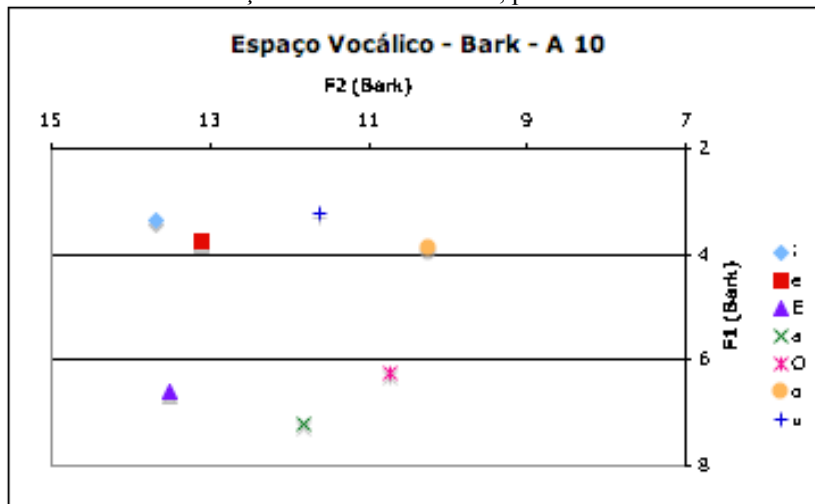


Gráfico 4 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A10

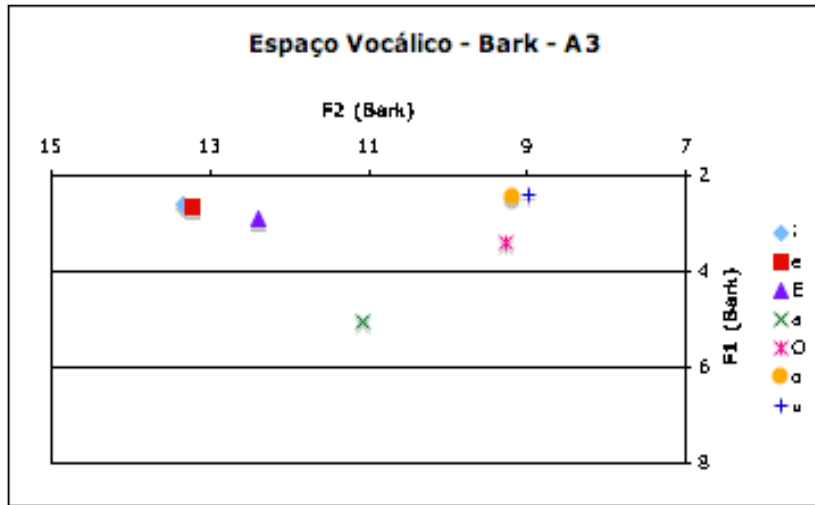


Gráfico 5 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A3

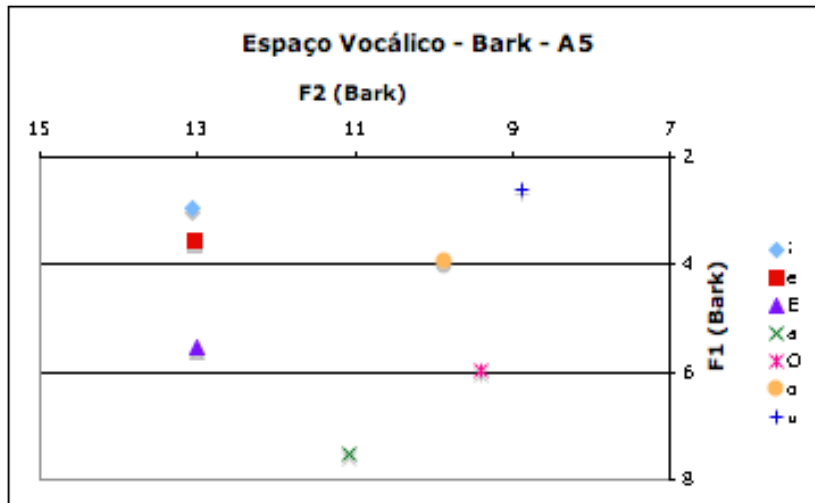


Gráfico 6 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A5

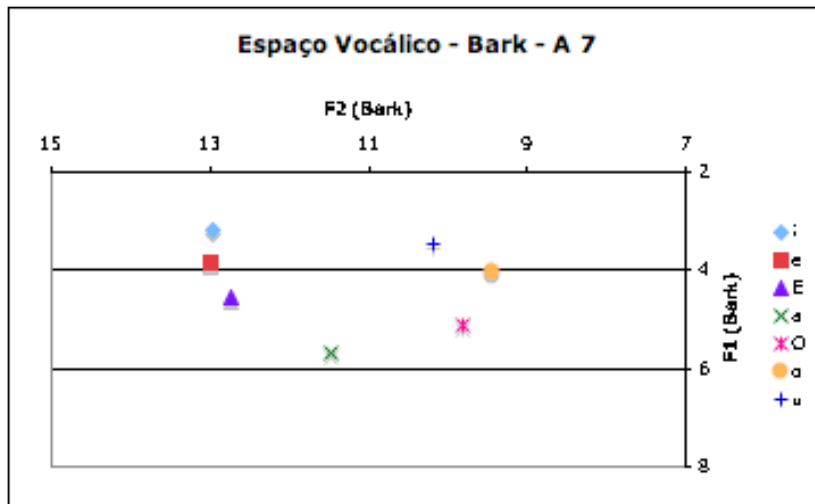


Gráfico 7 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para A7

Constatamos que a configuração do espaço vocálico para as três mulheres do grupo alvo — gráficos 2, 3 e 4 — apresenta reduções no eixo de F2, representativo da excursão da língua no sentido ântero-posterior. Verificamos, também, que a produção das vogais com altas — /i/ e /u/ — é realizada com menor excursão da língua, em sentido horizontal, do que as vogais médias — /e/ e /o/. A distância de F2 entre as vogais /i/ e /u/ é menor do que a distância de F2 para /e/ e /o/. Este fato sugere que a movimentação em sentido ântero-posterior da língua seja mais difícil, quando realizada com o dorso da língua levantado, do que com o corpo da língua em posição medial.

Com relação ao subgrupo masculino, observamos em dois sujeitos — A3 (gráfico 5) e A7 (gráfico 7) — redução no eixo de F1, referente à movimentação de altura da língua. Em contrapartida, o eixo de F2 parece sofrer menor redução, comparado aos gráficos do subgrupo feminino, sendo que apenas um dos sujeitos (A7) apresenta distância entre /e/ e /o/ maior do que /i/ e /u/.

Vale pontuar que a excursão no sentido vertical, relativa aos valores de F1, não é relacionada unicamente a abertura da mandíbula apesar dessa ser a sua principal correlação fisiológica. Outros mecanismos motores tais como: elevação da laringe, anteriorização e elevação da língua também podem trazer impacto nos valores de F1. Com relação as medidas de F2, além da movimentação em sentido ântero-posterior da língua o arredondamento dos lábios pode modificar as medidas de F2.

Em consonância com a literatura, nossos dados confirmam redução no espaço vocálico dos sujeitos parkinsonianos em comparação com o grupo controle (TURNER *et al.*, 1995; WEISMER *et al.*, 2001; MCRAE *et al.*, 2002, TJADEN *et al.*, 2005; FRAAS, 2003; SOARES, 2007). Weismer *et al.*, (2001) referem que a redução do espaço vocálico em sujeitos disártricos não é simétrica, sendo que alguns sujeitos apresentam maior redução no eixo de F2, enquanto outros apresentam redução em F1 ou,

ainda, podem apresentar reduções em ambos os eixos. Nossos resultados apontam para a mesma direção, confirmando que a avaliação individual é necessária para o entendimento das estratégias particulares de adaptação das dificuldades motoras.

A seguir, apresentamos os gráficos relativos ao grupo controle:

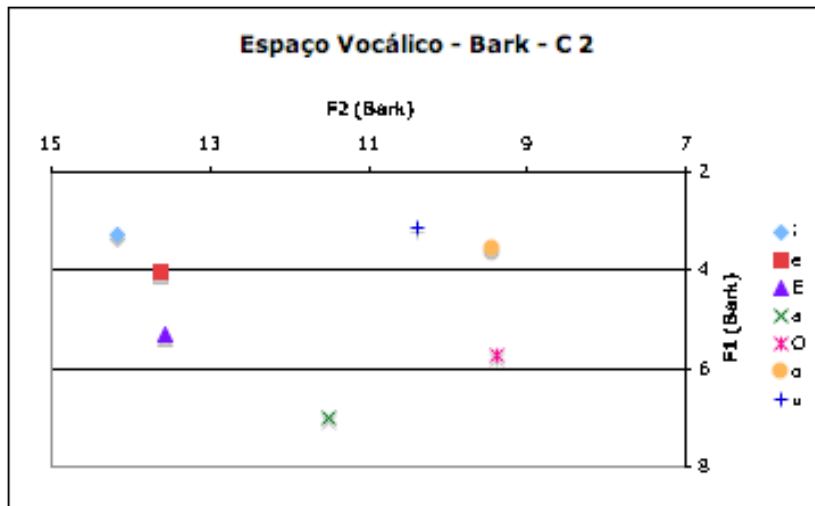


Gráfico 8 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C2

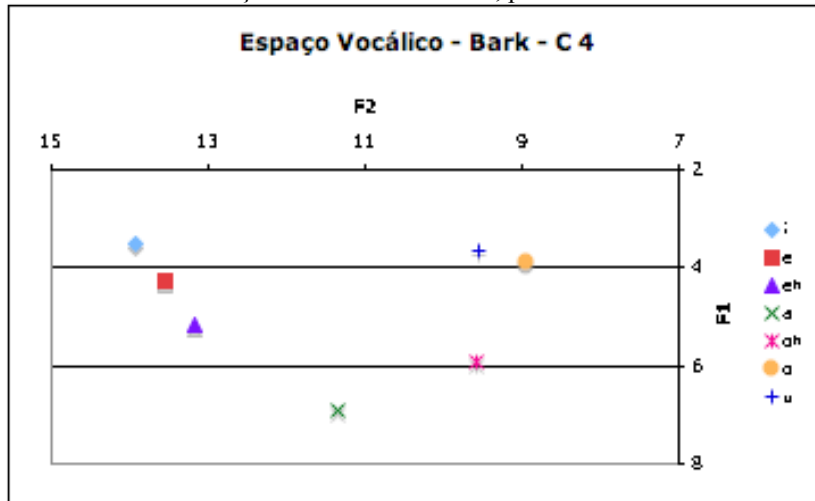


Gráfico 9 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C4

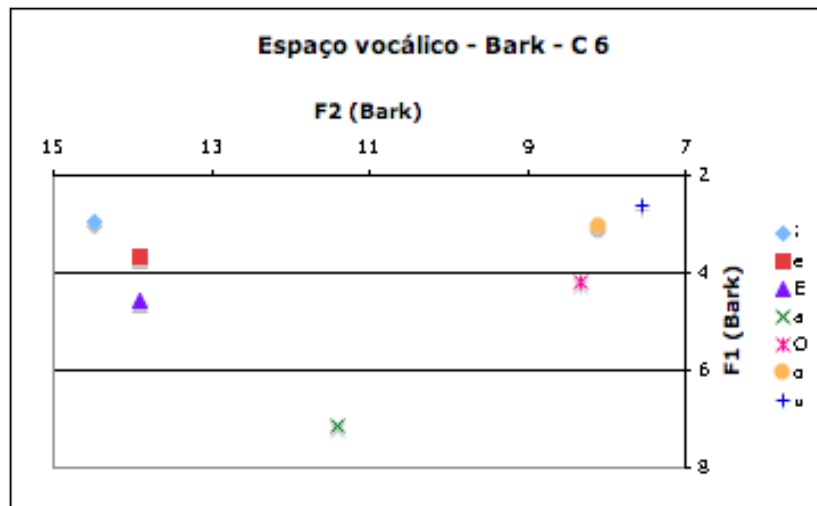


Gráfico 10 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C6

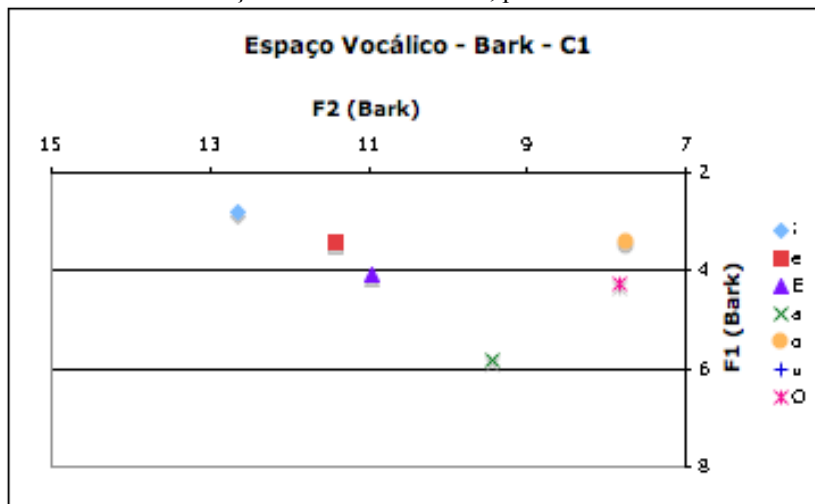


Gráfico 11 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C1

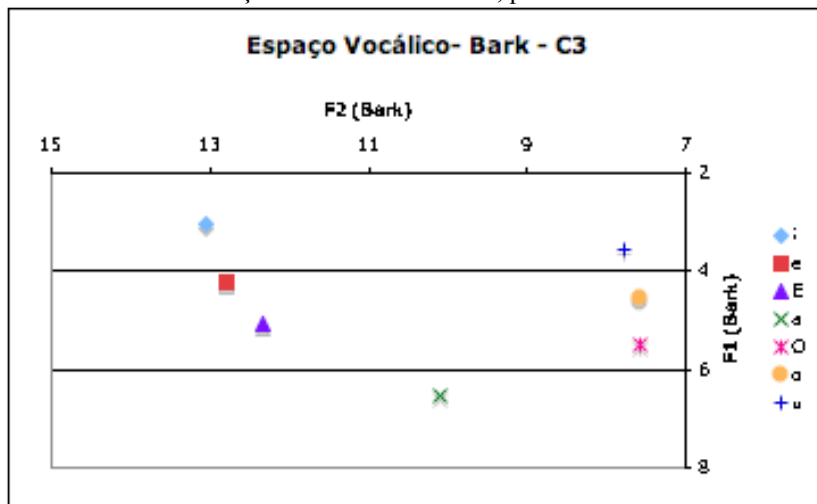


Gráfico 12 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C3

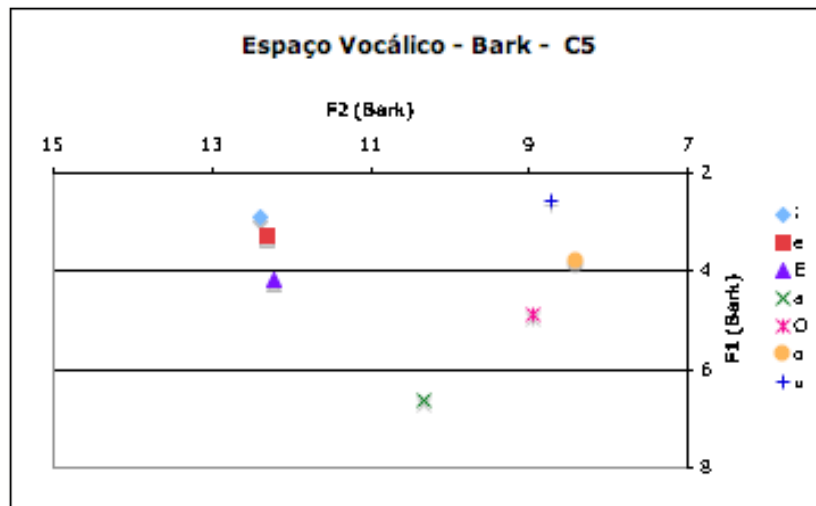


Gráfico 13 - Distribuição de F1 e F2 em Bark, para C5

Podemos constatar que, no grupo controle, as vogais estão distribuídas de forma mais equilibrada, dentro do espaço vocálico, em comparação ao grupo alvo. As vogais altas, tanto anteriores quanto posteriores, demonstram alguns problemas. As vogais /i/ e /e/ apresentam frequências muito próximas e ocupam a mesma zona, dentro do espaço vocálico. Verificamos em alguns sujeitos — C2, C6 e C5 — a produção da vogal /u/ mais anteriorizada (maior F2) do que a vogal /o/.

Segundo alguns trabalhos na literatura, as vogais médias seriam menos sujeitas ao impacto da restrição de movimentação articulatória, por ocuparem naturalmente uma posição mais central (MCRAE *et al.* 2002; TJADEN *et al.*, 2005). Nossos resultados, mostram que as vogais médias tendem a ser mais resistentes a reduções no eixo de F2, fato demonstrado pela menor distância entre as vogais /i/ e /u/, comparadas à distância entre /e/ e /o/, contrariamente ao esperado. Este fato ocorre para vários sujeitos nos dois grupos (C2, C6 e C5). Na maioria dos casos, a vogal /u/ é que se encontra anteriorizada. Watson & Munson (2007) encontraram produções vocálicas de vogais altas, para o inglês, mais posteriorizadas, comparadas a um grupo de adultos jovens, achado oposto ao que encontramos neste trabalho. Os autores comentam que a articulação mais posteriorizada reflete a pronúncia mais conservadora da língua, ligando este achado a questões

sociolinguísticas. Com relação aos nossos achados, levantamos duas hipóteses: ou o ambiente fonológico das palavras testadas estaria facilitando o aumento de F2, ou os movimentos de elevação do dorso da língua são mais difíceis de serem realizados pela população idosa. Para investigação da segunda hipótese, teríamos que analisar a produção de vogais em sujeitos adultos jovens e compará-las aos sujeitos idosos, o que é uma possibilidade para trabalho futuro.

Poucos trabalhos na literatura, mesmo em língua inglesa, tratam da deteriorização articulatória desencadeada pelo envelhecimento (LINVILLE e FISHER 1985; LISS, WEISMER *et al.*, 1990; WEISMER e FROMM, 1995; LINVILLE, 2001; WATSON e MUNSON, 2007). Há indícios de que sujeitos idosos tenham menores médias de F1 do que sujeitos jovens (LINVILLE, 1985; WATSON e MUNSON, 2007), fato que nossos dados corroboram, pelo menos com relação ao subgrupo masculino, em ambos os grupos.

Vale notar que a configuração vocálica dos sujeitos femininos demonstra características distintas dos sujeitos masculinos, tanto para o grupo alvo quanto para o controle. Os sujeitos masculinos apresentam tendência a apresentar valores menores no eixo de F1, correspondente à abertura da mandíbula, comparativamente aos sujeitos femininos. Apenas um sujeito feminino do grupo alvo (A4) apresenta valores de F1 menor do que seis (vogal /a/), enquanto que, no grupo dos sujeitos do sexo masculino, quatro — dois do grupo alvo (A3 e A7) e dois do grupo controle (C1, C3) — apresentam valores de F1 (vogal /a/) menores do que seis. Este fato pode indicar que os sujeitos masculinos tendem a fazer menor abertura de mandíbula do que os sujeitos femininos, independentemente da presença da patologia. De fato, a literatura refere que as mulheres são mais inteligíveis e que apresentam maiores áreas de espaço vocálico do que os homens (BRADLOW *et al.*, 1996; NEEL, 2008). O pior índice de inteligibilidade apresentado pelos homens pode estar ligado à diminuição na movimentação vertical de abertura de boca

apresentada pelos sujeitos masculinos.

No intuito de complementar a análise da configuração do espaço vocálico, investigamos as extensões de F1 e F2. Para tal, realizamos o cálculo da diferença dos valores extremos de cada formante, entre todas as vogais. Os quadros 6 e 7 mostram os valores extremos de F1 e F2, entre as médias de cada vogal, e as medidas de extensão de F1 e F2 para cada sujeito do grupo alvo e controle, respectivamente. Está marcada entre parênteses a vogal correspondente ao valor extremo.

Verificamos, no quadro 6, que os valores extremos mínimos de F1 correspondem à vogal /i/ em 50% e 50% para /u/; enquanto a vogal /a/ corresponde em 100% ao valor máximo. Os valores mínimos de F2 se dividem em 66,66% para /o/ e 33,33% para /u/, enquanto a vogal /i/ apresenta em 100% os valores máximos.

sujeito gr. alvo	sexo	F1 mín.	F1 máx.	F2 mín.	F2 máx.	extensão F1	extensão F2
A4	F	3.05 (i)	7.38 (a)	9.58 (o)	14.12 (i)	4.33	4.54
A6	F	3.37 (u)	7.63 (a)	10.35 (o)	13.99 (i)	4.26	3.64
A10	F	3.23 (u)	7.19 (a)	10.22 (o)	13.68 (i)	3.96	3.46
A3	M	2.39 (i)	5.04 (a)	8.99 (u)	13.34 (i)	2.65	4.35
A5	M	2.62 (u)	7.52 (a)	8.87 (u)	13.06 (i)	4.9	4.19
A7	M	3.16 (i)	5.70 (a)	9.45 (o)	13.00 (i)	2.56	3.55

Quadro 6- Valores extremos de F1 e F2 e extensão de F1 e F2 para o grupo A, em Bark

Constatamos que, para quatro sujeitos do grupo alvo —A4, A6, A10 e A7 — os valores extremos mínimos de F2 não correspondem à vogal /u/, mas à vogal /o/. Destes quatro sujeitos, três pertencem ao subgrupo feminino — A4, A6, A10 — e um, ao

masculino — A7. Ainda, podemos verificar que é freqüente a menor extensão no eixo F1 para o subgrupo masculino.

sujeito gr. controle	sexo	F1 mín.	F1 máx.	F2 mín.	F2 máx.	extensão F1	extensão F2
C2	F	3.13 (i)	7.01 (a)	9.37 (O)	14.16(i)	3.88	4.79
C4	F	3.50(i)	6.90 (a)	8.95 (o)	13.94 (i)	3.4	4.99
C6	F	2.62 (i)	7.16 (a)	7.53 (u)	14.49 (i)	4.54	6.96
C1	M	2.79 (i)	5.85 (a)	6. 78 (u)	12.65 (i)	3.06	5.87
C3	M	3.02 (i)	6.54 (a)	7.56 (O)	13.04 (i)	3.52	5.48
C5	M	2.58 (u)	6.62 (a)	8.40(u)	12.38(i)	4.04	3.98

Quadro 7 - Valores extremos de F1 e F2 e extensão de F1 e F2 para o grupo C, em Bark

Analisando o quadro 7, comprovamos que os valores extremos mínimos de F1 correspondem à vogal /i/ em 83,33% e 16,66% à vogal /u/, enquanto os valores máximos de F1 correspondem em 100% à vogal /a/. Os valores extremos máximos de F2 correspondem à vogal /i/ e os mínimos dividem-se em 50% para vogal /u/, 33,33% para a vogal /o/ e 16,66% para /O/ .

Podemos verificar que os valores máximos, tanto de F1 quanto de F2, são bem definidos entre as vogais /i/ para F2 e /a/ para F1, nos dois grupos experimentais. Os valores mínimos, tanto de F1 quanto de F2, é que demonstram alguma flutuação. Os valores mínimos de F1 dividem-se entre as vogais /i/ e /u/. Os sujeitos do grupo controle tendem a realizar a vogal /i/ com menor abertura de mandíbula do que o /u/, enquanto o grupo alvo não apresenta definição, alternando em 50% das realizações entre /i/ e /u/. Já os valores mínimos de F2 apresentam grande flutuação entre três vogais posteriores /o/, /O/ e /u/. A vogal /u/ tende a ser a mais posterior, com menores valores de F2, para o grupo

controle, enquanto o grupo alvo realiza a vogal /o/, na maior parte das vezes, como a vogal mais posterior. O que parece indicar que a elevação do dorso da língua, para a articulação do /u/, restringe a movimentação no sentido posterior.

Corroboramos o achado de Neel (2008), a qual afirma que nem sempre a vogal /u/ é representativa da produção extrema de F2 para sujeitos sem patologia neurológica. Portanto, é necessário ter cautela, ao usar o triângulo vocálico composto por /i/, /a/ e /u/²⁹, como representante das articulações extremas das vogais, pois se pode incorrer no risco de não estarem sendo computadas, realmente, as vogais de articulação mais extremas, fato que pode subestimar a maior área de trabalho, dentro do espaço vocálico.

Os valores da extensão dos eixos de F1 apresentam maior variação no grupo alvo do que no grupo controle; entretanto, as médias não se diferenciam muito entre si. A análise estatística por Teste-t não mostra diferença estatística entre os grupos para a extensão de F1 ($t=.0712$, $p, < .9446$). Por sua vez, os valores de extensão de F2 apresentam diferença significativa entre os dois grupos experimentais ($t=-4.571$, $p, < .00102$). O gráfico 14 mostra os resultados do Teste-t para extensão de F1 e F2, comparando os grupos alvo e controle.

²⁹ Essa medida é amplamente utilizada pela literatura, conforme comentado no capítulo 3, sessão 3.1.1, pg.44

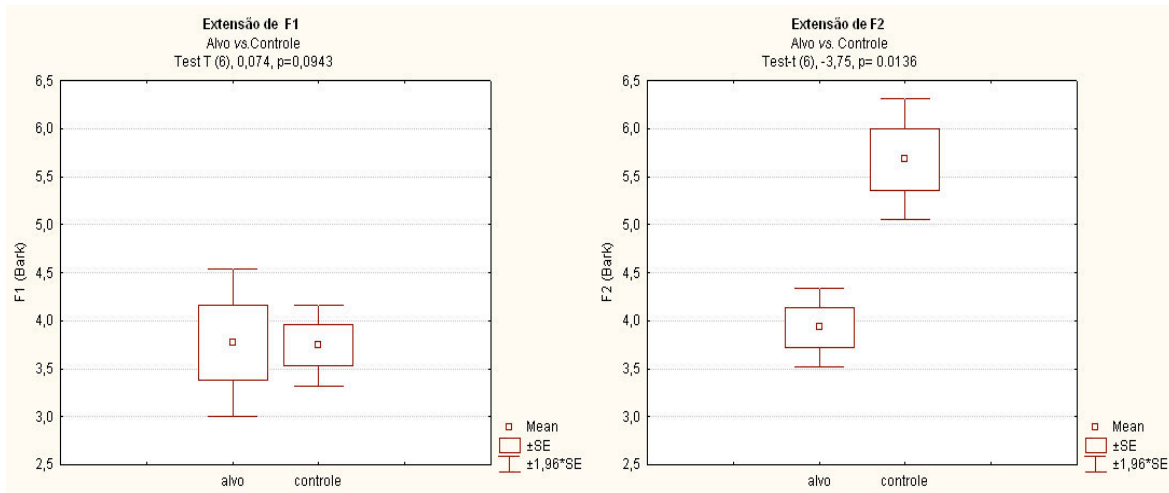


Gráfico 14 - Média e desvio padrão da extensão de F1 e F2, respectivamente, para os grupos experimentais A e C.

Esses resultados sugerem que a abertura da mandíbula sofre menor impacto de redução da sua mobilidade do que a movimentação da língua, no sentido ântero-posterior, nos sujeitos portadores de DP.

Os valores de extensão tanto de F1 e F2 em geral apresentam-se maiores para as mulheres do que para os homens, fato que contribui para o achado de maior área vocálica para o subgrupo feminino, comparativamente ao masculino, como veremos no item seguinte, 4.1. 2. Contudo, a análise estatística por Teste-t não comprova a diferença estatística, entre os grupos feminino e masculino, para a extensão de F1 ($t= 0.2266$, $p < .825$), nem tampouco, para extensão de F2 ($t= 1.4964$, $p < .1654$), como mostram o gráfico 15.

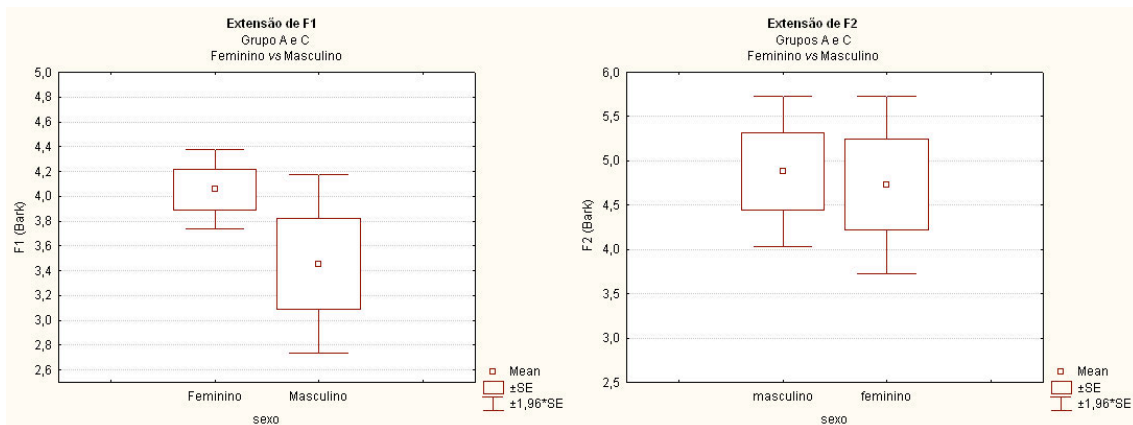


Gráfico 15 - Média e desvio padrão da extensão de F1 e F2, respectivamente, para os grupos experimentais, A e C, separados por sexo

4.1. 2 -Área do espaço vocálico em Bark

O cálculo da área do espaço vocálico, realizado a partir do polígono irregular, formado pela plotagem da média dos sete pontos das vogais, mostra indícios de que o grupo alvo possui área do espaço vocálico menor do que o grupo controle (quadro 8). A diferença entre as áreas do espaço vocálico entre os grupos não foi estatisticamente significativa ($t=1.184$, $p < .857$), gráfico 16. A grande variabilidade entre os sujeitos e o número restrito de sujeitos (seis por grupo) podem ser os responsáveis pela não significância estatística. Vários estudos na literatura mostram que a área do espaço vocálico em sujeitos disártricos é menor do que em sujeitos sem patologia neurológica (TURNER *et al.*, 1995; FRAAS, 2003; LIU, *et al.*, 2005). Especificamente, com relação aos sujeitos parkinsonianos, apesar de os trabalhos corroborarem a tendência de redução da área do espaço vocálico, não há confirmação estatística dessas diferenças (MCRAE *et al.*, 2002; TJADEN *et al.*, 2005; SOARES, 2007). Desta forma, nossos dados se assemelham aos achados da literatura.

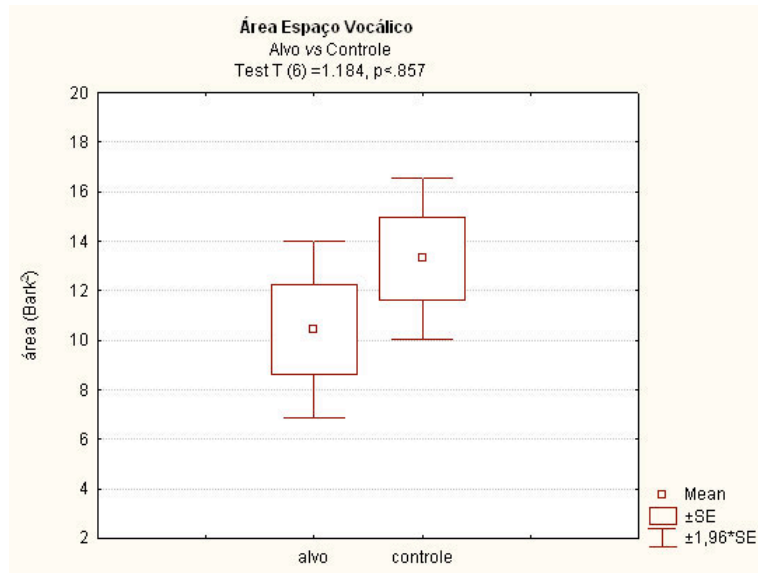


Gráfico 16- Área do espaço vocálico por grupo experimental

sujeitos grupo alvo	sexo	área (Bark ²)	sujeitos grupo controle	sexo	área (Bark ²)
A4	F	17.18	C2	F	12.9
A6	F	10.8	C4	F	18
A10	F	9.7	C6	F	17.18
A3	M	5.38	C1	M	7.03
A5	M	13.42	C3	M	13.9
A7	M	6.2	C5	M	6.7

Quadro 8 - Medidas das áreas dos espaços vocálicos em Bark²

Vale ressaltar que os dois sujeitos parkinsonianos — A5 e A4— que apresentaram maior área do espaço vocálico, similares as medidas das áreas dos sujeitos controle, apresentam disartria moderada³⁰ enquanto, o restante dos sujeitos parkinsonianos apresentam disartria severa, corroborando assertivas da literatura as quais relacionam área

³⁰ Para consultar a classificação, ver gráfico 1, sessão 3.1, capítulo 3, p.39.

do espaço vocálico com índices de severidade da disartria (TURNER, *et al.*, 1995; FRAAS, 2003; LIU, *et al.*, 2005).

Analisamos a área vocálica entre os sexos para cada grupo. A literatura aponta para o fato de as mulheres serem mais inteligíveis e terem áreas de espaço vocálico maior do que os homens (BRADLOW *et al.*, 1996; NEEL, 2008). As áreas do espaço vocálico das mulheres apresentam indícios de serem maiores, comparadas com os homens, para os grupos alvo e controle, como mostra o gráfico 17, apesar de as diferenças não serem estatisticamente significantes ($t=1.200$, $p < .909$ para grupo alvo e $t=1.578$, $p < .775$). A diferença nos valores das áreas do espaço vocálico, entre homens e mulheres, poderia ser atribuída às diferenças no tamanho do trato vocal e não ser um indício de acurácia articulatória. Por este motivo, utilizamos o procedimento de normalização em Bark a fim de diminuir as influências fisiológicas de tamanho de trato para a comparação dos sujeitos entre os sexos. Assim, nossos resultados refletem apenas as características articulatórias dos falantes.

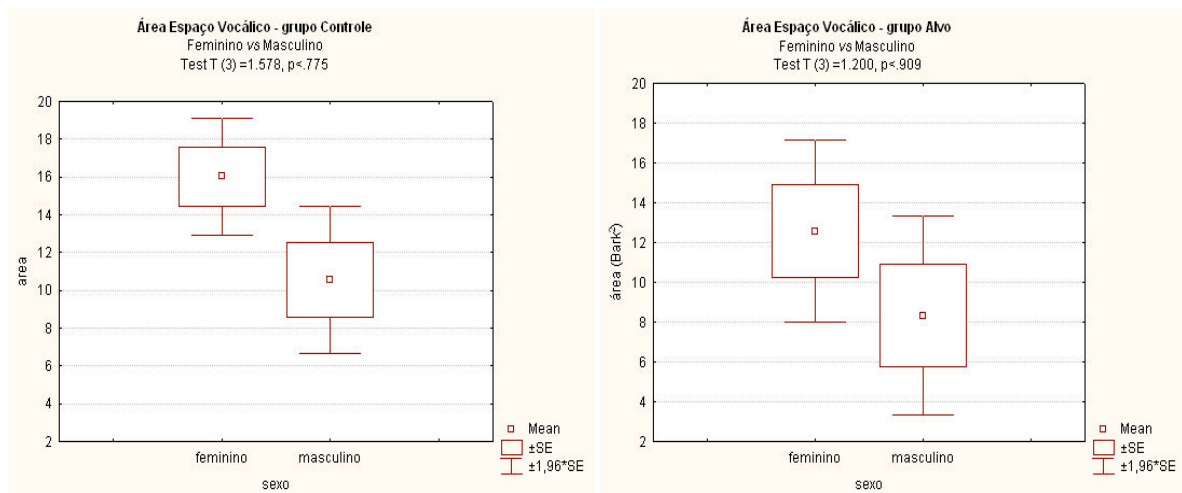


Gráfico 17 - Área espaço vocálico por sexo, grupo C e grupo A, respectivamente

Apesar da não comprovação estatística da diferença entre as áreas dos espaços vocálicos entre os sexos, verificamos, no gráfico 17, que o grupo controle tende a

diferenciar mais os sujeitos femininos e masculinos, comparativamente ao grupo alvo, o qual apresenta as médias das áreas do espaço vocálico mais próximas entre os sujeitos.

4.1.3 - Espaço vocálico em *z-score*

O gráfico de *z-score* apresenta configuração similar aos gráficos de F1 e F2 em Bark. No entanto, eles apontam para fenômenos diferentes, já que são derivados de procedimentos de normalizações distintos. No caso do *z-score*, o procedimento de normalização é intrínseco. Através, dele é possível avaliar como um indivíduo realiza cada vogal, usando como normalizador suas próprias produções. Os valores de *z-score* representam alongamentos e encurtamentos em relação à média e ao desvio padrão de todas as produções vocálicas daquele mesmo indivíduo.

Constatamos que os sujeitos parkinsonianos apresentam as vogais distribuídas com mais equilíbrio, quando analisadas em *z-score*, demonstrando que as proporções das relações internas entre as vogais permanecem preservadas. Com relação ao grupo controle, os gráficos em *z-score* não apresentam muitas diferenças, comparados aos gráficos em Bark.

Seguem os gráficos da distribuição de F1 e F2 em *z-score* para o grupo alvo:

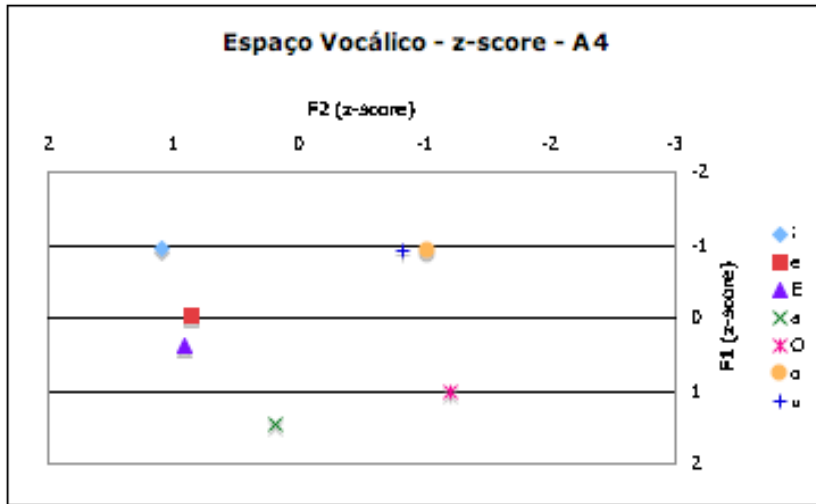


Gráfico 18 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A4

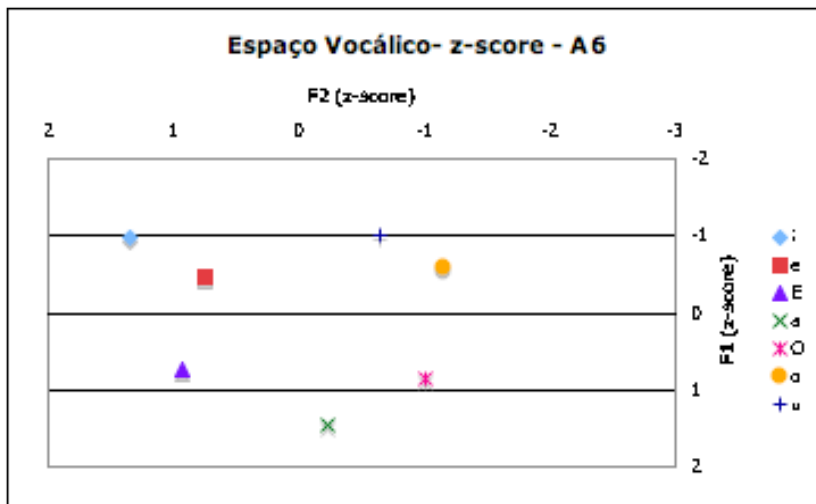


Gráfico 19 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A6

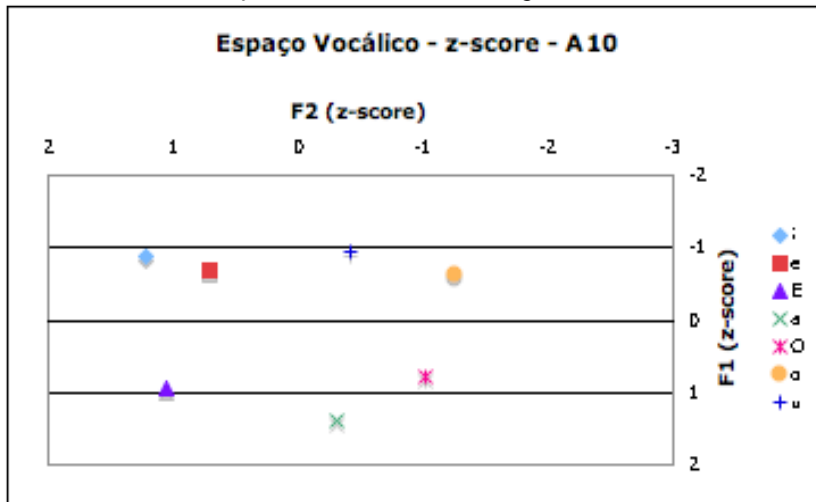


Gráfico 20 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A10

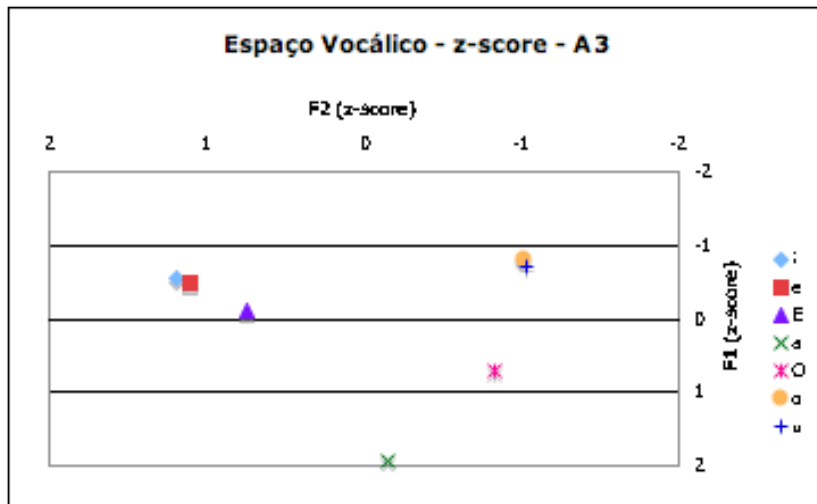


Gráfico 21 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A3

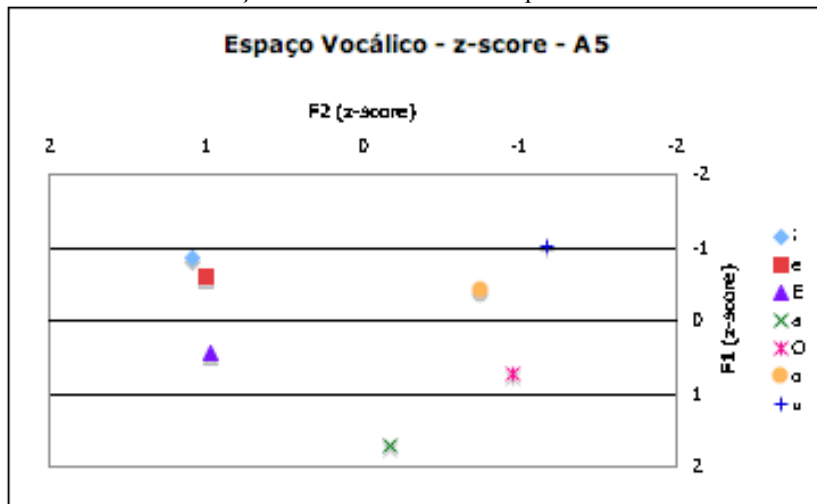


Gráfico 22 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A5

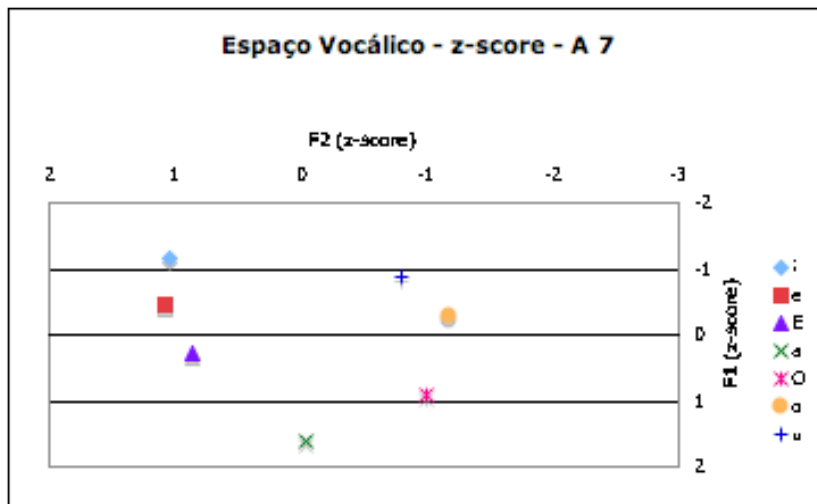


Gráfico 23 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para A7

Observamos que a configuração dos gráficos dos três sujeitos do subgrupo feminino do grupo alvo são bastante similares entre si. Os gráficos relativos aos sujeitos do subgrupo masculino apresentam melhor equilíbrio na distribuição das vogais, principalmente no eixo F1.

Seguem os gráficos relativos ao grupo controle:

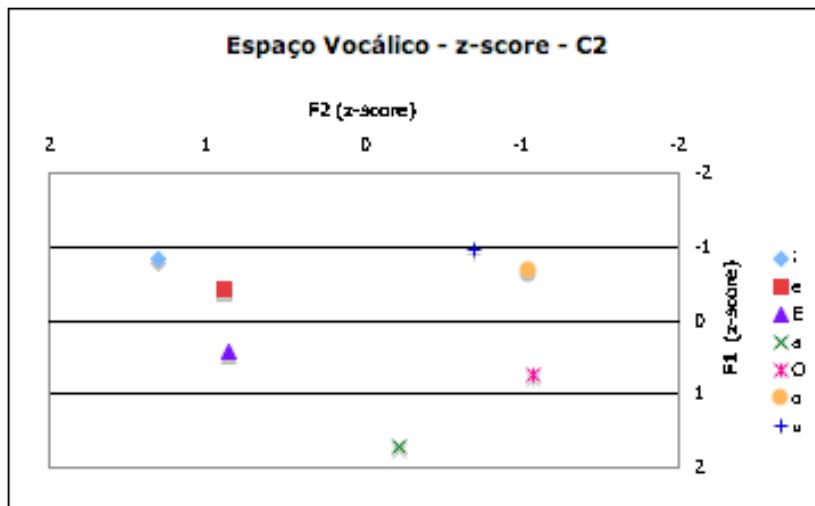


Gráfico 24 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C2

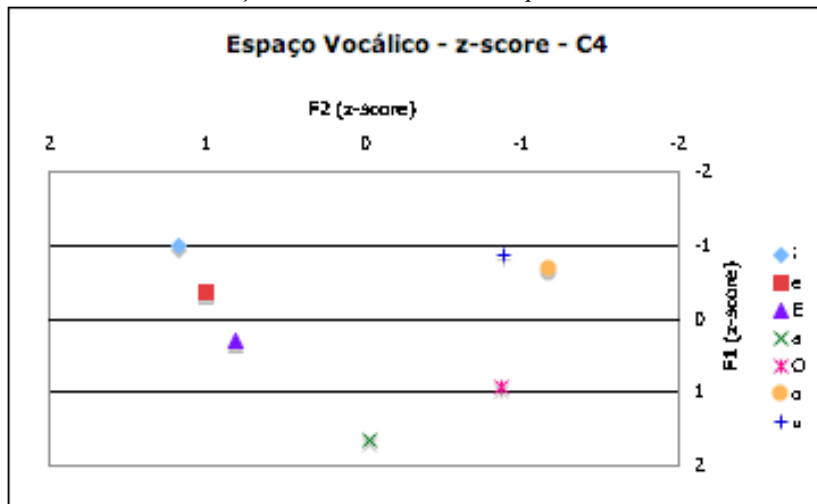


Gráfico 25 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C4

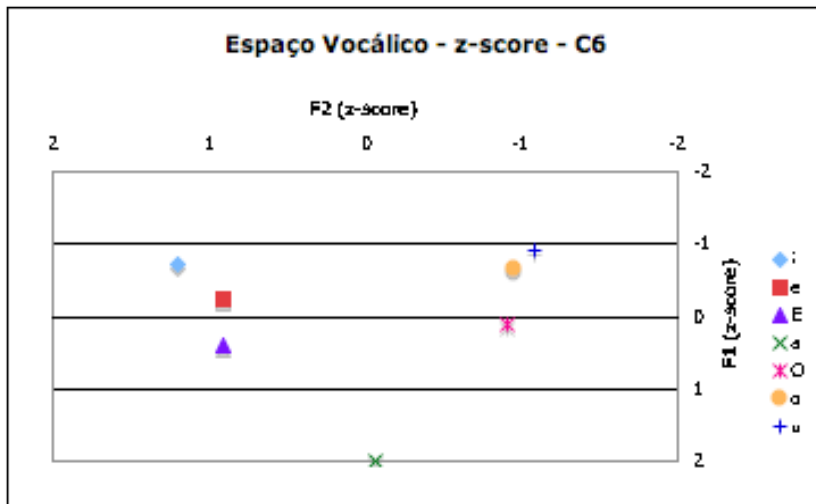


Gráfico 26 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C6

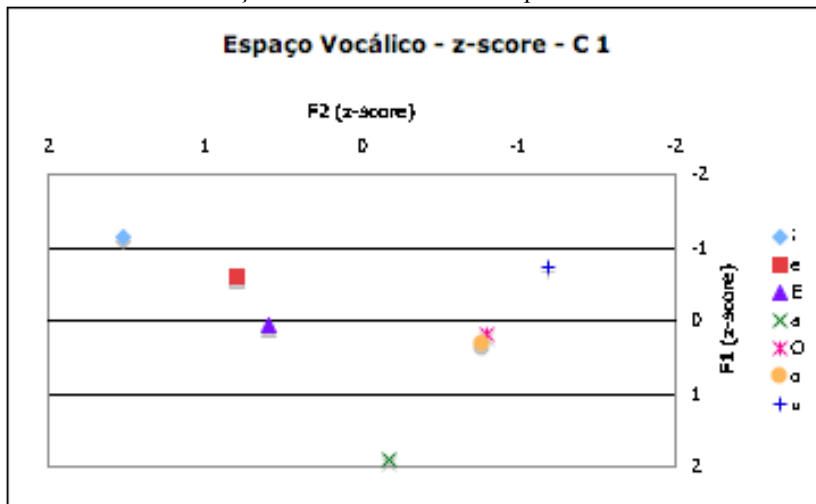


Gráfico 27 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C1

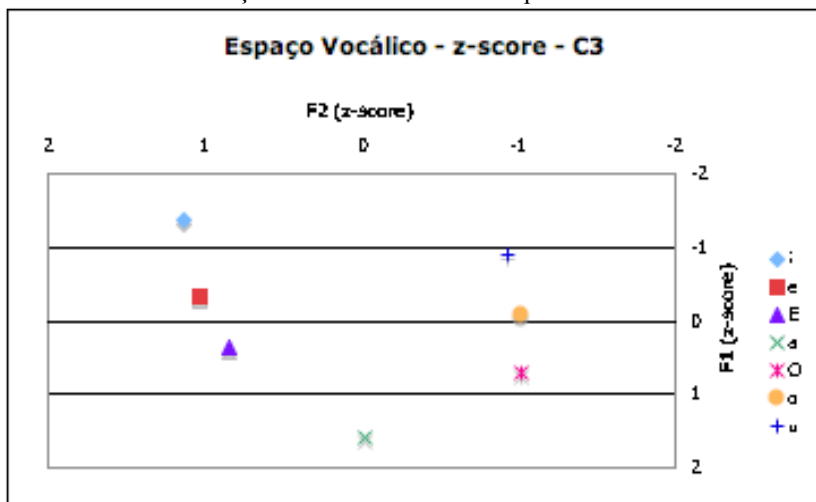
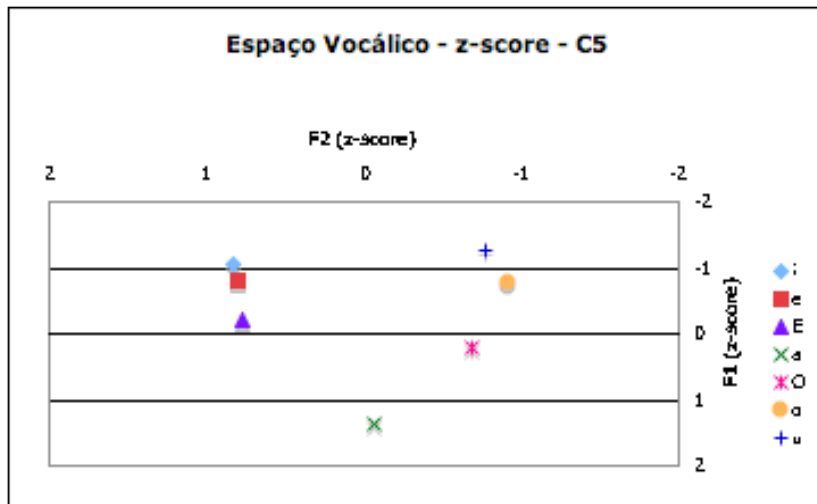


Gráfico 28 - Distribuição de F1 e F2 em z-score para C3

Gráfico 29 - Distribuição de F1 e F2 em *z-score* para C5

A diferença na proporção da distribuição das vogais, a depender do procedimento de normalização, em Bark ou em *z-score*, mostra que a escolha do procedimento de normalização pode influir na interpretação dos dados. Por este motivo, deve ser cautelosamente escolhido. Constatamos, através dos valores em *z-score*, que os indivíduos de ambos os grupos demonstram uma proporção de distribuição das vogais no espaço vocálico mais equilibrada. Este fato sugere que apesar das restrições motoras, internamente os sujeitos reorganizam a distribuição vocálica de forma a manter as zonas vocálicas distintas. Esta é a contribuição da incorporação da análise do *z-score*, em nossos resultados.

4.2 - Medidas de variação das vogais

A tendência atual no estudo das vogais é incluir procedimentos de avaliação da variação da produção vocálica, com intuito de explorar todas as estratégias de produção que um certo indivíduo pode apresentar. Esta idéia promete ser bastante

interessante no estudo da fala de sujeitos portadores de patologias, já que o uso de medidas da tendência central, tais como média ou a mediana, pode desprezar dados importantes da produção vocálica. Utilizamos duas medidas de variação: variabilidade e dispersão vocálica.

4.2.1 - Variabilidade

A variabilidade na produção vocálica é considerada um requisito importante na inteligibilidade: indivíduos com altos índices de inteligibilidade variam durante a produção das vogais (BRADLOW *et al.*, 1996). No entanto, quando a variabilidade é muito grande, as zonas de produção vocálicas se confundem, o que provavelmente trará um impacto negativo à inteligibilidade. Podemos conjecturar que indivíduos disártricos apresentariam dois tipos de comportamento: ou variabilidade muito pequena, refletindo estratificação dos movimentos articulatórios, ou, ao contrário, variabilidade muito grande, possivelmente refletindo a instabilidade motora provocada pela presença da rigidez, bradicinesia e tremor.

Para observarmos a variabilidade das vogais, plotamos um gráfico de elipses com todas as amostras de produção de cada vogal. A elipse demarca a zona de variabilidade de cada vogal, dentro do espaço vocálico. O esperado é que cada vogal tenha uma zona de variabilidade distinta das outras vogais e a superposição entre as elipses seja pequena. Os gráficos 30 a 35 apresentam a distribuição das amostras de todas as vogais para grupo alvo.

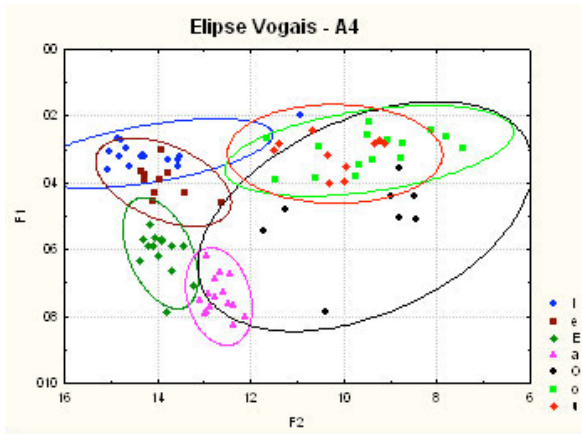


Gráfico 30 - Distribuição de todas as vogais para A4

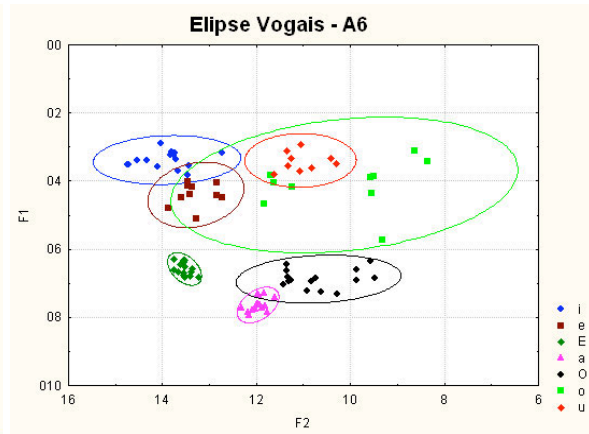


Gráfico 31 - Distribuição de todas as vogais para A6

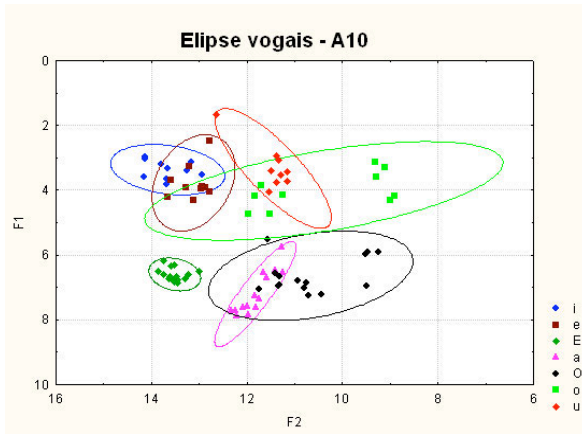


Gráfico 32 - Distribuição de todas as vogais para A10

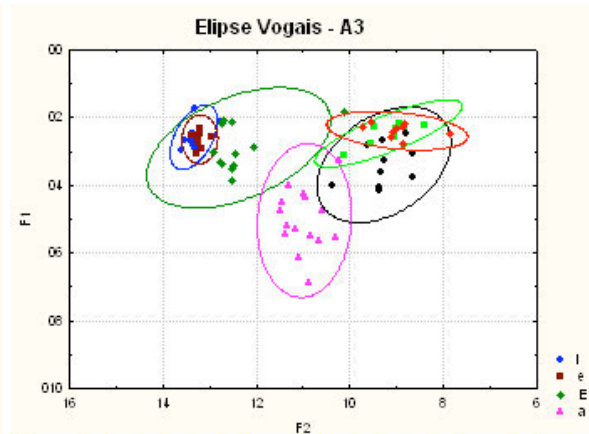


Gráfico 33 - Distribuição de todas as vogais para A3

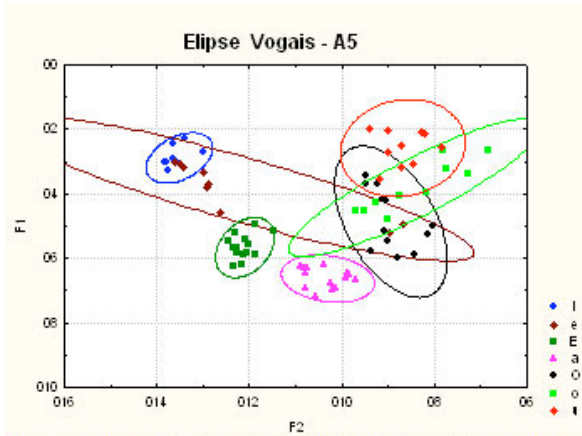


Gráfico 34 - Distribuição de todas as vogais para A5

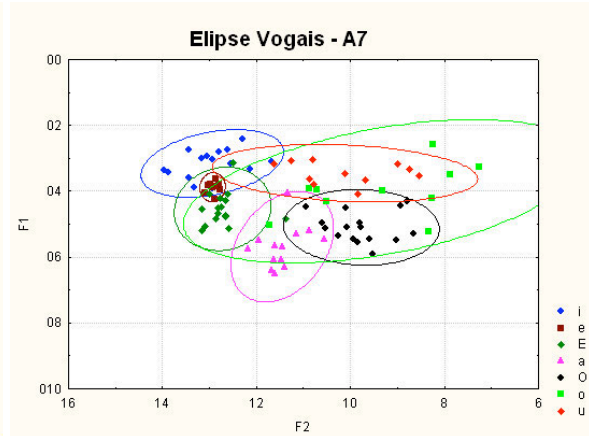


Gráfico 35 - Distribuição de todas as vogais para A7

Seguem os gráficos 36 a 41 com os dados do grupo controle:

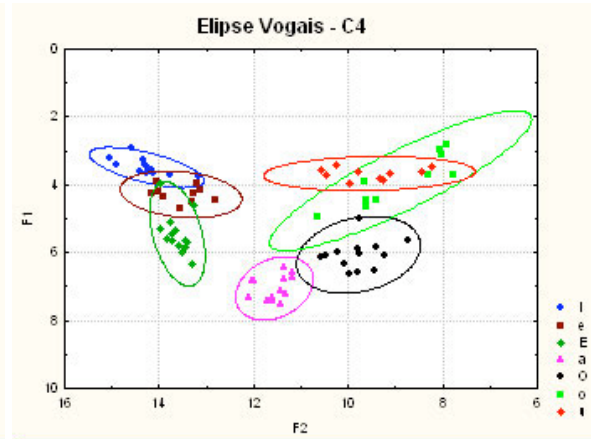
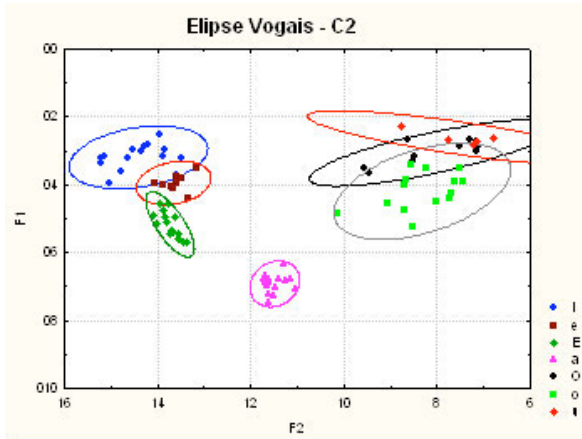


Gráfico 36 - Distribuição de todas as vogais para C2

Gráfico 37 - Distribuição de todas as vogais para C4

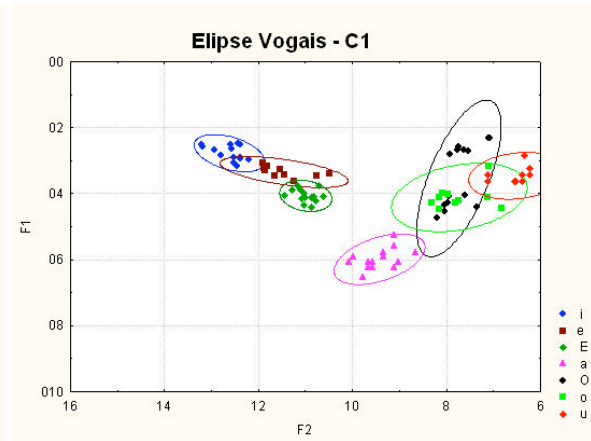
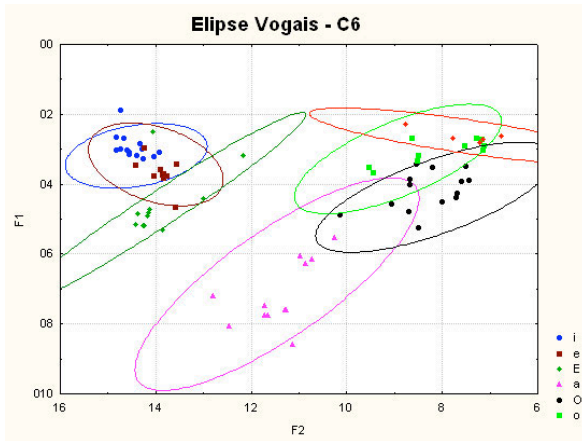


Gráfico 38 - Distribuição de todas as vogais para C6

Gráfico 39 - Distribuição de todas as vogais para C1

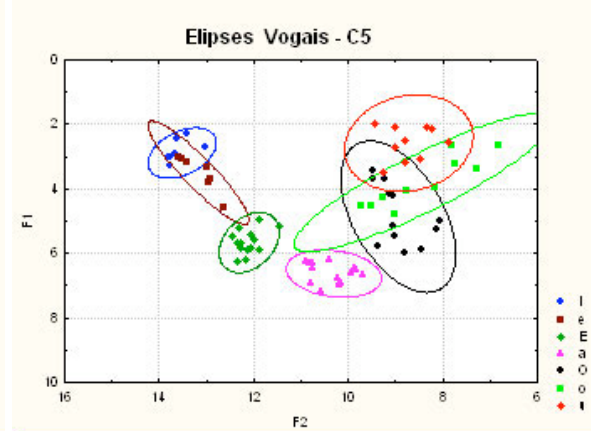
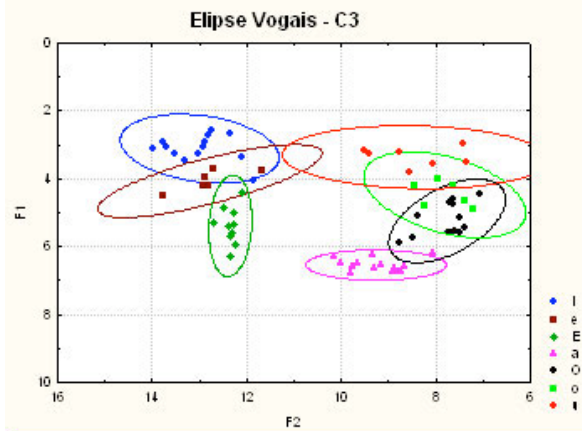


Gráfico 40 - Distribuição de todas as vogais para C3

Gráfico 41 - Distribuição de todas as vogais para C5

Ao analisarmos os gráficos acima, verificamos uma diferença marcante nos padrões de variabilidade da produção vocálica entre os sujeitos parkinsonianos e os controle. Os sujeitos do grupo alvo apresentam grande interseção entre as elipses que demarcam a zona de produção de cada vogal. As seguintes vogais posteriores são mais comprometidas: /O/, /o/ e /u/, e, com frequência, aparecem incluindo zonas de produção de outras vogais. Aferimos, em alguns casos, não apenas interseções entre as elipses mas, também, a total inclusão de uma elipse por outra. As vogais anteriores — /i/, /e/, /E/ — parecem apresentar menores demarcações em suas zonas de produção, apresentando interseções freqüentes, entretanto não apresentam tanto espraiamento na produção, como verificamos nas vogais posteriores supracitadas.

O grupo controle apresenta, de maneira geral, as zonas de produção vocálica melhor demarcadas, comparando-se ao grupo alvo. Verificamos que a área das interseções são menores, apesar de recorrentes. A tendência de compartilhamento de zonas de produção vocálica é a mesma apresentada pelo grupo alvo: as vogais altas e médias, tanto anteriores quanto posteriores, apresentam mais confluência em suas elipses, sendo mais intensas nas vogais de articulação posterior, exceção feita à vogal /a/.

Esses achados mostram que os sujeitos parkinsonianos apresentam dificuldades em atingir o alvo acústico-articulatório. As diversas produções vocálicas gravitam em torno da zona acústica alvo, tanto que a média apresentada nos gráficos em Bark e *z-score* ocupam lugares esperados, mas a variabilidade é grande, em todas as direções (direita, esquerda, cima e baixo). Esta grande variabilidade faz que algumas vogais ocupem uma mesma zona de produção de uma ou até mais vogais, fato que, com certeza, trará impacto negativo na inteligibilidade do falante.

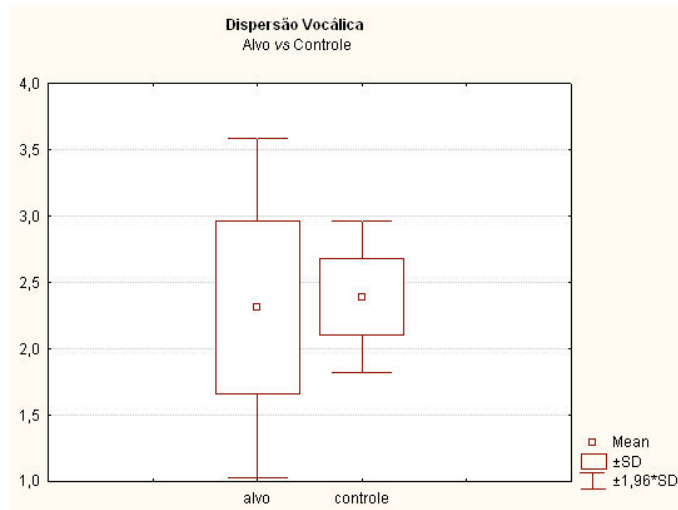
4.2.2 - Dispersão

Utilizamos medidas de dispersão como complementares à análise da variabilidade. Da mesma forma que a variabilidade, a medida de dispersão visa a avaliar a variação da produção vocálica. Esse procedimento quantifica a distância de cada amostra de vogal até o centróide, através do cálculo da distância Euclidiana³¹. Bradlow *et al.*, (1996) investigaram a correlação entre inteligibilidade e análise acústica das vogais, em sujeitos sem transtornos neurológicos. Os resultados mostram correlação significativa para índices de dispersão e inteligibilidade, embora não se tenha obtido comprovação estatística dessa correlação. Os autores sugerem que os índices de dispersão podem trazer informações importantes sobre a dinâmica da produção vocálica.

Para esta análise, utilizamos dois procedimentos:(1) índice de dispersão de todas as vogais, calculado a partir da média das distâncias de dispersão de cada amostra de vogal e (2) análise da dispersão de cada vogal por sujeito.

O índice de dispersão vocálica aparentemente é maior para o grupo alvo do que para o grupo controle, como se verifica no gráfico 42. Entretanto, os resultados do Teste-t ($t= 5.001$, $p < .101$) não apresentam significância estatística. Inferimos que a grande variação entre os sujeitos e o reduzido número de sujeitos, para ambos os grupos, sejam os fatores responsáveis pela não comprovação da significância estatística. A análise da contribuição de cada sujeito por grupo mostra a grande variação entre os sujeitos (gráfico 43). Ainda, é necessário considerar que cada sujeito responde de uma forma ao impacto gerado pela doença e que, no grupo alvo, temos sujeitos com diferentes graus de severidade da disartria.

³¹ Para maiores esclarecimentos sobre o cálculo vide capítulo 3, item 3.4.2.1, p.46



. Gráfico 42 - Média e desvio padrão da dispersão da vogais por grupo experimental

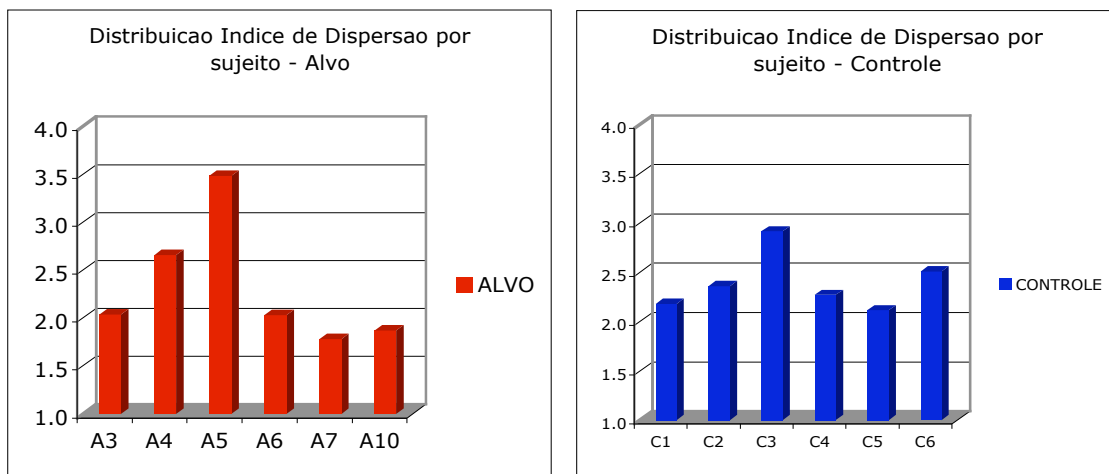


Gráfico 43 - Distribuição da dispersão das vogais para os grupos A e C, respectivamente

Os gráficos 44 a 50 apresentam a distribuição da dispersão por vogal. Neste item, preferimos contrapor os gráficos por grupo, para facilitar a comparação. Desta forma, para cada vogal, há um gráfico por grupo, disposto em pares.

De forma geral, os dados de dispersão tendem a ser mais estáveis para o grupo controle do que para o grupo alvo. As vogais de articulação posterior — /o/, /O/ e /u/ — confirmando análises anteriores, demonstram claramente maiores índices de dispersão

do que as outras vogais, para ambos os grupos. Já a vogal /u/ mostra, contrariamente ao padrão apresentado pelas outras vogais, principalmente pelas posteriores, maior dispersão no grupo controle do que no grupo alvo.

Calculamos o índice de dispersão por vogal e analisamos estatisticamente por grupo. O teste-T mostra que apenas a vogal /i/ apresenta diferença de dispersão significativa entre os grupos ($t= 6.687, p < .057$). Mais uma vez, a grande variabilidade intersujeito pode estar interferindo na comprovação da significância estatística.

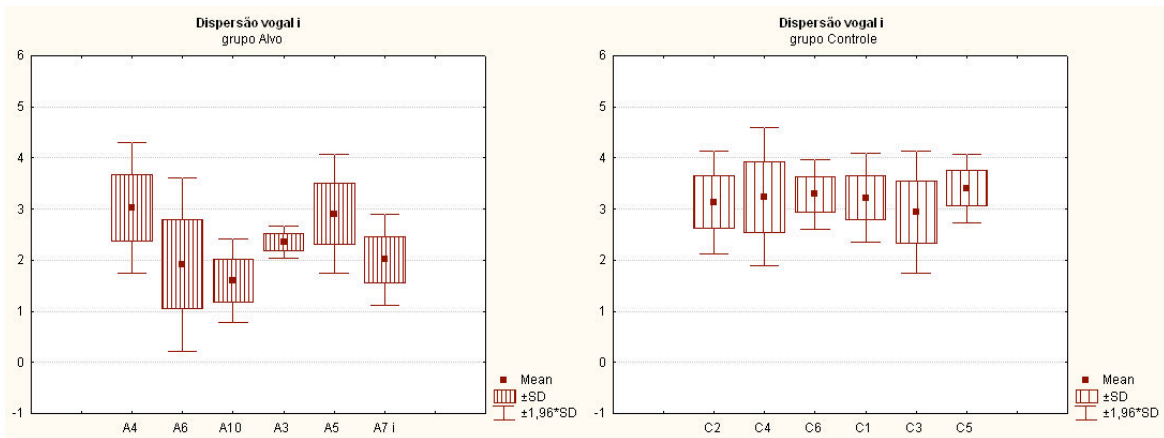


Gráfico 44 - Valores da dispersão da vogal /i/ para os grupos A e C, respectivamente

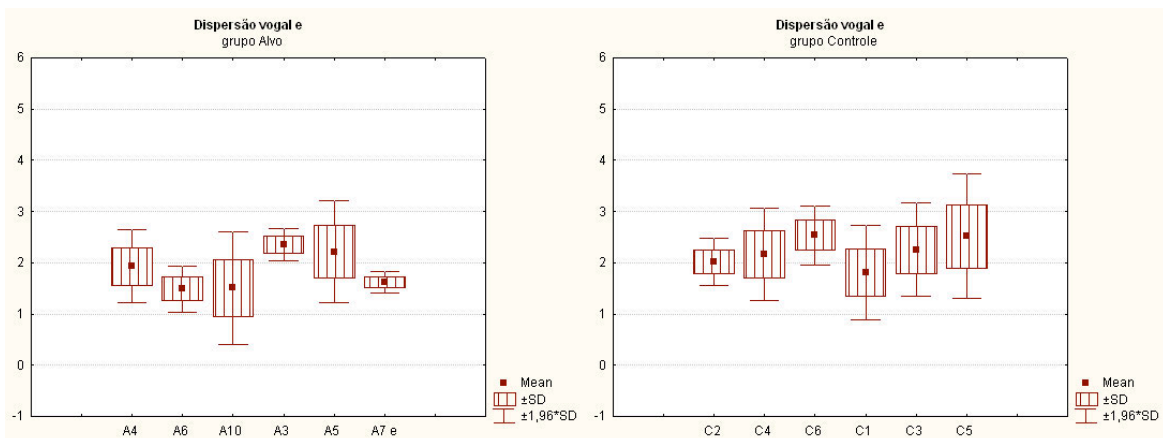


Gráfico 45 - Valores da dispersão da vogal /e/ para os grupos A e C, respectivamente

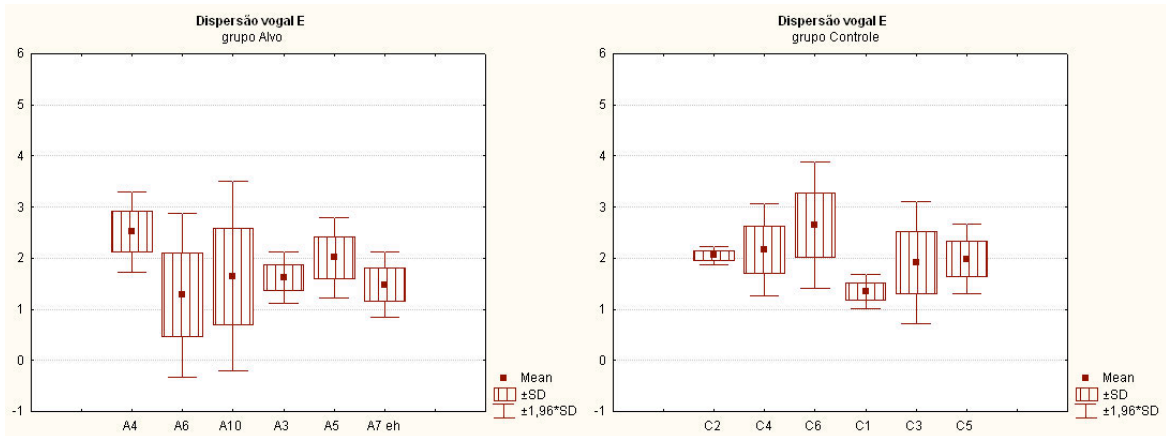


Gráfico 46- Valores da dispersão da vogal /E/ para os grupos A e C, respectivamente

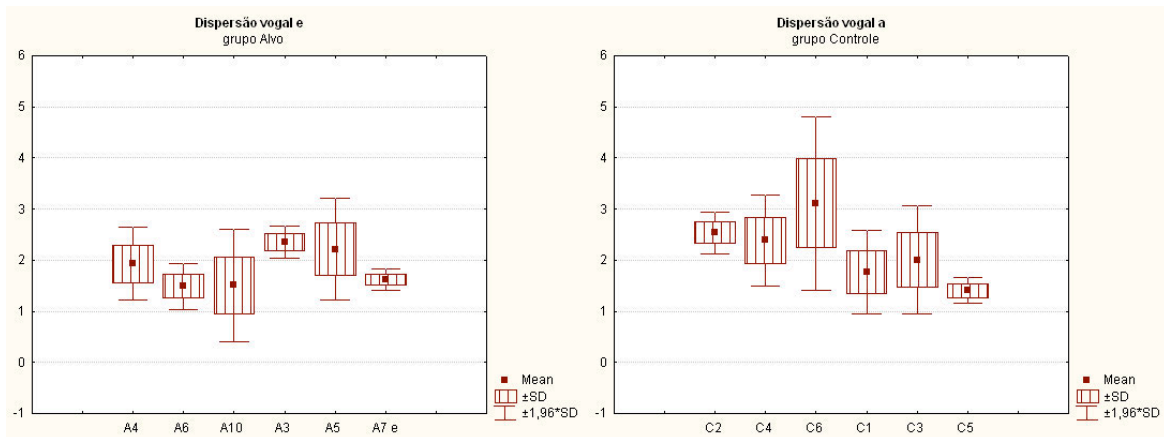


Gráfico 47- Valores da dispersão da vogal /a/ para os grupos A e C, respectivamente

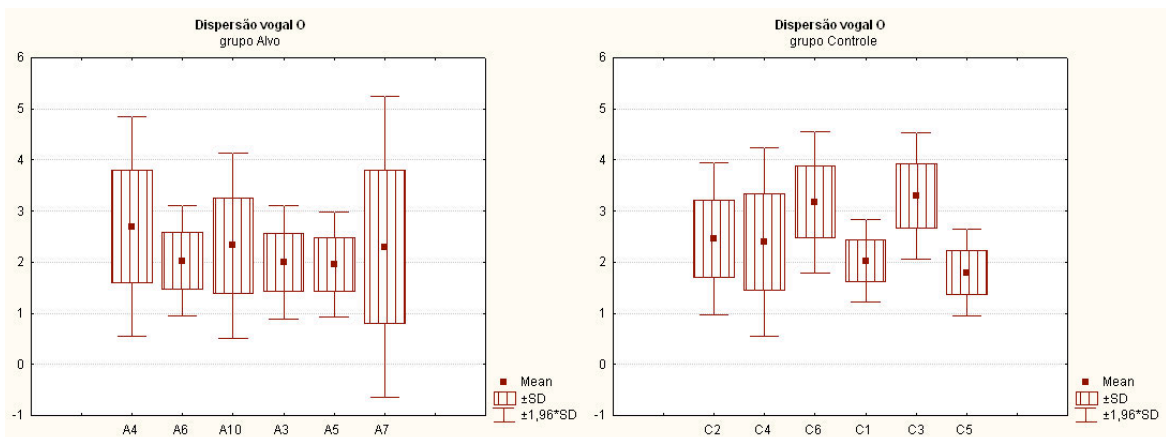


Gráfico 48- Valores da dispersão da vogal /O/ para os grupos A e C, respectivamente

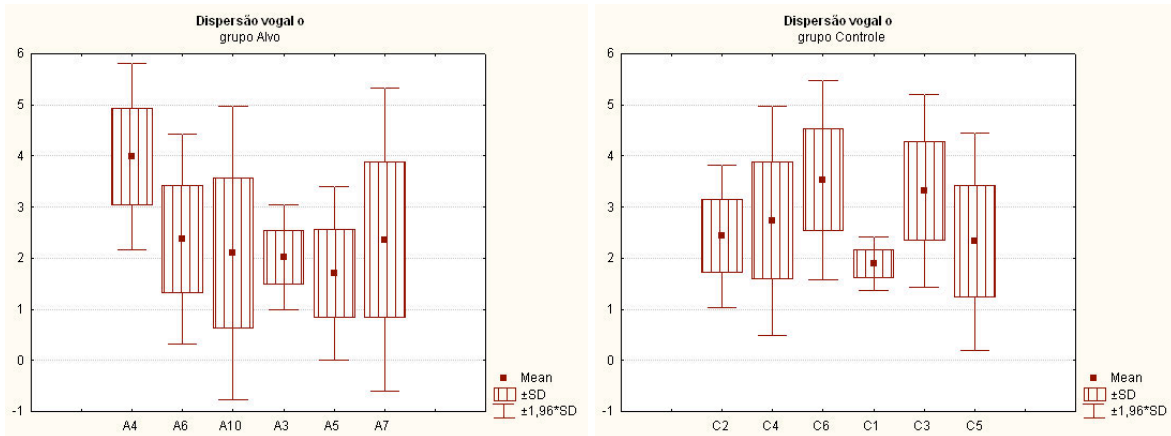


Gráfico 49 - Valores da dispersão da vogal /o/ para os grupos A e C, respectivamente

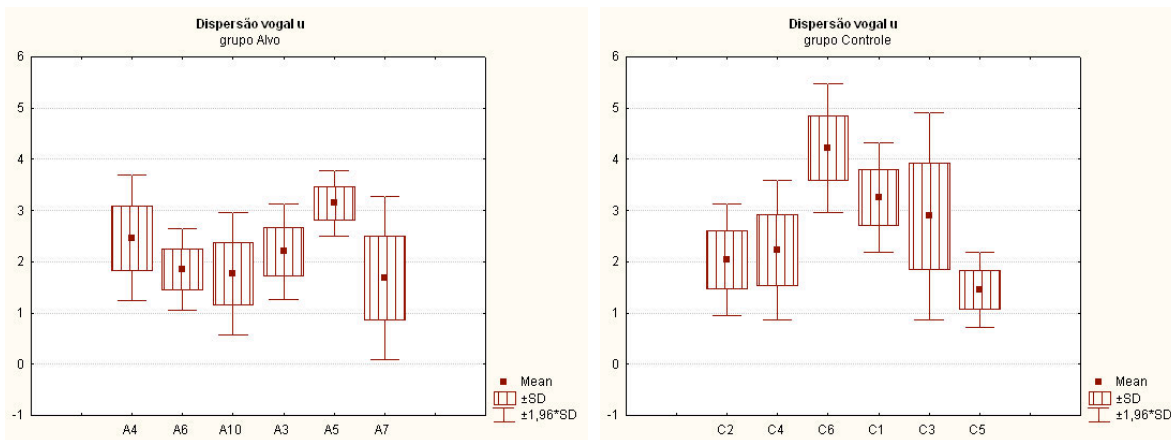


Gráfico 50 - Valores da dispersão da vogal /u/ para os grupos A e C, respectivamente

Podemos constatar, nos gráficos 44 e 45, representativos da dispersão das vogais anteriores /i/ e /e/, que os dois sujeitos com grau de disartria moderado (A4 e A5) apresentam valores de dispersão muito parecidos com os apresentados pelo grupo controle. Este achado pode indicar que a movimentação de corpo de língua, em sentido anterior, demora mais para ser afetada pela patologia. No entanto, as vogais posteriores, por dependerem da movimentação do dorso da língua, já aparecem afetadas, mesmo nos sujeitos com menor grau de disartria (gráficos 48 a 50).

Outro fato que merece destaque, nesta análise, é a menor dispersão da vogal /u/, apresentada pelo grupo alvo. Essa estratégia é contrária à apresentada pelas outras seis vogais, nas quais os valores de dispersão do grupo alvo tendem a ser maiores do que os do grupo alvo. A vogal /u/ apresenta um comportamento distinto das outras vogais, por ser muito mais suscetível a variação (MÉNARD *et al.*, 2002). Desta forma, a maior dispersão de /u/ é prevista e constatada pelo grupo controle. Contudo, o grupo alvo demonstra um comportamento oposto ao grupo controle: ele aponta para uma estratificação da variabilidade do /u/, provavelmente decorrente a rigidez motora.

Os dados qualitativos referentes à variabilidade apontam para uma clara diferença na dinâmica da produção vocálica entre os grupos. Entretanto, quantitativamente, através das medidas de dispersão, não foi possível comprovar esse fato. A vantagem da avaliação da variabilidade sobre a dispersão é que a primeira possibilita a verificação da direção da variabilidade, enquanto a dispersão uniformiza esse dado, mostrando apenas a distância de uma dada amostra em relação ao centróide. Pode-se ter grande dispersão em uma mesma direção, levando a zonas de produção vocálica bem demarcadas, fato que a literatura sugere como altamente correlacionado com índices de inteligibilidade (BRADLOW *et al.*, 1996). Ou, por outro lado, pode-se ter grandes dispersões em todas as direções, como apresentam em nossos dados, o que compromete a distinção das zonas de produção vocálica e provavelmente estará relacionado a baixos índices de inteligibilidade.

4.3 - Síntese

As análises discutidas ao longo deste capítulo permitem-nos alinhar algumas conclusões a respeito da dinâmica da produção vocálica dos sujeitos portadores de DP, em comparação aos sujeitos controle. Os sujeitos parkinsonianos tendem a apresentar maiores reduções no eixo de F1 e F2 do que o grupo controle. Por consequência, as áreas

dos espaços vocálicos dos sujeitos pertencentes ao grupo alvo tendem a ser menores do que as apresentadas pelos integrantes do grupo controle. Esses resultados, apesar de não serem significantes, acompanham os achados citados pela literatura³² e corroboram a premissa de que os sujeitos parkinsonianos apresentam menor extensão dos movimentos de mandíbula e língua. As mulheres, em ambos os grupos, tendem a apresentar maiores espaços vocálicos em comparação aos homens. O eixo de F1 sugere a diferenciação entre os gêneros, sendo que os homens tendem a ter menores extensões no eixo de F1 do que as mulheres.

A variabilidade na produção vocálica, apontada pela avaliação das elipses e da dispersão, é um fator importante que diferencia os dois grupos. Esse procedimento de análise é novo na literatura e ainda não havia sido aplicado em trabalhos com fala disártrica. As vogais posteriores e as vogais altas são as que apresentam maior variabilidade e dispersão, indicando que a movimentação do dorso da língua, tanto na direção vertical quanto na horizontal, é mais comprometida do que a movimentação com o corpo da língua. Contudo, os sujeitos parkinsonianos revelam maior variabilidade, comparados aos sujeitos controle, principalmente no que se refere à direção da dispersão. Os sujeitos controle tendem a apresentar dispersões em uma mesma direção; em contrapartida, os sujeitos parkinsonianos apresentam dispersões em todas as direções, expandindo a zona de produção vocálica de tal forma que todas as vogais compartilham de zonas comuns. Provavelmente, o impacto que aumento da variabilidade e dispersão vocálica traz para a inteligibilidade é muito maior do que a redução do espaço vocálico. Foi confirmada a hipótese de que a instabilidade motora promoveria maior variabilidade e dispersão vocálica.

Para a fonologia gestual adaptações nas variáveis local e grau de constrição refletem as compensações realizadas pelos sujeitos parkinsonianos. Podemos inferir um certo afrouxamento do grau de constrição em decorrência da menor extensão de movimentos relativos à altura da língua, principalmente nas vogais altas. A centralização da

³² Para maiores detalhes consultar capítulo 2, sessão 2.1.1.1, p. 12-15

movimentação da língua no eixo ântero-posterior, pode ser representada por uma restrição da variável local de constrição, na pauta gestual.

Acreditamos que a incorporação de procedimentos de análise da variação das vogais foi um avanço importante no entendimento da produção vocálica de sujeitos parkinsonianos. A questão que se desvenda aqui não é apenas a restrição da mobilidade motora, mas também, a dificuldade em atingir o alvo, por conta da instabilidade no desempenho motor.

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO: FRICATIVA

Este capítulo apresenta e discute os resultados concernentes à análise das fricativas. Duas propriedades são importantes na distinção das fricativas: local de constrição e vozeamento. Para investigar o local de constrição, utilizamos os seguintes parâmetros acústicos: (1) duração da fricativa, (2) amplitude normalizada e (3) transição de F2. Com relação ao vozeamento, utilizamos em sua análise três parâmetros acústicos, a saber: (1) duração da fricativa, (2) duração da vogal precedente e (3) amplitude normalizada. Vale pontuar que a análise do ruído espectral, parâmetro bastante útil na identificação do local de constrição, não foi utilizado por considerarmos que ruídos ambientais presentes no sinal acústico poderiam prejudicar esses resultados.

Para análise estatística, realizamos a análise de variância de medidas repetidas do General Linear Model (GLM), considerando três variáveis independentes: (1) local de constrição: labiodental, alveolar e palatal; (2) palavras: palavra 1 e palavra 2 e (3) vozeamento: vozeado e desvozeado. Vale comentar que decidimos avaliar os dois exemplares de cada palavra separadamente, para cada local de constrição e tipo de vozeamento, devido à grande variação, encontrada na produção de cada exemplar. Por

exemplo: para o local de constrição alveolar desvozeado, computamos os valores da média de cinco repetições da palavra 1— assado— e da palavra 2 —passada— e assim por diante³³.

Dedicamos um item específico para análise qualitativa do vozeamento, no qual avaliamos o intervalo desvozeado e fazemos algumas considerações sobre características do espectrograma das fricativas. Por fim, faremos alguns comentários sobre a variabilidade das produções das fricativas.

5.1. Local de Constrição

Os parâmetros acústicos, utilizados neste trabalho, os quais apontam para distinções dos três locais de constrição, são: a) duração da fricativa absoluta (ms) e normalizada (*z-score*), b) amplitude normalizada e c) transição de F2.

Computamos a medida da duração absoluta em milisegundos (ms) e, também, utilizamos um procedimento de normalização via *z-score*, obtendo, desta forma, duas medidas para análise da duração.

Espera-se que a duração da fricativa varie de acordo com o local de constrição, sendo mais longa à medida em que a cavidade anterior aumenta (KENT e READ, 1992), ou que, ao menos, diferencie as sibilantes — /s, S, z e Z/ — e não sibilantes — /f, v/ — sendo as sibilantes mais longas do que as não sibilantes (JONGMAN *et al.*, 2000; NISSEN, 2003).

³³ Para consulta da lista de palavras, vide quadro 4, capítulo 3, item 3.2, p.42

5.1.1 - Duração da fricativa

A duração da fricativa é computada em valores absolutos e, também normalizada, via *z-score*.

5.1.1.1 - Duração absoluta

O gráfico 51 mostra os resultados da ANOVA de medidas repetidas para duração absoluta (eixo x), levando em consideração o cruzamento das variáveis: local de constricção, labiodental, alveolar e palatal (eixo y); palavra 1 e 2 (em cada box) e grupo experimental, alvo (linha contínua) e controle (linha pontilhada). Observamos neste gráfico, que os sujeitos do grupo alvo tendem a realizar durações mais curtas, se comparados ao grupo controle, embora essa diferença não seja significativa estatisticamente. Esses resultados corroboram os achados de Weismer (1984), os quais mostram menores durações de plosivas e fricativas, em sujeitos parkinsonianos comparados a sujeitos controle idosos. O autor comenta que sujeitos idosos apresentam durações dos segmentos mais longas, se comparados a um grupo de adultos jovens. No entanto, os sujeitos parkinsonianos, embora sejam em sua maioria idosos, apresentam valores de durações segmentais mais próximas do grupo adulto jovem ao se compararem três grupos: parkinsonianos, jovens e idosos. Vale comentar que os resultados do trabalho citado não foram tratados estatisticamente.

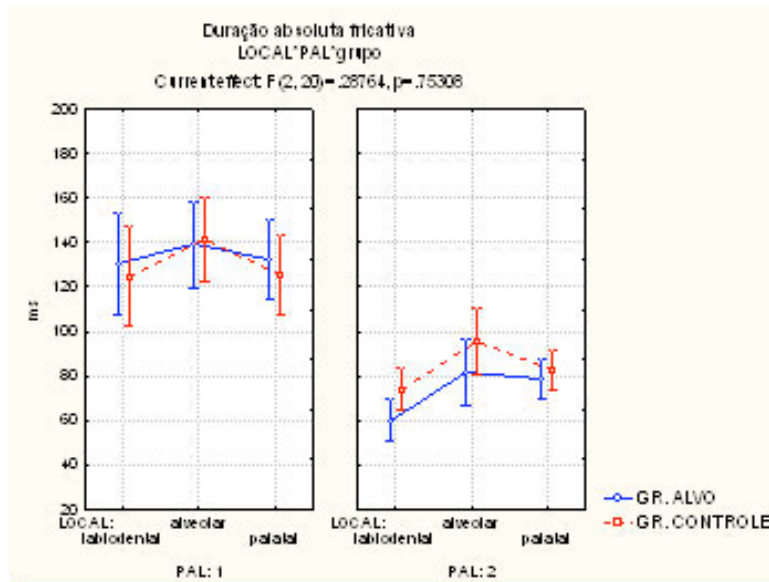


Gráfico 51 - Valores da duração absoluta pelas variáveis: local *palavra*grupos

Verificamos, ainda no gráfico 51, que a duração das fricativas não aumenta proporcionalmente ao avanço da língua na direção posterior do trato, tendo em vista que as palatais apresentam menor duração do que as alveolares. Segundo Ludlow e Bassich (1984), sujeitos parkinsonianos apresentam maior dificuldade na articulação de segmentos com corpo da língua, do que com a ponta de língua. Podemos inferir que a movimentação da língua em direção à região posterior do trato e, por conseguinte, a elevação da musculatura do corpo da língua está comprometida, dificultando a sustentação do movimento.

Nossos resultados não mostram diferença significativa nas medidas absolutas da duração da fricativa entre os grupos alvo e controle, para nenhuma das variáveis dependentes (local de constrição, vozeamento e palavra). O quadro 9 apresenta os resultados estatísticos da duração absoluta das fricativas para os dois grupos.

O grupo alvo apresenta duração absoluta da fricativa estatisticamente significativa para o cruzamento das variáveis: (1) local de constrição, palavra, local *

vozeamento e (2) palavra * vozeamento. O grupo controle apresenta resultados significativos para as mesmas variáveis, apresentadas pelo grupo alvo, fato que demonstra que os dois grupos apresentam estratégias de produção da duração semelhantes.

Apesar da significância estatística, apresentada para os locais de constrição, o teste *post-hoc* Scheffé revela que a duração é significativa apenas para diferenciar as fricativas não-sibilantes — /f e v/ — das sibilantes — / s, z, S, Z/, para o grupo alvo. No entanto, para o grupo controle, o teste *post-hoc* Scheffé não confirma diferença significativa para nenhum local de constrição. A duração da fricativa pode variar muito de acordo com o contexto fonético em que está incluída (KENT e READ, 1992), essa variabilidade pode ser a responsável pela não confirmação da significância dos resultados no teste *post- hoc*.

DURAÇÃO ABSOLUTA DA FRICATIVA (ms)

Variáveis independente	Grupo alvo	Grupo controle	Cruzamento grupos
local de constrição	F(2, 10)=16.014, p= .0007	F(2, 10)=7.8227, p= <i>.0090</i>	F(2, 20)=1.473, p=.2506
palavra	F(1, 5)=50.2728, p= .0008	F(1, 5)=33.681, p= .0021	F(1, 10)=1.473, p=.2526
vozeamento	F(1, 5)=2.9487, p=.01465	F(1, 5)=.0002, p= .9883	F(1, 10)=.7890, p= .3952
local*pal.	F(1, 5)=1.8049, p=.21415	F(1, 5)=.4729, p=.6364	F(1, 10)=.2876, p=.7530
local*voz.	F(1,5)=7.2529 p=.0113	F(1,5)=.6151, p=.5598	F(1,10)=.3338, p=.7200
palavra*voz	F(2,10)=9.8269, p= .0025	F(2,10)=4.5632, p= <i>.0857</i>	F(2,20)=0001, p= .9926
local*pal.*voz.	F(1, 5)=1.4757, p=.2744	F(1, 5)=1.6523, p=.2398	F(1, 10)=1798, p=.8367

Quadro 9 - Resultados ANOVA para duração absoluta da fricativa

* resultados significativos estão sinalizados em negrito e os resultados marginais estão em itálico.

O gráfico 52 mostra a distribuição da duração absoluta de acordo com as variáveis: vozeamento*palavra*local por grupo. Podemos verificar que, apesar das grandes diferenças de duração apresentadas nas duas palavras, a direção da evolução da duração parece ser a mesma. À exceção das fricativas vozeadas palatais, que apresentam diminuição da duração na palavra dois, a duração é crescente com relação à posteriorização do local de constricção.

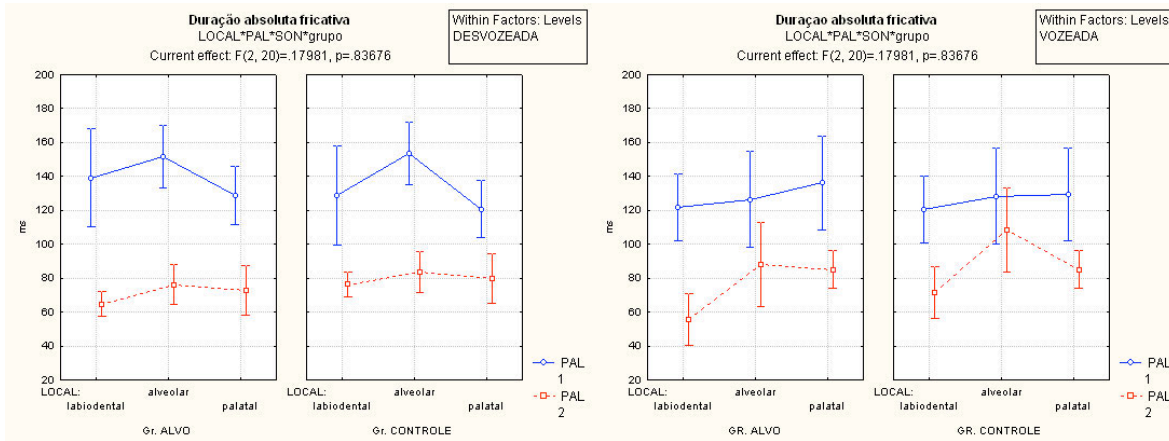


Gráfico 52 - Valores da duração absoluta pelas variáveis: local*pal*vozeamento por grupos
 Obs: A variável vozeamento está representada em cada quadro; a palavra pelo tracejado; o local no eixo y e os grupos experimentais em cada box.

A diminuição da duração entre as palatais vozeadas, na palavra 2, em comparação com a palavra 1, pode ser interpretada tendo em vista a localização da palavra, dentro da sentença. A palavra 1 — rajada — encontra-se no meio da sentença em posição de acento frasal³⁴, enquanto a palavra 2 — rajado — é a última palavra da sentença. De fato, nota-se menor duração de todas as palavras 2, em relação à palavra 1. O fator posição da palavra dentro da sentença não foi manipulado em nosso *corpus*, porém, coincidentemente, as fricativas vozeadas contrastam posição no meio da sentença para a palavra 1 e posição final para a palavra 2. Essa condição pode comprovar a afirmação de Weismer (1984) de que sujeitos idosos produzem segmentos pertencentes à palavra em

³⁴ Para conferência das sentenças, vide quadro 5 ,capítulo 3, item 3.2, p 43.

final de sentença com menor duração, comparados a jovens adultos. Não podemos aplicar a mesma hipótese para explicar a diferença de duração entre as palavras 1 e 2 para as fricativas desvozeadas, pois essas não se encontram sistematicamente em posições distintas, dentro da sentença.

5.1.1.2 - Duração normalizada em *z-score*

Os resultados da duração da fricativa normalizados em *z-score* para o grupo alvo são significativos para o cruzamento das variáveis: (1) palavra e (2) local* vozeamento. O grupo controle obtém resultados significativos para as variáveis: (1) local, (2) palavra e (3) local* palavra. Sendo assim, a duração normalizada confirma a significância das variáveis: (1) palavra, (2) local*vozeamento para o grupo alvo e, ainda, (3) local e (4) palavra para o grupo controle, também encontradas na análise da duração absoluta. O quadro 10 mostra os resultados estatísticos da duração, para ambos os grupos.

DURAÇÃO NORMALIZADA DA FRICATIVA (*z-score*)

Variáveis independente	Grupo alvo	Grupo controle	Cruzamento grupos
local de constricção	F(2, 10)=2.786, p=.1091	F(2, 10)=8.193, p= .0078	F(2,20)=2.61, p=.0983
palavra	F(1, 5)=19.211, p= .0007	F(1, 5)=25.111, p= .0040	F(1,10)=.0305, p=.8648
vozeamento	F(1, 5)=.0398, p=.8496	F(1, 5)=.389, p=.5597	F(1,10)=.1824, p=.6783
local*pal.	F(1, 10)=.693, p=.5223	F(1, 10)=4.759, p=.0352	F(2,20)=7219, p=.4980
local*voz.	F(1,10)=7.579 p= .0099	F(1,10)=.3974, p=.6822	F(2,20)=1.326, p=.2878
palavra*voz.	F(1,10)=1.417, p=.2872	F(1,10)=2.879, p=.1504	F(2,20)=.1786, p=.6815
local*pal.*voz	F(1, 10)=2.279, p=.1529	F(1, 10)=2.002, p=.1855	F(2,20)=.1102, p=.8961

Quadro 10 - Resultados da ANOVA para duração em *z-score*

Obs: resultados significativos estão sinalizados em negrito, os resultados marginais estão em itálico.

É interessante notar que a duração normalizada não confirma diferença significativa do local de constrição para o grupo alvo. Ainda, os resultados apontam significância marginal para local de constrição entre os dois grupos.

5.1.2 - Amplitude normalizada

O cálculo da amplitude normalizada foi realizado a partir da diferença entre a amplitude da fricativa e a amplitude da vogal seguinte a fricativa.

Fricativas sibilantes possuem maior intensidade do que fricativas não-sibilantes, portanto, a amplitude deve distinguir esses dois grupos (KENT e READ, 1992). Ainda, Jongman *et al.* (2000) referem que a medida da amplitude normalizada possibilita a distinção dos três locais de constrição.

Os resultados estatísticos mostram diferença significativa da amplitude entre os grupos alvo e controle ($F(2,20) = 5.646$, $p = .0038$) (resultados - anexo 9). Este resultado corrobora indícios da literatura nos quais os sujeitos parkinsonianos apresentam diminuição da intensidade vocal e, portanto, da amplitude, devido ao menor fluxo aéreo e dificuldades no controle da pressão subglótica (CANTER, 1965a; FOX e RAMIG, 1997).

O gráfico 53 mostra a distribuição dos valores da amplitude normalizada, considerando o cruzamento das variáveis independentes: palavra*local de constrição*grupo experimental. Espera-se que a amplitude normalizada tenha valores negativos, isto porque a amplitude da vogal deve ser maior do que a amplitude da consoante. As fricativas não sibilantes (labiodentais) apresentam menores amplitudes do que as fricativas sibilantes (alveolares e palatais), portanto devem apresentar valores de amplitude normalizada

maiores do que as fricativas sibilantes. De fato, podemos constatar, no gráfico 53, que sujeitos parkinsonianos tendem a apresentar valores de amplitude normalizada maiores do que os sujeitos controle. Esses valores maiores significam menor diferença entre a amplitude da consoante em relação à vogal, fato que pode ser devido ou à menor amplitude da vogal, ou à maior amplitude da consoante. No caso dos parkinsonianos, inferimos que a vogal estaria apresentando menor amplitude, já que é comprovado pela literatura que esse grupo apresenta diminuição da intensidade vocal (CANTER, 1965a; FOX e RAMIG, 1997). Os resultados da ANOVA mostram que os sujeitos parkinsonianos apresentam valores de amplitude normalizada maiores do que os sujeitos controle, em todos os locais de constricção, nas duas palavras.

O grupo alvo mostra diferença significativa, com relação às medidas da amplitude normalizada, para duas variáveis: local de constricção e palavra. Entretanto, o teste *post-hoc* Scheffé não confirma significância para nenhum dos locais de constricção.

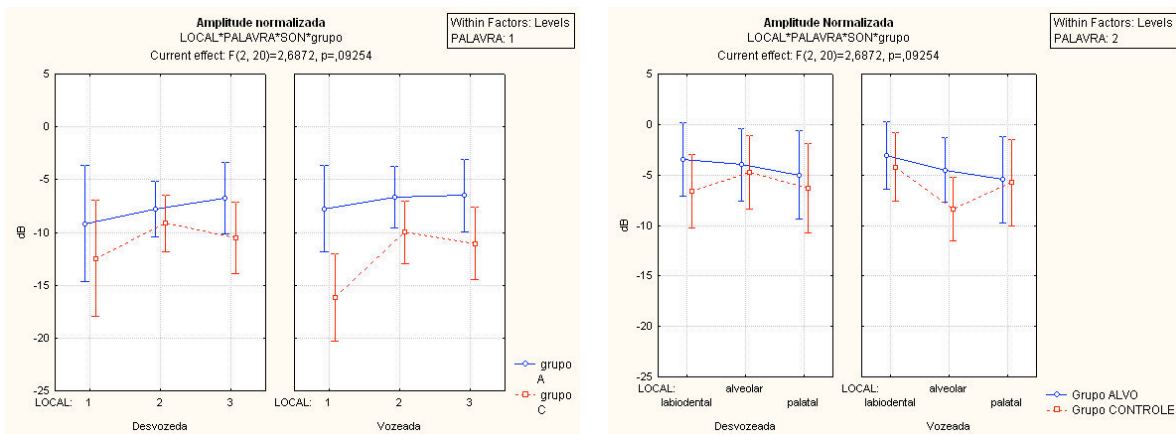


Gráfico 53 - Valores da amplitude pelas variáveis: local*palavra*grupo

O grupo controle apresenta diferença significativa para as variáveis: (1) palavra, (2) local*palavra e (3) local*palavra*vozeamento. O grupo controle atrela a diferença dos locais de constricção à palavra. O teste *post-hoc* Scheffé mostra diferença

entre sibilantes e não-sibilantes, para alguns cruzamentos de palavras, conforme é esperado. A posição da palavra dentro da sentença pode estar contribuindo para a diferença dos resultados entre as palavras 1 e 2. As palavras em posição final de sentença podem apresentar quedas de intensidade em todos os segmentos da palavra, diminuindo, assim, os contrastes de intensidade entre vogal e consoante.

5.1.3 - Transição de F2

A transição de F2 é considerada uma pista secundária importante na discriminação dos locais de constrição. Espera-se maior valor de F2 quanto mais posterior for a fricativa (KENT e READ, 1992). A vogal seguinte exerce papel importante nos valores da transição, sendo essa medida dependente da qualidade da vogal. Para neutralizar esse fenômeno, restringimos o contexto fonético à vogal /a/, precedente e seguinte a fricativa alvo. Assim, podemos julgar os valores da transição como dependentes apenas do local de constrição da fricativa.

Os valores da transição de F2 não foram significativos para diferenciar os grupos alvo e controle ($F(2,20)=2.4149$, $p=.1512$) (resultados - anexo 10). Esse fato é considerado positivo, já que não esperaríamos tamanha variação em F2 que implicasse na diferenciação dos grupos experimentais.

Os resultados mostram significância marginal entre os sexos (feminino e masculino) comparando-se os dois grupos experimentais ($F(2,20)=3.0114$, $p=.071$). A literatura aponta para a diferenciação dos valores da transição formântica, relacionados ao sexo, quando analisados adultos, jovens e crianças (NITTROUER, 1989; JONGMAN *et al.*, 2000; NISSEN, 2003). Entretanto, com relação a sujeitos idosos, não encontramos informação pertinente. É sabido que devido ao envelhecimento vocal, mulheres idosas

πapresentam diminuição de F0, enquanto homens aumentam os valores de F0 (HERTRISH e ACKERMANN, 1995). Sendo assim, a frequência fundamental de homens e mulheres idosos se aproximam, o que explicaria a não diferenciação dos valores da transição formântica entre os sexos.

O grupo alvo estabelece diferença significativa para as variáveis: local de constricção e palavra. O teste *post-hoc* Scheffé confirma a diferenciação significativa entre os locais: labiodental vs. palatal e alveolar vs. palatal e, ainda, marginal para labiodental vs. alveolar, para alguns cruzamentos de palavras (gráfico 54).

O grupo controle apresenta diferença estatisticamente significativa para local de constricção e significância marginal para vozeamento e local* palavra. O teste *post-hoc* Scheffé demonstra diferenciação significativa para labiodental vs. palatal e labiodental vs. alveolar para alguns cruzamentos de palavras. Ainda, apresentam significância marginal labiodental vs. alveolar e palatal para outros cruzamentos de palavras (gráfico 54), o que indica a diferenciação entre sibilantes e não-sibilantes.

Ainda constatamos, no gráfico 54, que ambos os grupos apresentam subida de F2 correspondente à posteriorização do local de constricção na cavidade oral, corroborando premissas da literatura (KENT e READ, 1992).

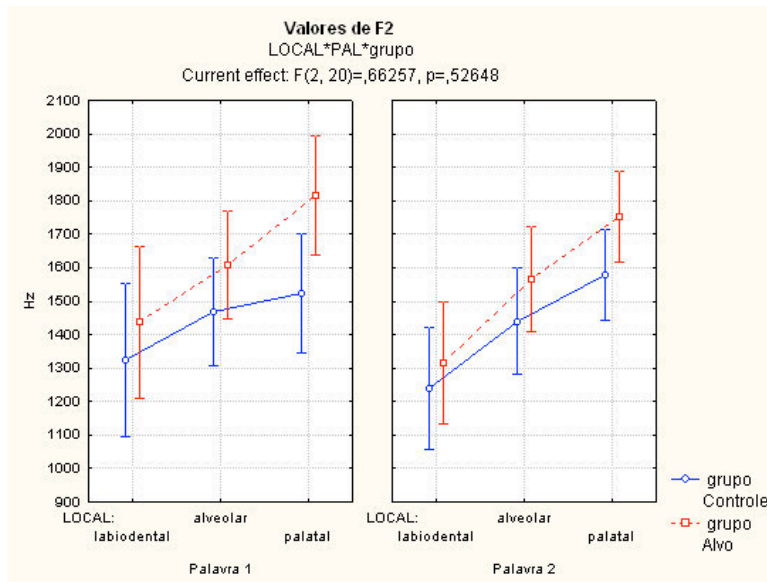


Gráfico 54 - Valores de F2, em Hz, para as variáveis: local*palavra*grupo

Em síntese, os achados referentes à distinção do local de constrição denotam que os parâmetros acústicos: duração da fricativa (absoluta e normalizada) e amplitude normalizada tendem a apontar distinções entre os locais de constrição, apesar de não comprovarem significância estatística. Esses parâmetros são muito suscetíveis ao contexto fonético, o que traz grande variabilidade atrelada à variável palavra. O parâmetro transição de F2 provou ser o mais robusto dos parâmetros avaliados, sendo o único a estabelecer distinção significativa entre sibilantes e não-sibilantes e estar menos sujeito à alteração decorrente da variável palavra. A distinção entre as sibilantes, alveolar e palatal, parece ser mais difícil de ser alcançada, pelo menos via análise dos parâmetros acústicos propostos. A priori, a não comprovação significativa das distinções entre os locais de constrição pelos parâmetros acústicos analisados não significa que os sujeitos não o façam. Vale ressaltar que outros parâmetros acústicos, notadamente parâmetros relativos ao espectro, exercem papel importante na diferenciação dos locais de constrição.

5.2 - Vozeamento

Vale lembrar que o mecanismo de produção e controle da vibração laríngea, isto é, do vozeamento, requer algumas condições laríngeas e aerodinâmicas. Três condições mínimas são necessárias para o vozeamento e, da mesma forma, para o desvozeamento, a saber: (1) abertura e fechamento das pregas vocais; (2) estiramento e relaxamento das pregas vocais e (3) facilitação e inibição do fluxo aéreo transglótico. Para a produção do desvozeamento, as pregas vocais devem abrir, juntamente com aumento na sua tensão, enquanto o fluxo aéreo transglótico diminui (LOFQVIST *et al.*, 1989). Nas fricativas desvozeadas, o pico da abertura glótica coincide com o início da constrição oral. A velocidade da abertura glótica e seu tamanho são maiores na produção das fricativas do que nas plosivas, garantindo, assim, geração de fluxo aéreo suficiente para produção do ruído fricativo. O controle muscular da abertura das pregas vocais, para a realização do desvozeamento, envolve a supressão da atividade dos músculos interaritenóideo (A), cricoaritenóideo lateral (CAL) e tiroaritenóideo (TA) e, ainda, a ativação do cricoaritenóideo posterior (CAP). Para o vozeamento das consoantes é necessária a supressão dos músculos adutores³⁵, sem a ativação do cricoaritenóideo posterior. O gesto de abertura glotal deve estar em fase com a articulação oral, para produzir contrastes de aspiração, amplitude e duração, os quais variam de acordo com o tipo de consoante (MC.GARR e LOFQVIS, 1982). Por consequência, os mecanismos de regulação da abertura glótica para a produção consonantal são dependentes da língua. Não há estudos articulatórios a respeito dos mecanismos de produção do vozeamento para o PB.

No intuito de investigarmos a realização do vozeamento, utilizamos três procedimentos, a saber: análise de parâmetros acústicos, análise qualitativa do espectrograma e análise qualitativa do intervalo dessonorizado.

³⁵ Os músculos adutores da prega vocal são: interaritenóideo, cricoaritenóideo lateral e tiroaritenóideo.

5.2.1 - Análise Acústica

Utilizamos os seguintes parâmetros acústicos para investigar o vozeamento: duração da fricativa, duração da vogal precedente e amplitude normalizada.

5.2.1.1 - Duração da fricativa

Espera-se que as consonantes desvozeadas sejam mais longas do que as vozeadas (KENT e READ, 1992). Em nossos resultados, não foi possível confirmar estatisticamente a distinção do vozeamento via duração, absoluta e normalizada, da fricativa.

O gráfico 55 mostra a distribuição da duração absoluta da fricativa, com o cruzamento das variáveis: local de constrição* vozeamento* grupo experimental. Não há diferença significativa entre as durações absolutas, para nenhuma das variáveis estudadas.

Podemos verificar que a duração se mostra dependente dos locais de constrição* vozeamento. As labiodentais desvozeadas apresentam maior duração do que as labiodentais vozeadas, para ambos os grupos. O grupo alvo segue a tendência de diminuir a duração das vozeadas nas alveolares, enquanto o grupo controle praticamente iguala a duração das desvozeadas e vozeadas. As palatais vozeadas tendem a ser mais longas do que as desvozeadas para ambos os grupos experimentais.

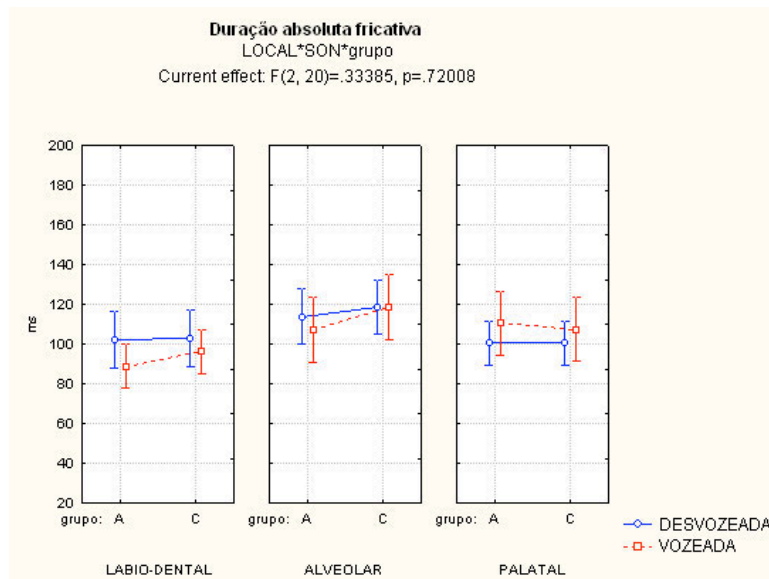


Gráfico 55 - Valores da duração absoluta da fricativa para as variáveis: local * vozeamento * grupo

As durações normalizadas, analisadas em *z-score*, mostram resultados similares.

5.2.1.2 - Duração da vogal precedente

A duração da vogal precedente tem relação com o vozeamento da consoante, sendo esperadas vogais mais longas precedentes às fricativas vozeadas em comparação à duração das vogais precedentes a consoantes desvozeadas. (KENT E READ, 1992). A explicação fisiológica para esse fenômeno é que, diante de consoantes vozeadas, não é necessário cessar o vozeamento da vogal, para dar início à produção consonantal. Enquanto, na produção de consoantes desvozeadas é necessário total interrupção do vozeamento antes da produção da consoante, isto implica na abertura das pregas vocais e regulação do fluxo aéreo. Por consequência, a duração da vogal é menor do que a duração de uma vogal diante de uma consoante vozeada.

Podemos aferir no gráfico 56 que os sujeitos alvo apresentam durações absolutas das vogais precedentes maiores do que o grupo controle em todos os locais de constricção, vozeamento e palavras (resultados - anexo11). Esse resultado é contrário aos achados de Weismer (1984) nos quais sujeitos idosos parkinsonianos apresentam durações de segmentos menores do que sujeitos idosos sem patologia.

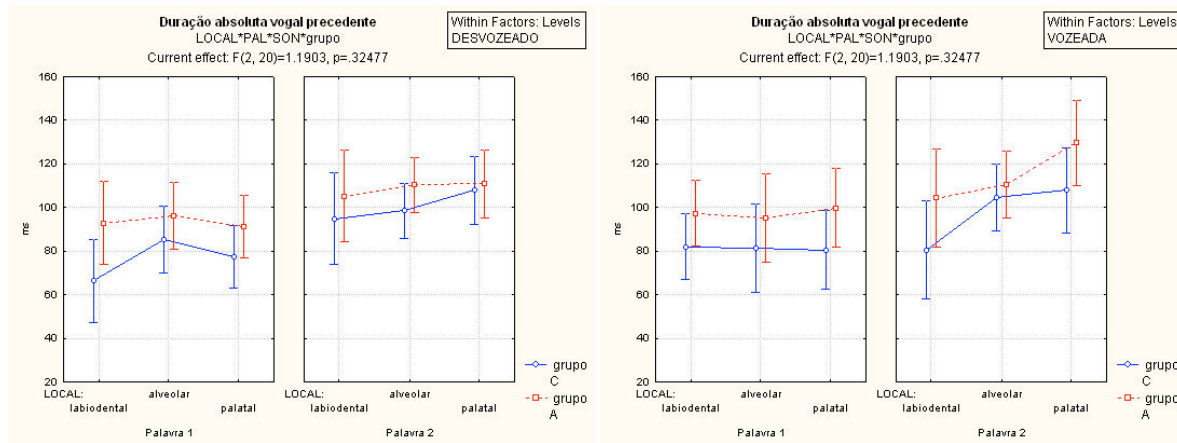


Gráfico 56- Valores da duração absoluta da vogal precedente para as variáveis: local*pal*son*grupo

Os dois grupos experimentais estabelecem diferença significativa marginal entre a duração absoluta da vogal precedente ($F(1,10) = 4.0785$ $p = .0710$). O grupo alvo apresenta diferença estatisticamente significativa com relação à duração absoluta da vogal precedente apenas para a variável palavra ($F(1,5) = 11.175$ $p = .0204$). Ainda, o grupo controle diferencia as variáveis: (1) local ($F(2,10) = 7.3106$ $p = .0110$); palavra ($F(1,5) = 16.8989$ $p = .0092$); e (2) local*palavra*vozeamento ($F(2,10) = 6.8345$ $p = .0134$). Os resultados medidos em *z-score* confirmam os mesmos achados para ambos os grupos.

5.2.1.3 - Amplitude normalizada

O mecanismo de controle da amplitude depende do controle da fonte glótica e do fluxo aéreo transglótico. É esperado que a amplitude das consoantes desvozeadas seja menor do que a amplitude das consoantes vozeadas, já que as vozeadas estão acopladas à fonte laríngea. As consoantes desvozeadas devem apresentar amplitude bastante reduzida ou nula. Portanto, a amplitude normalizada, diferença da amplitude da consoante pela amplitude da vogal seguinte, deve ser maior para as consoantes desvozeadas do que para as consoantes vozeadas.

O gráfico 57 mostra a distribuição dos valores da amplitude normalizada, cruzando as variáveis: local de constrição, palavra, vozeamento e grupo experimental. Como se verifica, a distribuição dos valores da amplitude normalizada segue um padrão muito semelhante, comparando-se os dois grupos experimentais. Constatamos, apenas, diferença na realização da palavra 2, pelo grupo controle, o qual manipula a amplitude normalizada de modo inverso ao grupo alvo, em todos os locais de constrição.

O grupo alvo tende a apresentar menor diferenciação entre as amplitudes normalizadas com relação ao vozeamento. Constatamos, ainda, que o grupo alvo tende a apresentar maiores valores para amplitude normalizada³⁶ do que o grupo controle, o que significa menor distância da amplitude da vogal em relação às fricativas. Conforme já discutimos no item 5.1.2, os sujeitos portadores de DP apresentam diminuição na intensidade vocal, devido a dificuldades no mecanismo laríngeo e aerodinâmico; portanto apresentam menores valores de amplitude e, em consequência, os valores da amplitude normalizada são mais altos. Os dois grupos experimentais apresentam diferença estatística marginal com relação à amplitude, quando cruzadas as variáveis local*vozeamento*palavra ($F(2, 20)=2.0872, p=.09254$).

³⁶ Vale lembrar que o valor da amplitude normalizada é negativo, o que implica uma relação inversa entre os valores.

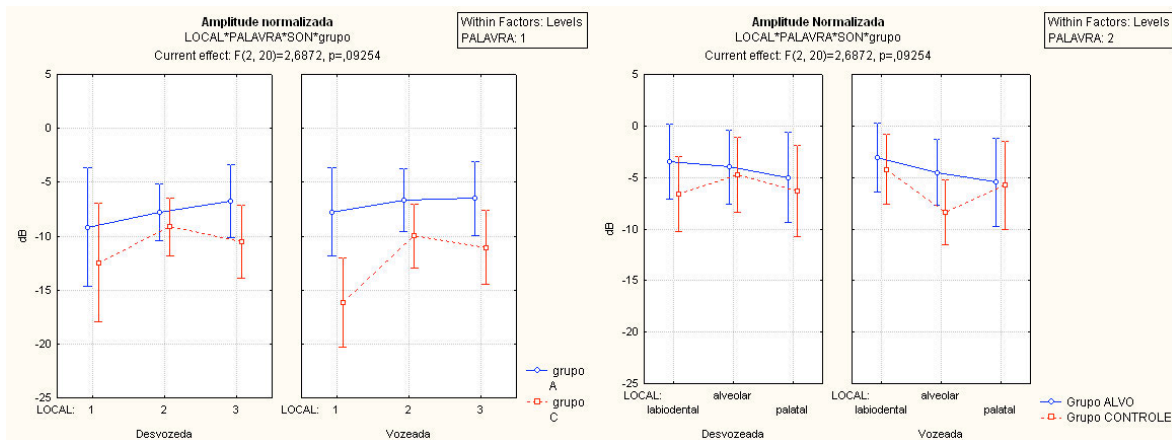


Gráfico 57 - Valores da amplitude normalizada para as variáveis: local*pal*voz*grupo

No decorrer dessas análises, verificamos que o vozeamento não é uma propriedade consistente nas produções avaliadas, nem pelo grupo alvo, tampouco pelo grupo controle. Não há dúvidas na literatura sobre os parâmetros acústicos, relativos à avaliação do vozeamento: duração da fricativa, duração da vogal precedente, amplitude e F0 são pistas contundentes em favor da distinção do vozeamento. Contrariamente às nossas expectativas, não foi possível estabelecer pistas acústicas robustas para avaliação do vozeamento. Acreditamos que isso não se deva por falha da metodologia empregada mas, sim, pela inconsistência na realização do vozeamento pelos grupos avaliados. De fato, a questão não é porque os parâmetros acústicos falham em detectar o vozeamento, mas o oposto: a falha na realização do vozeamento é que provoca resultados inconsistentes nos parâmetros acústicos analisados. Por este motivo, faremos uma avaliação qualitativa do vozeamento, investigando, detalhadamente, a realização do vozeamento na produção das fricativas.

5.2.2 - Avaliação qualitativa do espectrograma

Neste item, comentaremos algumas características espectrográficas, referentes à vozeamento, as quais consideramos relevantes ao longo da inspeção dos dados.

O espectrograma de uma fricativa é marcado pela presença do ruído fricativo, logo após o término da vogal precedente. A forma da onda deve apresentar irregularidades decorrentes da onda aperiódica, característica do ruído fricativo (Figura 1). As fricativas desvozeadas não apresentam vozeamento ao longo do ruído fricativo, ao contrário das fricativas vozeadas. Tendo como base a explicação fisiológica discutida no item 5.2, espera-se, na produção da fricativa desvozeada, que o pulso glótico cesse ao final da vogal precedente. Entretanto, é possível ocorrerem intervalos de pré-aspiração (WEISMER e FROMM, 1995) e de pós-aspiração, entre o final do ruído fricativo e o início da vogal seguinte (KLATT, 1974). Esses intervalos correspondem ao tempo de abertura e fechamento das pregas vocais, para finalizar e iniciar o vozeamento da vogal.

Em nossos dados, encontramos o intervalo de pré-aspiração em algumas produções de fricativas desvozeadas (Figuras 2 e 3). Este intervalo, provavelmente, corresponde à abertura mais lenta das pregas vocais para o início do desvozeamento. Weismer e Fromm (1995) comentam que o intervalo de pré-aspiração raramente é encontrado na produção de fricativas desvozeadas por adultos jovens. Já o intervalo de pós-aspiração é bastante comum, tendo tipicamente uma duração entre 10 a 20 ms. Ainda, a literatura aponta que sujeitos idosos realizam estratégias de desvozeamento distintas de sujeitos jovens (WATSON, 1998). Watson (1998) refere que sujeitos idosos não aumentam a tensão das pregas vocais, antes de iniciar o desvozeamento laríngeo, tal como fazem os sujeitos adultos jovens. A diminuição da tensão na musculatura laríngeo é comprovada pelo decréscimo de F0, nos últimos pulsos glóticos da vogal precedente à fricativa. Inferimos que os sujeitos avaliados apresentam maior lentidão na abertura das pregas vocais e, por

consequência, constata-se a presença do intervalo pré-aspirado, antes do início do ruído fricativo.

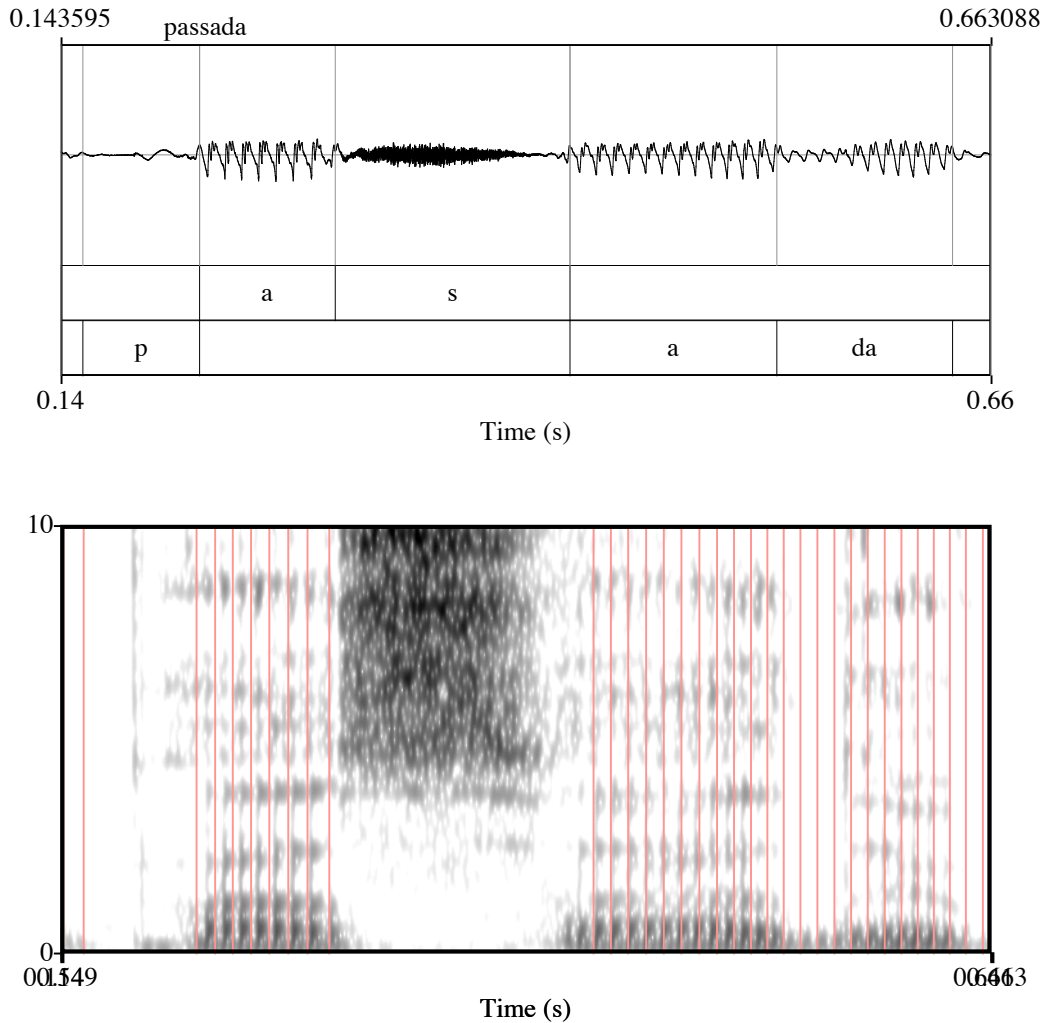


Figura 1 - Espectrograma da fricativa /s/ para sujeito controle
Obs; o pulso está marcado no tracejado vermelho

Ambos os grupos estudados, controle e alvo, apresentam esse tipo de estratégia. No entanto, a encontramos mais frequentemente nas amostras dos sujeitos controle. Essa manobra está diretamente ligada ao tipo de vozeamento; é encontrada na produção de fricativas desvozeadas, as quais requerem ampla abertura das pregas vocais. Um dos motivos pelos quais o grupo alvo não apresenta este tipo de manobra com tanta frequência é que os sujeitos parkinsonianos, muitas vezes, não realizam o intervalo

desvozeado, mantendo o vozeamento durante a produção da fricativa desvozeada. No item 5.2.3., analisaremos, com maiores detalhes, a realização do intervalo desvozeado.

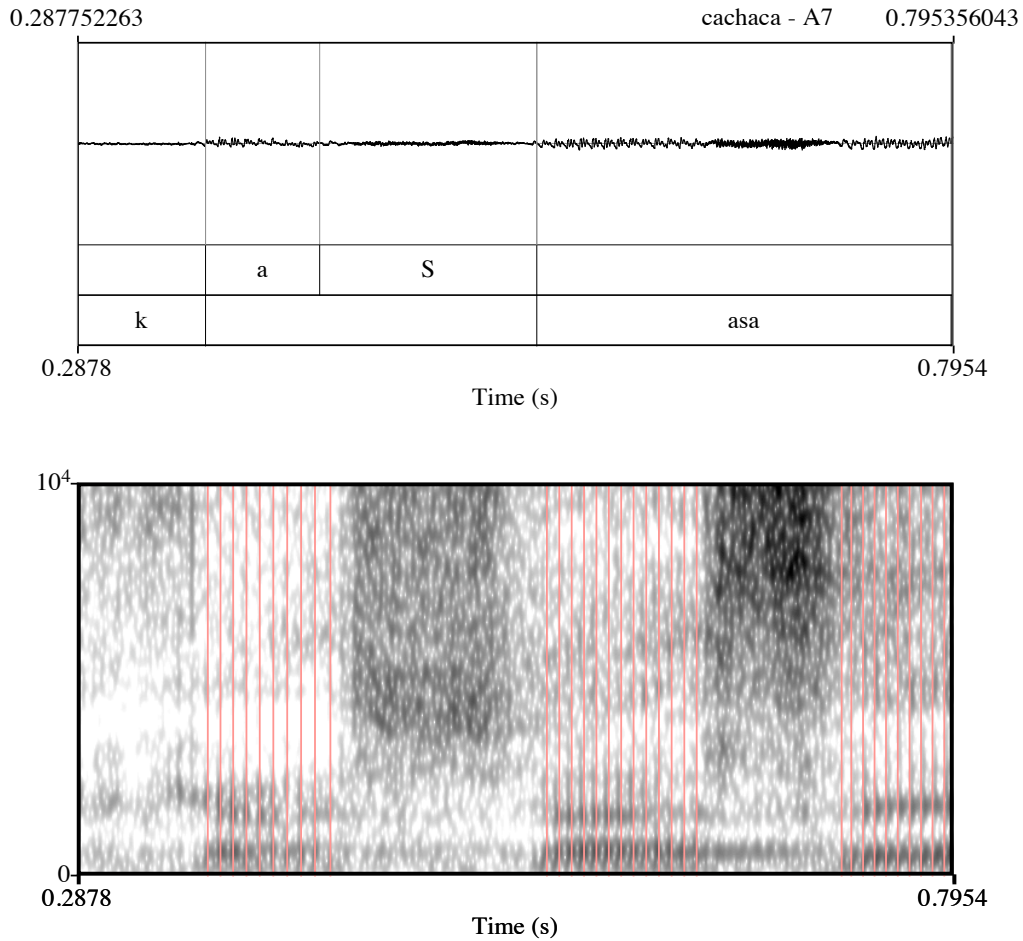


Figura 2-Espectrograma da produção de /s/ com intervalo de pré-aspiração para controle

Obs: o pulso está marcado no tracejado vermelho

No intuito de investigarmos se os sujeitos participantes dos dois grupos experimentais realizam a abertura glótica com aumento de tensão da musculatura laríngea, replicamos parcialmente o estudo de Watson (1998). Para tal, fizemos a medida de F0, nos dez últimos pulsos glóticos da vogal precedente à fricativa /f/, em três amostras da palavra “safári”, inclusa na sentença: “Este safári está fadado ao fracasso”. Nem todas as vogais

avaliadas continham dez pulsos glóticos; por este motivo, em algumas amostras, computamos número menor de pulsos. Além de realizarmos essas medidas, nos dois grupos experimentais (A e C), incluímos mais um grupo, formado por sujeitos adultos jovens, sem transtornos neurológicos. Participaram do grupo de adultos jovens (J) quatro indivíduos, dois do sexo masculino — J1 e J3 — e dois do sexo feminino — J2 e J4, cuja média de idade foi 30 anos. A gravação dos sujeitos adultos jovens foi realizada no LAFAPE³⁷ com o mesmo equipamento utilizado para a gravação dos outros dois grupos. Foram gravadas cinco repetições da sentença alvo — “Este safári está fadado ao fracasso”.

Nossos achados corroboram os resultados de Watson (1998) e Goberman e Blomgren (2008). Os grupos C e A apresentam queda de F0, nos últimos pulsos glóticos, como constata-se nos gráficos 58 e 59. Já o grupo J tende a apresentar leve subida de F0 nos últimos três pulsos glóticos, como pode-se verificar no gráfico 64. Esses resultados confirmam a hipótese de Watson (1998) de que sujeitos idosos realizam o desvozeamento, utilizando estratégias diferentes de sujeitos adultos jovens. Goberman e Blomgren (2008) comentam que tanto os sujeitos idosos, quanto os parkinsonianos, apresentam queda de F0, antes do início do desvozeamento. Entretanto, o grupo de parkinsonianos diferencia-se do grupo de idosos controle por anteciparem o movimento de abertura glótica. Os autores sugerem que essa seja uma manobra de compensação para a dificuldade, no controle motor e aereodinâmico, em interromper rapidamente o vozeamento.

Apesar de não ser esse o nosso foco no momento, vale pontuar que o tracejado da evolução do grupo alvo apresenta muito mais alternâncias, entre picos e vales, comparado ao grupo controle e ao grupo jovem. Este resultado está em concordância com achados da literatura, os quais referem que sujeitos parkinsonianos apresentam maior instabilidade de F0, devido à dificuldade de controle da musculatura laríngea (ZWIRNER e BARNERS, 1992; GOBERMAN e BLOMGRED, 2008).

³⁷ LAFAPE - Laboratório de Fonética e Psicolinguística, locado no IEL/UNICAMP.

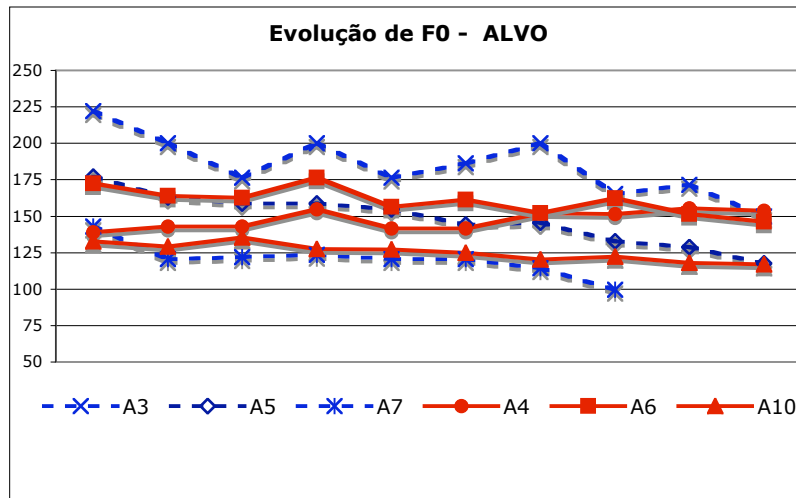


Gráfico 58 - Valores de F0 nos dez últimos pulsos glóticos para o grupo A

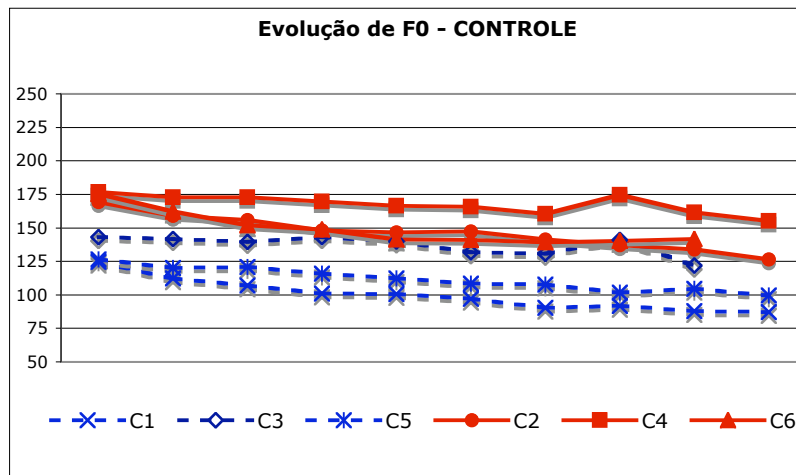


Gráfico 59 - Valores de F0 nos dez últimos pulsos glóticos para o grupo C

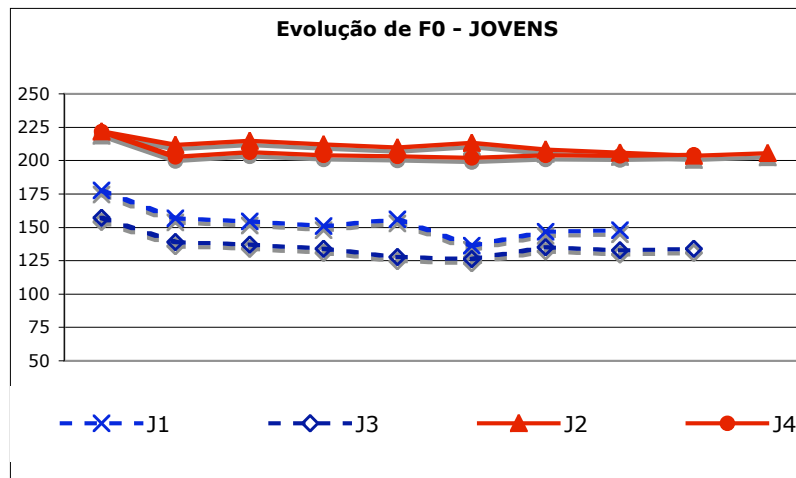


Gráfico 60 - Valores de F0 nos dez últimos pulsos glóticos para o grupo J

Outro ponto que chama atenção é a não diferenciação dos dois sexos pelos valores de F0, no grupo alvo. É possível verificar, nos gráficos 59 e 60, representativos do grupo controle e jovens, que os três sujeitos masculinos ocupam a posição inferior do gráfico. Este fato é esperado, já que os sujeitos masculinos habitualmente apresentam frequência fundamental mais baixa do que os sujeitos do grupo feminino. No entanto, no gráfico 58, relativo ao grupo alvo, o mesmo não é constatado. Dois sujeitos masculinos — A3 e A5— apresentam valores de F0 maiores do 150 Hz, faixa considerada como extensão feminina. E, ainda, um sujeito feminino apresenta valores menores do que 130 Hz, valor baixo para a extensão feminina. De fato, a população idosa apresenta modificações, na faixa da frequência fundamental, sendo que os homens tendem a apresentar aumento de F0, ao passo que as mulheres tendem a diminuir os valores de F0 (HERTRISH e ACKERMANN, 1995). No entanto, verificamos que esse fenômeno é mais exacerbado na população parkinsoniana investigada. A rigidez da musculatura laríngea pode ser responsável pelo aumento de F0, encontrado nos sujeitos masculinos (GOBERMAN *et al.*, 2002).

Ao avaliarmos os espectrogramas das fricativas vozeada, encontramos outro fenômeno interessante. Em grande parte das amostras cuja fricativa vozeada foi realizada sem o vozeamento, constatamos uma mudança da qualidade vocal, no final da vogal, para *breathy voice*³⁸. De fato, parece haver um adiantamento do ruído fricativo em relação à vogal (Figuras 3). Uma explicação fisiológica para esse fenômeno seria a abertura lentificada da prega vocal, iniciando pelas aritenóides, o que poderia proporcionar a qualidade vocal *breathy voice*. Realmente, como já discutimos nos parágrafos anteriores, há indícios de que os sujeitos parkinsonianos realizam a abertura das pregas vocais antecipadamente. No entanto, não verificamos, nos espectrogramas das fricativas

³⁸ *Breathy voice* é descrita como a qualidade vocal que contém o som da expiração durante a fonação; acusticamente tem a maioria de sua energia na fundamental. Entretanto, apresenta um significativo componente de ruído, devido à turbulência perto da glote. (Titze, I., 1995.p.336)

desvozeadas, mudanças da qualidade vocal no final da vogal. Portanto, esse fenômeno parece ser mais complexo do que a antecipação da abertura das pregas vocais.

No intuito de investigarmos mais a fundo este fenômeno, medimos a proporção harmônico/ ruído, na porção considerada como *breathy voice*. As medidas sugerem que, apesar de a configuração da forma da onda indicar a realização da vogal, a proporção harmônico/ruído tende a apresentar mais ruídos do que harmônicos. Se esse ruído é devido unicamente à qualidade vocal *breathy voice*, ou se já é a presença do ruído da fricativa, não podemos responder neste momento. Para tal, seriam necessárias outras medidas espectrais, as quais não realizamos, por considerarmos que o sinal acústico não estava claro suficientemente para garantir precisão dos resultados nas medidas de perturbação. De qualquer forma, vale ressaltar que a presença da *breathy voice*, no final da vogal, é um fenômeno ligado sistematicamente aos casos de desvozeamento da fricativa vozeada. Ainda, esse fenômeno é encontrado mais frequentemente no grupo controle do que no grupo alvo, já que a manobra de desvozeamento é realizada com maior frequência pelo grupo controle³⁹. Podemos inferir que a mudança da qualidade vocal para *breathy voice*, nestes casos de falta de vozeamento, seja uma manobra para permitir o aumento do fluxo aéreo, ainda, na presença do vozeamento, antes que esse cesse, manobra que, possivelmente, auxiliaria a percepção do som como vozeado.

³⁹ A contagem e análise dos casos de desvozeamento, nos grupos experimentais, encontra-se no item seguinte: 5.2.3.

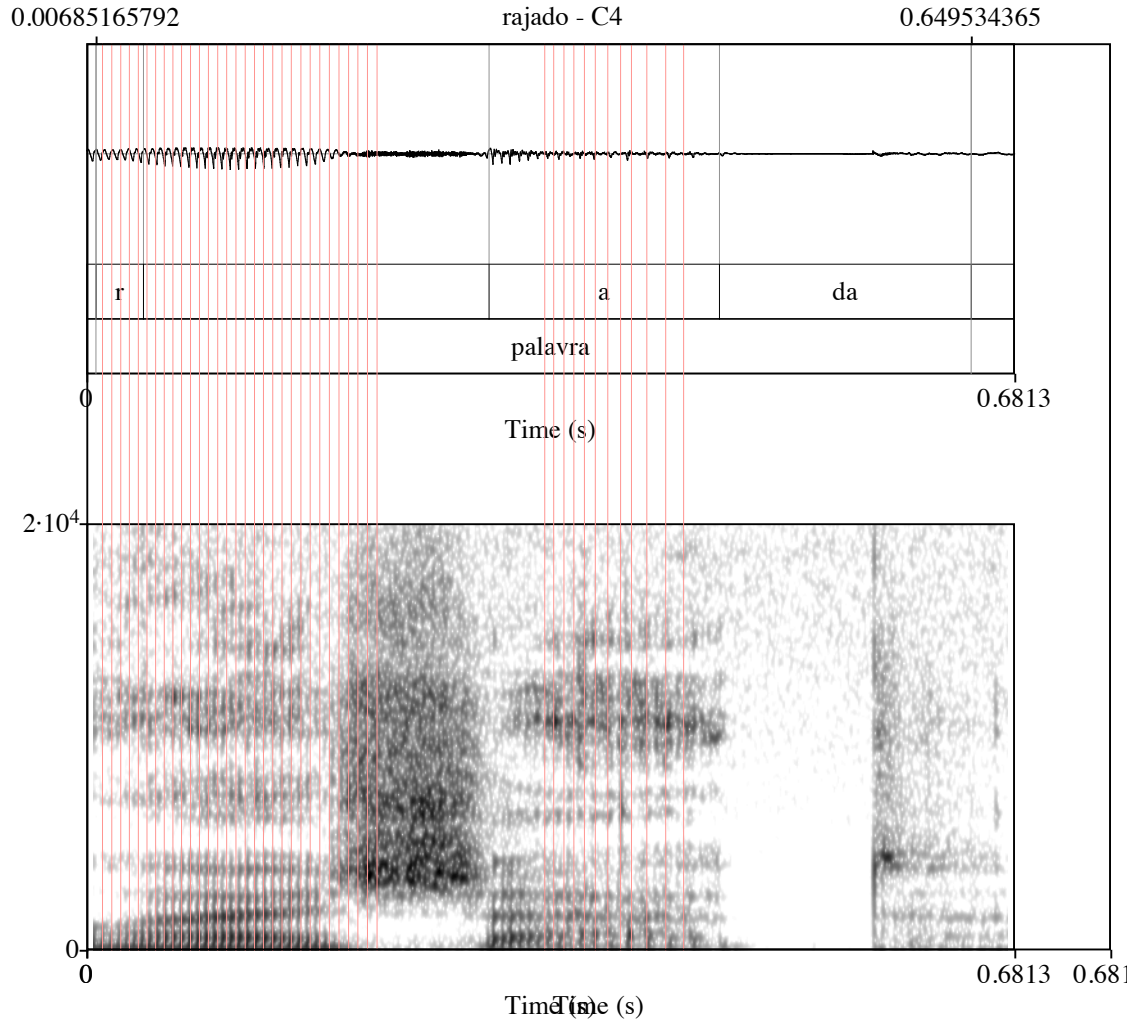


Figura 3 - Mostra espectrograma de /Z/ com a presença de *breathy voice* para sujeito controle
Obs: o pulso está marcado no tracejado vermelho

A análise dos espectrogramas das produções das fricativas possibilitou a revelação de dois fatos interessantes, presentes tanto no grupo controle como no grupo alvo. O primeiro: a presença de intervalos de pré-aspiração, os quais, apesar já serem descritos pela literatura, parecem ser bastante frequentes em nossos dados. Não podemos afirmar se é um fenômeno ligado à língua portuguesa, já que não há estudos descritivos sobre os aspectos acústicos para a produção das fricativas no PB. Ou, ainda, se é um fenômeno ligado à população geriátrica a qual, como pudemos constar nos nossos

resultados, apresenta uma antecipação no gesto de abertura das pregas vocais, diante de consoantes desvozeadas. Não podemos deixar de levar em consideração a possibilidade que esse fenômeno seja mais exacerbado nos sujeitos parkinsonianos, já que os mesmos apresentam dificuldades no controle motor laríngeo e aerodinâmico, o que pode acarretar um atraso maior no início do intervalo fricativo.

O segundo fato refere-se à presença da mudança da qualidade vocal, ao final das vogais precedentes a fricativas vozeadas, as quais não são realizadas com vozeamento. Esse fato pode estar relacionado, fisiologicamente, a uma lentidão na abertura das pregas vocais. O que é interessante é a sua ocorrência, em casos específicos de desvozeamento da fricativa vozeada, o que sugere ser uma manobra de compensação da perda do vozeamento.

5.2.3 - Avaliação qualitativa do intervalo desvozeado

Para investigação mais detalhada da realização do vozeamento, utilizamos uma avaliação qualitativa levantando a porcentagem de desvozeamento — *fraction on locally unvoiced frame* — do intervalo fricativo. Essa medida foi extraída do *voice report*, no programa de análise acústica Praat.

Classificamos valores da porcentagem de desvozeamento da seguinte forma:

- 1) 0 a 33% desvozeado;
- 2) 33 a 66% ambíguo ;
- 3) 66 a 100% vozeado.

Os quadros 11 e 12 apresentam os resultados das frequências de ocorrência das produções, realizadas dentro do padrão de vozeamento esperado (acertos) e das produções não-padrão (erros). As produções não-padrão foram divididas em dois tipos: categóricas e ambíguas. As categóricas são aquelas nas quais a produção do vozeamento é invertida, contemplando valores entre 0 a 33% (desvozeado) e 66 a 100% (vozeado) do intervalo desvozeado. Já as ambíguas são aquelas que obtiveram valores intermediários entre 33 a 66%, as quais apresentam uma porção de vozeamento e outra de desvozeamento.

Frequência de ocorrência		A4	A6	A10	A3	A5	A7
Produção padrão		27	27	35	41	43	38
Produção não-padrão	categórica	11	7	2	2	6	12
	ambígua	21	24	18	3	9	6

Quadro 11 - Frequência de ocorrência de produções padrão e não-padrão para grupo alvo

Frequência de ocorrência		C2	C4	C6	C1	C3	C5
Produção padrão		48	42	39	65	41	55
Produção não-padrão	categórica	8	17	10	0	5	2
	ambígua	5	0	9	0	5	3

Quadro 12- Frequência de ocorrência de produções padrão e não-padrão para grupo controle

Ao analisarmos os quadros 11 e 12, verificamos que ambos os grupos realizam produções padrão e não-padrão. A porcentagem de produções padrão não diferencia os dois grupos. Da mesma forma, as porcentagens das produções não-padrão, não são significativas entre os grupos. Entretanto, a porcentagem de produções

ambíguas diferencia, contundentemente, os grupos. Os sujeitos do grupo alvo realizam maior número de produções ambíguas do que os sujeitos do grupo controle.

Investigamos os tipos de produção não-padrão, tanto as categóricas quanto as ambíguas, listando o viés da produção, por exemplo: se a fricativa desvozeada se tornava vozeada ou, ao contrário. Os quadros 13 e 14 apresentam os resultados das distribuições não-padrão para os grupos alvo e controle, respectivamente:

Distribuição produções não-padrão		A3	A5	A7	A4	A6	A10
Categórica	Dessonorização	0	4	5	11	1	0
	Sonorização	10	4	6	0	6	2
Ambígua	Dessonorização	0	2	2	13	7	2
	Sonorização	3	7	4	8	17	10

Quadro 13 - Frequência de ocorrência das produções não-padrão para grupo alvo

Distribuição produções não-padrão		C1	C3	C5	C2	C4	C6
Categórica	Dessonorização	0	5	2	8	17	6
	Sonorização	0	0	0	0	0	4
Ambígua	Dessonorização	0	4	3	5	0	6
	Sonorização	0	1	0	0	0	3

Quadro 14- Frequência de ocorrência das produções não-padrão para grupo controle

Um achado interessante diz respeito à direção do desvio do vozeamento, a qual é oposta para os grupos alvo e controle. Os sujeitos do grupo controle tendem a desvozear as fricativas vozeadas. Enquanto os sujeitos do grupo alvo tendem a realizar

movimento oposto, vozear as fricativas desvozeadas, mantendo o vozeamento, durante o intervalo desvozeado.

A análise estatística por Qui Quadrado mostra que há uma associação significativa entre o grupo alvo e as produções não-padrão ($\chi^2 31.1057$ $df=1$, $p=.000$, $\phi .35825$) — gráfico 61. Ainda, os grupos experimentais diferenciam-se pelo tipo de produção não-padrão realizada; há uma associação entre o grupo alvo e produções ambíguas ($\chi^2 17.9906$ $df=1$, $p=.000$, $\phi .4786$), como constata-se, no gráfico 62.

A análise das produções não-padrão mostra que há uma associação entre o grupo alvo e o vozeamento, nas produções categóricas ($\chi^2 22.4929$ $df=1$, $p=.000$, $\phi .7843$) — gráfico 63 — .Isto significa que os participantes do grupo alvo tendem a realizar fricativas vozeadas no lugar de fricativas desvozeadas. Já o grupo controle mostra associação com as produções desvozeadas ($\chi^2 22.4929$ $df=1$, $p=.000$, $\phi .4356$), realizando o movimento contrário ao grupo alvo. As produções ambíguas não mostram associação com nenhum tipo de vozeamento ($\chi^2 .8481$ $df=1$, $p=.377$, $\phi .4083$) — gráfico 64.

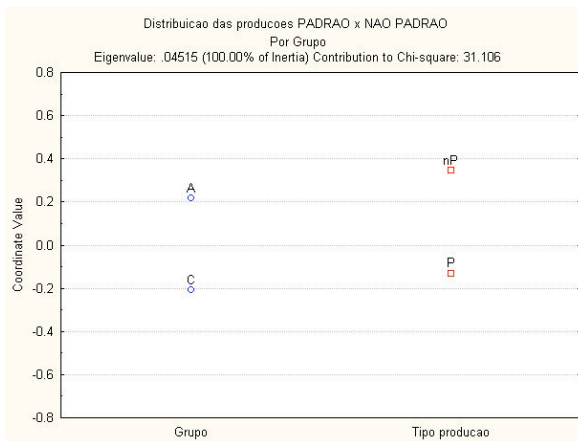


Gráfico 61 - Distr. produções padrão e não-padrão

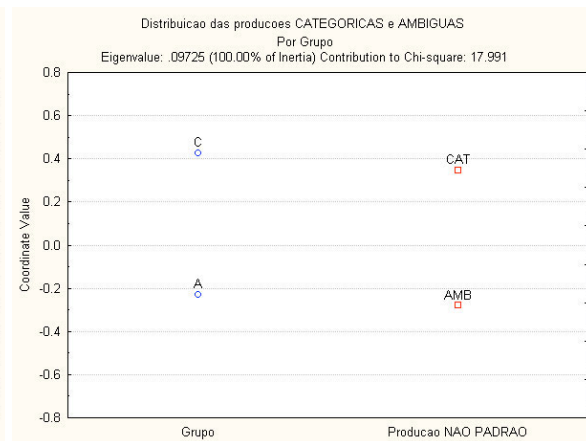


Gráfico 62 - Distr. produções categóricas e ambíguas

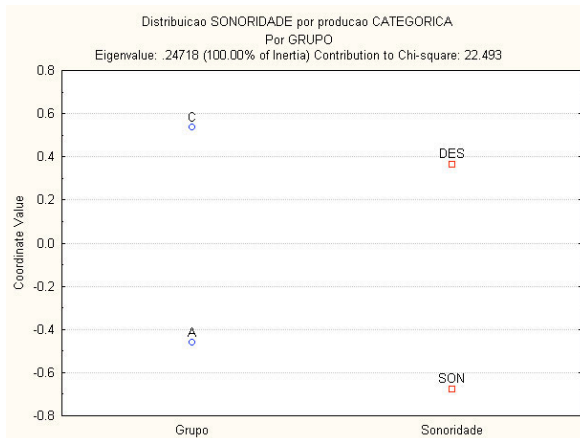


Gráfico 63 - Distr. vozeamento nas prod, categóricas

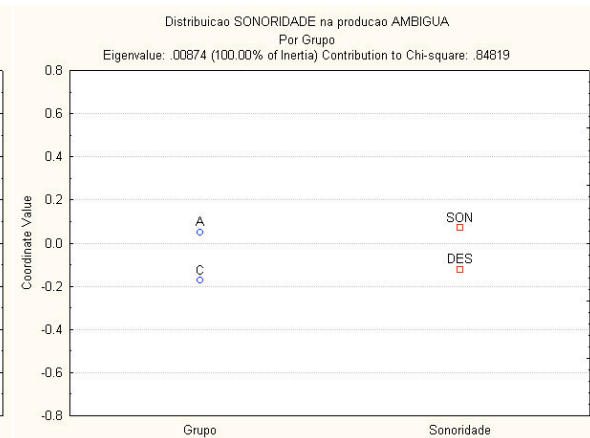


Gráfico 64 - Distr. vozeamento nas prod, ambíguas

Este achado, relacionado à inversão do vozeamento nas produções não-padrão, é muito interessante, principalmente pelo movimento oposto, apresentado pelos dois grupos experimentais. Parece-nos que essas estratégias distintas de manipulação do vozeamento têm “explicações” diferentes, isto é, o fator que as desencadeia não são os mesmos.

É fato que a população idosa sofre deteriorização da função vocal. Vários fatores contribuem para a modificação da função laríngea, com o avanço da idade, como, por exemplo: atrofia da musculatura laríngea, maior aperiodicidade da onda da mucosa, menor amplitude de vibração, entre outros (LINVILLE, 2001). Esses fatores dificultam a regulação dos mecanismos de vibração laríngea e, portanto, podem levar à realização inadequada do vozeamento. Constatamos que os sujeitos do grupo controle apresentaram produções não-padrão, quase sempre dessonorizando o elemento vozeado. Jesus (2001) refere que a dessonorização é um fenômeno bastante frequente no Português Europeu (doravante PE). Sendo assim, podemos levantar a hipótese de que as dessonorizações encontradas em nossos dados sejam uma característica própria do português. No entanto, não temos dados referentes ao PB que possam confirmar essa hipótese. Ainda, não podemos deixar de considerar a possibilidade de, além das alterações próprias do envelhecimento, alguns dos sujeitos avaliados possam apresentar patologias laríngeas que

estejam dificultando a vibração da mucosa, o que justificaria o desvozeamento de algumas produções esperadas como vozeadas. Como não temos exame laríngeo de nenhum dos sujeitos avaliados, não podemos investigar esta hipótese.

Considerando os sujeitos parkinsonianos, vários fatores podem estar contribuindo para a dificuldade em estabelecer um padrão de vozeamento contínuo (vozeado ou desvozeado). A função laríngea sofre grande impacto pela presença da patologia, os músculos laríngeos apresentam maior rigidez e tensão laríngea (JIANG *et al.*, 1999) e ainda, o fluxo aéreo pode estar alterado comprometendo as relações aerodinâmicas. A dificuldade na manutenção da pressão subglótica e da tensão das pregas vocais seria o suficiente para justificar a perda do vozeamento em produções esperadas como vozeadas. Por outro lado, a dificuldade em iniciar movimentos, devido à presença de rigidez e bradicinesia, poderia justificar a estratégia de manutenção da vibração laríngea, no lugar da interrupção, e retomada, a qual é esperada em segmentos desvozeados entre vogais (WEISMER, 1984). Provavelmente, a manutenção do vozeamento compromete menos a inteligibilidade da fala do que interrupções na fluência. Sendo assim, a manutenção do vozeamento, linguisticamente pode ser uma estratégia mais interessante do que interrompê-la. Outra forma de interpretação do fenômeno de vozeamento contínuo seria considerar que a abertura glotal por si só não é suficiente para cessar a vibração laríngea (LOFQVIST *et al.*, 1989). Para a interrupção da vibração laríngea, é necessário também o decréscimo do fluxo aéreo, devido à constrição supraglótica. No caso de a constrição supraglótica não ser efetiva, as mudanças no fluxo aéreo podem não ser suficientes para interromper a atividade laríngea e, portanto, ocorrer a manutenção do vozeamento. No caso dos sujeitos parkinsonianos é possível considerarmos a hipótese de que a constrição supraglótica não seja alcançada de forma apropriada. Apenas dados acústicos não podem afirmar com exatidão quais estratégias e, por qual motivo, elas seriam utilizadas. Para tal seria necessário proceder investigação articulatória detalhada da função laríngea e aerodinâmica.

5.3. Variabilidade

Entre todos os parâmetros acústicos analisados, a única variável que apresenta significância estatística comum a todos eles é a palavra, para ambos os grupos. A opção de utilizarmos sentenças possíveis na fala e, conseqüentemente, não utilizarmos sentenças veículos e logotomas incorreu no fato de não termos controle rígido do ambiente fonológico, entoacional e prosódico. O afrouxamento das restrições próprias da fala experimental, trouxe o ônus da variabilidade, decorrente da fala encadeada. Por um lado, a grande variabilidade prejudica a comprovação estatística de certos fenômenos; em contrapartida, demonstra que sujeitos parkinsonianos, embora possuam restrições motoras importantes, continuam sensíveis a organização linguística da fala.

Contudo, a variabilidade encontrada nas produções vocálicas e das fricativas não se deve apenas à tarefa experimental aplicada. A grande variabilidade nas medidas biológicas e de comportamentos é um fenômeno observado na população geriátrica (BIRREN e RENNER, 1977, *apud* WEISMER, 1984). Muitos trabalhos utilizam-se de medidas de variabilidade, tais como: desvio padrão ou coeficiente de variabilidade, para investigar a precisão do controle motor da fala (KENT, NETSELL, *et al.* 1979; WEISMER e FROMM, 1995; MUNSON, 2004). Esses estudos indicam que crianças, população geriátrica e sujeitos portadores de transtornos neurológicos tendem a apresentar maior variabilidade intrasujeitos, do que sujeitos adultos jovens. Para Weismer (1984) a variabilidade nas medidas de duração apresentada pelos sujeitos parkinsonianos não se deve à patologia em si, mas à condição geriátrica desses indivíduos. Nossos dados comprovam grande índice de variabilidade em todos os parâmetros acústicos analisados, para ambos os grupos. Entretanto, não concordamos que os sujeitos parkinsonianos apresentem o mesmo padrão de variabilidade do que os sujeitos do grupo alvo. Os dados relativos às vogais mostram que, apesar de o índice de dispersão das vogais ser próximo

entre os dois grupos, o grupo alvo apresenta diferentes direções da dispersão, o que o distingue do grupo controle. Com relação à produção das fricativas, a realização do vozeamento foi comportamento que mais distinguiu o grupo alvo do grupo controle, sendo a ambiguidade do vozeamento a marca da variabilidade, na realização do vozeamento das fricativas.

6.0 - Síntese

As análises acústicas relativas à produção das fricativas revelaram sinalização menor dos locais de constrição, porém ainda consistentes. O parâmetro acústico mais robusto foi a transição de F2. A dificuldade de distinção das alveolares e palatais, no grupo alvo, pode estar associada a dificuldade motora na movimentação da língua em sentido ântero-posterior, como já foi verificado na articulação das vogais.

A realização da sonoridade mostrou-se bastante inconsistente para ambos os grupos. Os parâmetros acústicos utilizados para avaliação da sonoridade não foram efetivos, em razão da alternância nos padrões de realização da mesma. A análise qualitativa do espectrograma apontou a presença recorrente de intervalos de pré-aspiração antes do ruído fricativo, em ambos os grupos. Ainda, encontramos uma porção de *breathy voice* no final da vogal precedente a fricativas vozeadas, quando as mesmas foram realizadas sem o vozeamento esperado. Este fenômeno ocorreu prioritariamente no grupo controle.

Os dois grupos experimentais distinguem-se na realização de estratégias do vozeamento. O grupo alvo tende a vozeiar as fricativas desvozeadas, enquanto que o grupo controle apresenta tendência a desvozeiar as fricativas vozeadas. Ainda, o grupo alvo distingue-se do controle pela grande incidência de vozeamentos ambiguos, isto é, parte do ruído fricativo apresenta vozeamento e outra parte não. Inferimos que as estratégias de manutenção do vozeamento sejam utilizadas para manter a fluência da fala.

CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi investigar as adaptações motoras da fala e, por consequência, as estratégias linguísticas subjacentes, realizadas por sujeitos portadores de DP no intuito de compensar as alterações motoras impostas pela patologia. Para tal, analisamos acusticamente as produções de vogais e de fricativas, de sujeitos portadores de DP e sujeitos não portadores de transtornos neurológicos falantes do PB.

Ao longo desta pesquisa percebemos que lidávamos não apenas com a questão específica das adaptações de fala relacionadas à presença da disartria hipocinética, mas que essa problemática estava imersa em dois outros grandes contextos não menos importantes. O primeiro diz respeito ao fato de que quando trabalhamos com sujeitos portadores de DP, quase invariavelmente, estamos lidando com indivíduos idosos. O conhecimento sobre as mudanças motoras da produção da fala em sujeitos idosos, acarretadas pelas mudanças fisiológicas próprias do envelhecimento, não é muito extenso. Desta forma, em nossa problemática somam-se as adaptações impostas pela disartria às modificações fisiológicas inerentes ao envelhecimento. O segundo, arrola a questão de que a maioria dos estudos acústicos, relativos à análise fônica, referem-se à língua inglesa. Há

poucas informações acústicas disponíveis sobre o funcionamento da produção fônica do PB. Portanto, além de lidarmos com a disartria em sujeitos idosos, estamos analisando a produção de uma língua que ainda não foi totalmente explorada em termos acústicos. Delineiam-se, então, três contextos implícitos no nosso trabalho: a disartria, o envelhecimento fisiológico e as características próprias ao PB. Ao longo deste capítulo, faremos alguns comentários a respeito de pontos relevantes aos dois grandes contextos em que a disartria hipocinética está inclusa e, por fim, discutiremos os achados mais importantes relacionados ao nosso objeto de pesquisa.

Podemos considerar que o estudo fonético-acústico do PB ainda é recente, datando dos últimos trinta anos. Desta forma, não obtemos informações detalhadas sobre as características acústicas do PB e pistas acústicas relevantes em sua discriminação. Sendo assim, utilizamos as informações obtidas para a língua inglesa como base para nossos trabalhos. Obviamente, isso acarreta vários problemas, já que as línguas têm funcionamento distinto. Dois fatos, relativos ao funcionamento regular da língua, nos chamaram a atenção neste trabalho: o grande número de desvozeamentos das fricativas apresentados pelos sujeitos controle e a presença do intervalo de pré-aspiração anterior ao ruído da fricativa.

O desvozeamento da fricativa, em posição intervocálica, pode ser interpretado como um desvio, ou sinal de patologia, se tomarmos como base a língua inglesa. Entretanto, o fenômeno de dessonorização de fricativas, é descrito como frequente no PE (JESUS, 2001). É bastante provável que o PB tenha um comportamento similar ao PE e, assim, os eventos de dessonorização façam parte de processos da própria língua. No entanto, esse fenômeno não é comum a todos os sujeitos do grupo controle, fato que gera dúvidas à consideração de que esse fenômeno esteja ligado ao funcionamento regular da língua ou se é consequência de algum outro processo externo a ela.

A presença do intervalo de pré-aspiração antes do ruído fricativo, é um fenômeno pontuado pela literatura; no entanto, é pouco discutido (WEISMER e FROMM, 1995). A presença do intervalo de pré-aspiração foi bastante frequente em nossos dados, tanto no grupo alvo, quanto no controle. O intervalo de pré-aspiração pode ser considerado como reflexo das mudanças do funcionamento laríngeo e aerodinâmico, decorrente das modificações consequentes ao envelhecimento fisiológico. No entanto, não podemos descartar a possibilidade de ser uma característica própria ao PB.

Desta feita, muitos fatos que aparecem nas pesquisas com fala disártrica, ou em aquisição da linguagem, podem estar ligados a fatores relativos à variação do funcionamento da língua no decorrer do amadurecimento e envelhecimento fisiológico do falante e não a um processo de adaptação à presença de uma patologia. Portanto, maiores investigações sobre as características acústicas do PB em diferentes fases, por exemplo, infância, fase adulta e geriátrica, são necessárias para o completo conhecimento da dinâmica fônica da língua.

A produção das fricativas evidenciou algumas características peculiares à população idosa investigada. Por exemplo, a realização do vozeamento mostrou ser menos categórica do que se esperava. A frequente realização de desvozeamentos pelo grupo de sujeitos controle e a presença de produções ambíguas, mesmo que menores do que as encontradas pelo grupo alvo, podem estar relacionadas às mudanças relativas ao envelhecimento fisiológico, decorrentes de dificuldade na regulação dos mecanismos aerodinâmicos e laríngeos. A presença de intervalos pré-aspirados pode, também, ser considerada como uma característica da fala de sujeitos idosos. A breve análise da evolução de F0, a qual incluiu um grupo de sujeitos jovens, confirmou achados da literatura que referem o funcionamento distinto dos mecanismos de realização do desvozeamento, apontando queda de F0, em lugar do aumento da mesma. Outra característica encontrada nessa análise foi a menor diferenciação dos sexos, pela medida de F0, comparando-se ao

grupo adulto jovem. Esse fato corrobora a literatura, a qual menciona o abaixamento de F0 em mulheres e aumento de F0 em homens, aproximando as medidas de F0 dos dois sexos (LINVILLE E FISHER, 1985; LINVILLE, 2001).

Dois sujeitos do grupo controle apresentaram articulação centralizada das vogais, apresentando valores da área do espaço vocálico semelhantes ao grupo parkinsoniano. De fato, a literatura afirma que os sujeitos idosos apresentam reduções no espaço de trabalho das vogais, tendendo à centralização (WATSON e MUNSON, 2007). Por falta de informações a respeito da articulação destes sujeitos em sua fase adulta jovem, não podemos afirmar que a extensão da movimentação articulatória, correspondente a redução de F1 e F2, dos sujeitos idosos, por nós avaliados, encontra-se reduzida por decorrência do seu envelhecimento fisiológico.

Conforme discutimos em parágrafos anteriores, os dois fenômenos, desvozeamento e intervalo de pré-aspiração, podem também serem interpretados como sendo próprios da variação do PB, no lugar de serem associados ao envelhecimento fisiológico. Esse trabalho não incluiu a comparação de um grupo controle de sujeitos jovens, com exceção à análise da evolução de F0, para que pudéssemos avaliar essa hipótese. No entanto, sugerimos que trabalhos futuros sejam desenvolvidos envolvendo este tipo de comparação, no intuito de obtermos mais subsídios para esclarecer os fatos próprios do PB e os relativos à população geriátrica.

A análise dos resultados mostrou duas manifestações claras da disartria, em vogais e consoantes. A redução das vogais, apresentada pela centralização dos valores de F1 e F2 e o enfraquecimento das obstruintes fricativas, atenuação das diferenças entre locais de constrição. Em ambos os casos, um modelo dinâmico que contemple as variáveis grau e local de constrição, tal como preconiza a fonologia gestual, possibilita a análise das estratégias de *undershoot*, entendidas como processos alofônicos, utilizadas para a

manutenção da inteligibilidade. A possibilidade de análise das vogais e consoantes utilizando-se das mesmas variáveis, grau e local de constrição, é um ganho importante em relação à outras teorias fonológicas, as quais não prevêm processos de enfraquecimento comuns entre vogais e consoantes. É recorrente nas teorias fonológicas tradicionais, tal como a teoria dos traços distintivos, tratar as vogais com parâmetros distintos dos empregados na análise das consoantes, tornando impossível a descrição simultânea de um fenômeno fonético-fonológico comum entre vogais e consoantes.

A avaliação da produção vocálica foi realizada a partir de análises estáticas e de variação, das relações dos dois primeiros formantes, das sete vogais do PB. As relações estáticas, tais como: configuração do espaço vocálico em Bark e medida de sua área, corroboraram os achados da literatura que apontam para a redução do espaço vocálico (MCRAE, 2002; TJADEN *et al.*, 2005; FRAAS, 2003; SOARES, 2007), demonstrando maior tendência a centralização das vogais, para o grupo de parkinsonianos. Apesar de não haver diferença estatisticamente significativa das medidas das áreas dos espaços vocálicos entre os grupos, o grupo alvo tende a apresentar áreas menores do que o grupo controle. Os sujeitos disártricos hipocinéticos apresentam, em geral, maior redução no eixo de F2, relativo à movimentação em sentido ântero-posterior da língua, a qual é prevista como local de constrição na pauta gestual. O eixo de F1 também apresenta redução, principalmente nos sujeitos do subgrupo masculino, sendo representado na pauta gestual, como o grau de constrição. As vogais altas são as que mais sofrem reduções neste eixo, sendo produzidas com menor grau de constrição, apontando para o afrouxamento do grau de constrição. Também realizamos a avaliação da configuração do espaço vocálico em *z-score*, procedimento ainda não utilizado para a análise da fala de portadores de disartria. Esta análise mostrou que apesar das reduções apresentadas nos eixos de F1 e F2, já conferidas em Bark, a distribuição das vogais apresenta-se mais equilibrada quando avaliada através do procedimento de normalização intrínscio.

A avaliação da variação da produção vocálica não havia sido aplicada a estudos com fala de sujeitos portadores de disartria pela literatura. Para tal, analisamos a variabilidade e a dispersão das vogais. A variabilidade foi avaliada a partir da plotagem de elipses que demarcaram as zonas de produção vocálica. Esse procedimento revelou um aspecto bastante interessante, e ainda inédito na literatura, da produção das vogais: a grande variabilidade das amostras em relação à média de sua produção. Esses achados sugerem que as amostras gravitam em torno do alvo acústico-articulatório, de forma muito mais dispersa do que o grupo controle o faz. A grande confluência das elipses, nos sujeitos alvo, mostra que as zonas de produção vocálica são pouco demarcadas o que, provavelmente, gera confusão na discriminação destas vogais. A variabilidade na produção vocálica é entendida, por nós, como as várias tentativas de atingir o alvo acústico-articulatório, em busca da compensação das dificuldades motoras. É possível pensar que a restrição motora provocaria uma estratificação da produção vocálica, no entanto, o que se verifica é o oposto, ajustes de grau e local de constrição são realizados na tentativa de atingir o alvo acústico-articulatório.

A dispersão vocálica reitera os achados relativos à variabilidade, entretanto, consideramos que as duas medidas são complementares, uma não substituindo a outra. A análise da dispersão mostra que o grupo parkinsoniano apresenta as vogais posteriores — /o/, /O/ — com, notoriamente, maior dispersão do que as outras vogais. Este fato aponta para maior dificuldade em realização de movimentos com o dorso da língua, restringindo a movimentação do local de constrição. A vogal /u/ demonstra comportamento contrário, apresentando redução da dispersão comparada ao grupo controle, que mostra, como esperado, maior dispersão nessa vogal do que nas outras. Acreditamos que a incorporação de informações da variação da produção vocálica, na análise produção vocálica, pode ser bastante enriquecedora na compreensão das estratégias de adaptação da fala de sujeitos portadores de disartria.

Este estudo é pioneiro no que se refere à análise acústica sistemática da produção das obstruintes fricativas por sujeitos portadores de PD, contemplando a maioria das fricativas possíveis no PB. Nosso foco recaiu sobre os parâmetros acústicos que indicassem a realização do local de constrição e o vozeamento, duas propriedades fundamentais na distinção das fricativas. O enfraquecimento da realização da fricativa revela-se na falta de consistência dos resultados acústicos. A inspeção do espectrograma evidencia menor energia presente nas produções dos sujeitos parkinsonianos. As medidas de amplitude normalizada comprovam a indicação visual de menor energia na realização das fricativas. O parâmetro mais robusto para a discriminação do local de constrição foi a transição de F2. Outros parâmetros, tal como a duração da fricativa, indicaram apenas discriminação de sibilantes entre não-sibilantes, sugerindo que a movimentação de corpo e dorso de língua encontra-se comprometida. Desta forma, a distinção dos três locais de constrição foi sinalizada por menos parâmetros mas, ainda, de forma consistente. Vale lembrar que não investigamos as propriedades do espectro, as quais apresentam pistas importantes da realização do local de constrição. Assim, é possível que informações relevantes estejam preservadas no espectro.

A análise do vozeamento revelou aspectos interessantes sobre o manejo das relações aerodinâmicas e acústicas apresentadas pelos sujeitos avaliados. A inconsistência da realização do vozeamento é um fato que chama a atenção, tanto para os sujeitos do grupo alvo, quanto para os controles. Os dois grupos se diferenciam pela tendência a realizar movimentos em direções opostas, enquanto o grupo alvo tende a vozeiar os fones não vozeados, o grupo controle apresenta tendência a desvozeiar os elementos não vozeados. O vozeamento de elementos não vozeados por sujeitos portadores de DP é descrito pela literatura. Acreditamos que essa estratégia seja realizada no intuito de manter a fluência da fala, já que a interrupção do vozeamento e sua consequente retomada, como exige uma fricativa desvozeada em ambiente intervocálico, pode ser um movimento difícil devido às restrições laríngeas e aerodinâmicas decorrentes da DP. Desta forma, a

manutenção do vozeamento traria impacto negativo menor, à situação comunicativa, do que interrupções na cadência da fala.

Vale ressaltar que a variável independente que apresentou mais resultados significativos nos testes estatísticos, para os parâmetros acústicos analisados, foi a palavra. Este fato demonstra que apesar das restrições motoras os sujeitos parkinsonianos são muito sensíveis ao contexto e modificam suas produções de acordo com as exigências linguísticas.

As análises das vogais e das fricativas indicam maior dificuldade na realização dos movimentos articulatorios dependentes de retração e elevação do dorso da língua. Sugerimos que essa informação seja incorporada no planejamento terapêutico como, por exemplo, reforçar a diferenciação dos locais de constrição, principalmente entre palatais e alveolares, e vogais altas anteriores e posteriores, trazendo benefícios diretos à precisão articulatória.

Os resultados aqui arrolados contribuem para o aprofundamento do conhecimento em vários campos: fonética e fonologia; acústica; neurologia e fonoaudiologia. Ao campo da fonética e fonologia reforça-se a possibilidade, via fonologia gestual, de tratar estratégias de adaptação motora das vogais e consoantes através das mesmas variáveis, grau e local de constrição. Esses dois parâmetros foram suficientes para explicar as estratégias de *undershoot* realizadas pelos sujeitos.

À fonética-acústica contribui-se com a incorporação da análise da variação das vogais na avaliação da fala de portadores de disartria. Essa metodologia traz informações importantes acerca das estratégias de adaptação motora utilizadas pelos sujeitos. Ainda, vale pontuar a evidência de que apenas a análise quantitativa de medidas do espectrograma pode não ser suficiente para o entendimento de fenômenos acústicos, tal

como a realização do vozeamento. A análise qualitativa do espectrograma, também, pode contribuir muito no entendimento dos fenômenos acústicos.

Ao campo da clínica, relativo à neurologia e fonoaudiologia, acreditamos ter avançado na compreensão das estratégias de produção da fala dos sujeitos disártricos hipocinéticos. Alguns achados da literatura relativos à língua inglesa para o PB foram corroborados. A análise da variabilidade e dispersão das vogais sugere que a oscilação na produção do alvo acústico-articulatório pode contribuir muito para a diminuição da inteligibilidade dos sujeitos disártricos. O estudo sistemático da produção das fricativas, além de fornecer dados relevantes na produção das fricativas no PB, levantou uma questão importante sobre a realização do vozeamento por sujeitos idosos, portadores e não portadores de DP. Acreditamos que os resultados, comentados ao longo deste trabalho, podem contribuir para o planejamento terapêutico, visando maior objetividade e maior eficácia no tratamento fonoaudiológico.

Um avanço importante deste trabalho está ligado ao fato de podermos associar a inspeção acústica, a qual permite inferir o comportamento motor, a uma teoria fonológica que possa trazer subsídios para o entendimento lingüístico das compensações motoras utilizadas por sujeitos portadores de disartria. Acreditamos que as adaptações motoras que concernem à produção da fala, tais como apresentadas por sujeitos portadores de DP, são estratégias lingüísticas que visam manter a fluência e a inteligibilidade. Desta forma, fortalece-se a teoria gestual, cujo arcabouço teórico é capaz de prover explicações fonológicas consistentes com fatos considerados exclusivamente motores, por outras teorias. Por outro lado, fortalecem-se as pesquisas acústicas que vislumbram a possibilidade de deixarem de ser meramente descritivas para associar explicações, fisiológicas e/ou lingüísticas, aos fenômenos investigados. Abre-se também caminho para pesquisas futuras que envolvam outras formas de análise da fala, tais como medidas articulatórias da fala de portadores e não portadores de disartria.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABERCROMBIE, D. Elements of general phonetics. Chicago, Aldine Publish Co. 1967.

ALBANO, E. C. O gesto e suas bordas: esboço de fonologia acustico-articulatoria do português brasileiro. Campinas: Mercado de letras. 2001.

ANDRADE, L. A. e FERRAZ, H. B. Quadro clínico. In: MENEZES, M. e TEIVE, H. (Ed.). Doença de Parkinson. Aspectos clínicos e cirúrgicos. Rio de Janeiro: Guanabara- Koogan, 1996. p.51-68.

BAUDELLE, E.; VAISSIERE, J. *et al.* Intrinsic and co-intrinsic vowel characteristics in cerebellar and parkinsonian dysarthrias. Folia Phoniatr Logop, v.55, n.3, May-Jun, 2003. p.137-46.

BIRREN, J. E. e RENNER, V. J. Research on the psychology of aging: Principles and experimentation. In: BIRREN, J. E. e SCHAIE, K. W. (Ed.). Handbook of the psychology of aging. New York: Van Nostrand Reinhold, 1977, p.3-38

BOERSMA, P e WEENINK, D. (2007):Praat: doing phonetics by computer (Version 5.0) [Computer program].Retrieved DEC 9, 2007, from <http://www.praat.org/>

BRADLOW, A.; TORRETA, G. e PISONI, D. Intelligibility of normal speech I: Global and fine-grained acoustic-phonetic talker characteristics. Speech Communication, v.20, 1996. p.255-272.

BROWMAN, C. e. GOLDSTEIN, L Towards an articulatory phonology. In: (Ed.). Phonology Yearbook, v.3, 1986. p.219-252

CANTER, G. J. Speech Characteristics of Patients with Parkinson's Disease. III. Articulation, Diadochokinesis, and over-All Speech Adequacy. J Speech Hear Disord, v.30, Aug, 1965a. p.217-24.

_____. Speech Characteristics of Patients with Parkinson's Disease. II. Physiological Support for Speech. J Speech Hear Disord, v.30, Feb. 1965b. p.44-9.

CHARCOT, J. M. On paralysis agitans (Lecture V). In: Lectures on the diseases of the nervous systems. (trans. G. Sigerson) p. 129-56. New Sydenham Society, London, 1877. *Apud* In: PEARCE, J.M.S. Aspects of the history of Parkinson's disease. *J. Neurol. Neurosurg Psychiatry*. 1989; Special Supplement: 6-10.

CHEN, H. e STEVENS, K. N. An acoustical study of the fricative /s/ in the speech of individuals with dysarthria. J Speech Lang Hear Res, v.44, n.6, Dec, 2001. p. 1300-14.

DARLEY, F. L.; ARONSON, A. E. *et al.* Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias. J Speech Hear Res, v.12, n.3, Sep, 1969. p.462-96.

DUEZ, D. Acoustic analysis off occlusive weakening in parkinsonian french speech. 16 th International Congress of Phonetic Sciences Saarbrucken, Germany: Universitat des Saarlands. 2007.

DUFFY, J. R. Hypokinetic Dysarthria. In: DUFFY, J. R (Ed.). Motor Speech disorders substrates, differential diagnosis and management. Rochester: Mosby, 1995 p.166-188.

FANT, G. Acoustic theory of speech production, with calculations based on X-ray studies of Russian articulations. S'Gravenhage: Mouton. 1960.

FRAAS, M. R. Towards intelligibility testing in dysarthria: A study of motor speech deficits in native Spanish speakers with Parkinson's disease. Thesis presented to obtain degree of doctorate of Philosophy. Department of Communication Sciences and Disorders. University of Cincinnati. Cincinnati. 2003.

FORREST, K.; WEISMER, G. *et al.* Kinematic, acoustic, and perceptual analyses of connected speech produced by parkinsonian and normal geriatric adults. J Acoust Soc Am, v.85, n.6, Jun, 1989. p.2608-22.

FOURAKIS, M. Tempo, stress, and vowel reduction in American English. J Acoust Soc Am, v.90, n.4 Pt 1, Oct, 1991. p.1816-27.

FOX, C. e RAMIG, L. A. Vocal sound pressure level and self-perception of speech and voice in men and women with Idiopathic Parkinson Disease. Am. J. Speech Language Pathology, v.6, 1997. p.85-94.

GARNIER, M.; DOHEN, M., *et al.* The Lombard effect: a physiological reflex or a controlled intelligibility enhancement? 7th International Seminar on Speech Production. Ubatuba, Brasil, 2006.

GENTIL, M.; POLLAK, P. *et al.* La dysarthria parkinsonienne. Rev. Neurol. (Paris), v.152, n.2, 1995. p.105-112.

GOBERMAN, A. M.; COELHO, C. *et al.* Phonatory characteristics of parkinsonian speech before and after morning medication: the ON and OFF states. J. Commun Disord., v.25, 2002. p.217-239.

GOBERMAN, A. M. e BLOMGREN, M. Fundamental frequency change during offset and onset of voicing in individuals with Parkinson disease. J Voice, v.22, n.2, Mar, 2008. p.178-91.

GRACCO, V. L. Timing factors in the coordination of speech movements. J Neurosci, v.8, n.12, Dec, 1988. p.4628-39.

HAUPT, C. As fricativas [s] [z] [S] [Z] do português brasileiro. Estudos Linguísticos XXXVI(1), janeiro-abril, 2007. p. 37 / 46

HEDRICK, M. Effect of acoustic cues on labeling fricatives and affricates. J Speech Lang Hear Res, v.40, n.4, Aug, 1997. p.925-38.

HIROSE, H., S. KIRITANI, *et al.* Patterns of dysarthric movements in patients with parkinsonism. Folia Phoniatr, v.33, n.4, 1981. p.204-15.

HIXON, T. J. Kinematics of the chest wall during speech production: volume displacements of the rib cage, abdomen, and lung. J Speech Hear Res, v.16, n.1, Mar, 1973. p.78-115.

HODGE, M. M.; CHESWORTH J., *et al.* Effect of phonetic context on women's vowel area. Paper presented on From Sound to Sense, at MIT, 11 to 13, June, 2004. p.C43:48.

HOEHN, M.M. e YARH, M.D.– Parkinsonism: onset, progression, and mortality. Neurol vol.17, n.5, 1967. p. 427-442.

HUGHES, G. W. e HALLE, M. Spectral properties of fricative consonants. J Acoust Soc Am, v.28, 1956. p.303-310.

IMBRIE, A. K. K. Acoustical study of the development of stop consonants in children. Thesis presented to obtain degree of doctorate of Philosophy. Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology, Massachusetts Institute of Technology Massachusetts, 2005.

JACEWITCZ, E.; FOX, R. A. *et al.* Vowel space areas across dialects and gender. 16th International Congress of Phonetic Science. Saarbrucken, Germany: Universitat des Saarlands, 2007.

JESUS, L. M. T. Acoustic Phonetics of European Portuguese Fricative Consonants. Thesis presented to obtain degree of doctorate of Philosophy. Department of Eletronic and Computer Science, University of Southampton, Southampton, 2001.

JESUS, L. M. T. e SHADLE C. H. A parametric study of the spectral characteristics of European Portuguese fricatives. Journal of phonetics, v.30, 2002. p.437-464.

JIANG, J.; LIN, E. *et al.* Glottographic measures before and after levodopa treatment in Parkinson's disease. Laryngoscope, v.109, n.8, Aug, 1999. p.1287-94.

JONGMAN, A.; WAYLAND, R. *et al.* Acoustic characteristics of English fricatives. J Acoust Soc Am, v.108, n.3 Pt 1, Sep, 2000. p.1252-63.

KEMPLER, D. e VAN LANCKER. D. Effect of speech task on intelligibility in dysarthria: a case study of Parkinson's disease. Brain Lang, v.80, n.3, Mar, 2002. p.449-64.

KENT, R. D.; NETSELL, R. *et al.* Acoustic characteristics of dysarthria associated with cerebellar disease. J Speech Hear Res, v.22, n.3, Sep, 1979. p.627-48.

KENT, R. D. e ROSENBEK, J. C. Prosodic disturbance and neurologic lesion. Brain Lang, v.15, n.2, Mar,1982. p.259-91.

KENT, R. D. e. READ, C. The acoustic analysis of speech. San Diego, Calif.: Singular Pub. Group. 1992.

KENT, R. D.; WEISMER, G. *et al.* Acoustic studies of dysarthric speech: methods, progress, and potential. J Commun Disord, v.32, n.3, May-Jun, 1999. p.141-80.

KENT, R. D. e. KIM, Y. J. Toward an acoustic typology of motor speech disorders. Clin Linguist Phon, v.17, n.6, Sep, 2003. p.427-45.

KEWLEY-PORT, D. e GOODMAN, S. S. Thresholds for second formant transitions in front vowels. J Acoust Soc Am, v.118, n.5, Nov, 2005. p.3252-60.

KLATT, D. H. Voice onset time, frication, and aspiration in word-initial consonant clusters. J Speech Hear Res, v.18, n.4, Dec, 1975. p.686-706.

LADEFOGED, P. Elements of acoustic phonetics. Chicago: University of Chicago Press. viii, 1996.

LINDBLOM, B. E. F. Spectrographic of vowel reduction. J Acoust Soc Am, v.35, 1963. p.1773-1781.

LINVILLE, S. E. e FISHER, H. B. Acoustic characteristics of women's voices with advancing age. J Gerontol, v.40, n.3, May,1985. p.324-30.

LINVILLE, S. E. Vocal aging. Australia; San Diego: Singular Thomson Learning. 2001.

LISS, J. M.; WEISMER, G. *et al.* Selected acoustic characteristics of speech production in very old males. J Gerontol, v.45, n.2, Mar, 1990. p.35-45.

LIU, H. M.; TSAO, F. M. *et al.* The effect of reduced vowel working space on speech intelligibility in Mandarin-speaking young adults with cerebral palsy. J Acoust Soc Am, v.117, n.6, Jun, 2005. p.3879-89.

LOFQVIST, A.; BAER, T. *et al.* The cricothyroid muscle in voicing control. J Acoust Soc Am, v.85, n.3, Mar, 1989. p.1314-21.

LOGEMANN, J. A. e FISHER, H. B. Vocal tract control in Parkinson's disease: phonetic feature analysis of misarticulations. J Speech Hear Disord, v.46, n.4, Nov, 1981.p.348-52.

LUDLOW, C. L. e BASSICH. C. J. Relationships between perceptual ratings and acoustic measures of hypokinetic speech. In: MCNEIL, M. R.; ROSENBEK, J. C. *et al* (Ed.). The dysarthrias: Physiology, acoustics, perception and management. San Diego: College Hill Press.1984. p.163-196.

MCGARR, N. S. e LOFQVIST. A. Obstruent production by hearing-impaired speakers: interarticulator timing and acoustics. J Acoust Soc Am, v.72, n.1, Jul, 1982.p.34-42.

MCGOWAN, R. S. e NITTROUER S. Differences in fricative production between children and adults: evidence from an acoustic analysis of /sh/ and /s/. J Acoust Soc Am, v.83, n.1, Jan,1988. p.229-36.

MCRAE, P. A.; TJADEN, K. *et al*. Acoustic and perceptual consequences of articulatory rate change in Parkinson disease. J Speech Lang Hear Res, v.45, n.1, Feb, 2002. p.35-50.

MENARD, L.; SCHWARTZ, J. L. *et al*. Auditory normalization of French vowels synthesized by an articulatory model simulating growth from birth to adulthood. J Acoust Soc Am, v.111, n.4, Apr, 2002.p.1892-905.

MENEZES, M. e TEIVE, H. Doença de Parkinson. Rio de Janeiro, Ed. Kooler- Guanabara. 2003.p.1-2.

MORRONGIELLO, B. A.; ROBSON, R. C. *et al*. Trading relations in the perception of speech by 5-year-old children. J Exp Child Psychol, v.37, n.2, Apr, 1984. p.231-50.

MUNSON, B. Variability in /s/ production in children and adults: evidence from dynamic measures of spectral mean. J Speech Lang Hear Res, v.47, n.1, Feb, 2004. p.58-69.

NEEL, A. T. Vowel space characteristics and vowel identification accuracy. J Speech Lang Hear Res, v.51, n.3, Jun, 2008. p.574-85.

NETSELL, R.; DANIEL, B. *et al*. Acceleration and weakness in parkinsonian dysarthria. J Speech Hear Disord, v.40, n.2, May, 1975. p.170-8.

NETSELL, R. A neurobiologic view of the dysarthrias. In: MCNEIL, M. R. ROSENBEK, J. C. *et al* (Ed.). The dysarthrias: Physiology Acoustics Perception Management. San Diego: College-Hill Press, 1984. p.1-36

NISSEN, S. An acoustic analysis of voiceless obstruents produced by adults and typically developing children. Thesis presented to obtain degree of doctorate of Philosophy. Speech and Hearing Science, School of the Ohio State University, Ohio, 2003.

NITTROUER, S.; MUNHALL, K. *et al*. Patterns of interarticulator phasing and their relation to linguistic structure. J Acoust Soc Am, v.84, n.5, Nov, 1988. p. 1653-61.

NITTROUER, S.; STUDDERT-KENNEDY, M. *et al*. The emergence of phonetic segments: evidence from the spectral structure of fricative-vowel syllables spoken by children and adults. J Speech Hear Res, v.32, n.1, Mar, 1989. p.120-32.

NITTROUER, S., MILLER, M. E. *et al*. The effect of segmental order on fricative labeling by children and adults. Percept Psychophys, v.62, n.2, Feb, 2000. p. 266-84.

OERTEL, W. H. e QUINN, N. P. Parkinsonism. In: T. BRANT, L. R. CAPLAN, *et al* (Ed.). Neurological disorders course and treatment. USA: Academic press, 1996.p.715-772.

PARKINSON, J. An essay on the shaking palsy. London: Whithinghan and Rowland. 1817. In: PEARCE, J.M.S. Aspects of the history of Parkinson's disease. J. Neurol. Neurosurg Psychiatry. 1989; Special Supplement: 6-10.

PETERSON, G. E. Vowel formant measurements. J Speech Hear Res, v.2, n.2, Jun, 1959. p.173-83.

PIERREHUMBERT, J. B.; BENT, T. *et al*. The influence of sexual orientation on vowel production. J Acoust Soc Am, v.116, n.4 Pt 1, Oct, 2004. p.1905-8.

RAMIG, L. O.; COUNTRYMAN, S. *et al*. Intensive speech treatment for patients with Parkinson's disease: short-and long-term comparison of two techniques. Neurology, v.47, n.6, Dec, 1996. p.1496-504.

RAMIG, L. O.; GRAY, S. *et al*. The aging voice: a review, treatment data and familial and genetic perspectives. Folia Phoniatr Logop, v.53, n.5, Sep-Oct, 1983. p.252-65.

RUSSO, I; BEHLAU, M. Percepção da fala: análise acústica do português brasileiro Ed. Lovise; São Paulo; 1993.

RECASENS, D.; ESPINOSA, A. *et al.* Underlying voicing in Majorcan Catalan word-final stop-liquid clusters. Phonetica, v.61, n.2-3, Apr-Sep, 2004. p.95-118.

ROSEN, K. M.; KENT, R. D. *et al.* Parametric quantitative acoustic analysis of conversation produced by speakers with dysarthria and healthy speakers. J Speech Lang Hear Res, v.49, n.2, Apr, 2006. p.395-411.

SAMCZUK, I; GAMA ROSSI, A. Descrição fonético-acústica das fricativas no PB: Critérios para coleta de dados e primeiras medidas acústicas. Intercâmbio vol XIII, 2004.

SHADLE, C.H. Articulatory-Acoustic relationships in fricative consonants. In: HARDCASTLE, W. J. e MARCHAL, A. (Ed.). Speech production and speech modeling. Netherlands: Kluwer academic Publishers, 1990. p.127-210. (Behavioural and social sciences, vol 55).

SHADLE, C. H., MAIR, S. J. Quantifying spectral characteristics of fricatives. Proc. Int. Conf. Spoken Lang, Proc.1996. [//www.asel.udel.edu/icslp/cdrom/vol3/951/a951.pdf](http://www.asel.udel.edu/icslp/cdrom/vol3/951/a951.pdf)

SHADLE, C. H. Acoustic phonetics. In: Brown, K. (Ed.). Encyclopedia of language & linguistics. Oxford: Elsevier, v.9. 2006. p.442-460.

SIMPSON, A. P. e ERICSDOTTER, C. Sex-specific differences in F0 and vowel space. 16 th International Congress of Phonetic Sciences Saarbrucken, Germany: Universitat des Saarlands. 2007.

SOARES, M. F. P. Segmental aspects in speakers with Parkinson's disease. 16th International Congress of Phonetic Sciences Saarbrucken, Germany: Universitat des Saarlands, 2007.

TASKO, S. M. e MC. CLEAN, M. D. Variations in articulatory movement with changes in speech task. J Speech Lang Hear Res, v.47, n.1, Feb, 2004. p. 85-100.

TJADEN, K. e TURNER, G. S. Spectral properties of fricatives in amyotrophic lateral sclerosis. J Speech Lang Hear Res, v.40, n.6, Dec, 1997. p.1358-72.

TJADEN, K. e WILDING, G. E. Effect of rate reduction and increased loudness on acoustic measures of anticipatory coarticulation in multiple sclerosis and Parkinson's disease. J Speech Lang Hear Res, v.48, n.2, Apr, 2005. p.261-77.

TJADEN, K.; RIVERA, D. *et al.* Characteristics of the lax vowel space in dysarthria. J Speech Lang Hear Res, v.48, n.3, Jun, 2005. p.554-66.

TOMIAK, G. R. An acoustic and perceptual analysis of the spectral moments invariants with voiceless fricative obstruents. Doctoral dissertation, SUNY, Buffalo. 1990.

TSAO, Y. C.; WEISMER, G. *et al.* Interspeaker variation in habitual speaking rate: additional evidence. J Speech Lang Hear Res, v.49, n.5, Oct, 2006. p. 1156-64.

TURNER, T. W.; TJADEN, R. E. A. *et al.* The Influence of Speaking Rate on Vowel Space and Speech Intelligibility for Individuals With Amyotrophic Lateral Sclerosis. Journal of speech, Lang Hear Res, v.38, 1995. p.1001-1013.

TURNER, G. S. e TJADEN, K. Acoustic differences between content and function words in amyotrophic lateral sclerosis. J Speech Lang Hear Res, v.43, n.3, Jun, 2000. p.769-81.

VORPERIAN, H. K. e KENT, R. D. Vowel acoustic space development in children: a synthesis of acoustic and anatomic data. J Speech Lang Hear Res, v.50, n.6, Dec, 2007. p.1510-45.

WAGNER, A. e ERNESTUS, M. Language-specific relevance of formant transitions for fricative. J Acoust Soc Am, v.115, 2004. p.2392.

WATSON, B. C. Fundamental frequency during phonetically governed devoicing in normal young and aged speakers. J Acoust Soc Am, v.103, n.6, Jun, 1998. p. 3642-7.

WATSON, P. e MUNSON, B. A comparison of vowel acoustics between older and younger adults. 16th International Congress of Phonetic Sciences. Saarbrücken, Universitat des Saarlands. 2007.

WEISMER, G. Articulatory characteristics of parkinsonian dysarthria: Segmental and phrase-level timing, spirantization, and glottal-supraglottal coordination In:

MCNEIL, M. R.; ROSENBEK, J. C *et al* (Ed.). The dysarthrias: physiology, acoustics, perception, management. San Diego: College-Hill Press. 1984. p. 101-130.

WEISMER, G.; MARTIN, R. *et al*. Formant trajectory characteristics of males with amyotrophic lateral sclerosis. J Acoust Soc Am, v.91, n.2, Feb, 1992. p.1085-98.

WEISMER, G. e FROMM, D. Acoustic analysis on geriatric utterances: segmental and non segmental characteristics that relate to laryngeal function. In: BLESS D. M. e ABBES , J. H. (Ed.). Vocal fold physiology. Contemporary research & clinical issues. San Diego: College Hill Press. 1995. p.317-332.

WEISMER, G.; JENG, J. Y. *et al*. Acoustic and intelligibility characteristics of sentence production in neurogenic speech disorders. Folia Phoniatr Logop, v.53, n.1, Jan-Feb, 2001. p.1-18.

YOU, H. An Acoustical and Perceptual Study of English Fricatives. Thesis presented to obtain degree of master degree of Philosophy. University of Edmonton, Edmonton, Canadá, 1979.

XUE, S. A. e HAO, G. J. Changes in the human vocal tract due to aging and the acoustic correlates of speech production: a pilot study. J Speech Lang Hear Res, v.46, n.3, Jun, 2003.p.689-701.

ZWIRNER, P. e BARNES, G. Vocal tract steadiness: a measure of phonatory stability and upper airway motor control during phonation in dysarthria. J Speech Hear Res, v.35, 1992. p.761-768.

ANEXOS

ANEXO 1



CEP, 14/06/07.
(Grupo III)

PARECER CEP: N° 255/2007 (Este n° deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0185.0.146.000 -07

I-IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “DINÂMICA DA PRODUÇÃO DA FALA EM SUJEITOS PORTADORES DE DOENÇA DE PARKINSON: ASPECTOS SEGMENTARES”
PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Maria Francisca de Paula Soares
INSTITUIÇÃO: HC/UNICAMP
APRESENTAÇÃO AO CEP: 08/05/2007
APRESENTAR RELATÓRIO EM: 22/05/08 (O formulário encontra-se no *site* acima)

II - OBJETIVOS

Compreender as estratégias de produção da fala utilizadas por sujeitos portadores de doença de Parkinson, no intuito de manter a inteligibilidade diante das dificuldades impostas pela patologia

III - SUMÁRIO

Serão selecionados pacientes portadores de doença de Parkinson acompanhados no ambulatório de neurologia e após entrevista e assinatura do termo de consentimento, estes pacientes deverão ler frases foneticamente preparadas para esta avaliação e terão suas vozes gravadas e analisadas pelo *software* PRAAT e interpretado as possíveis adaptações e dificuldades destes pacientes.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Após resposta as pendências, projeto adequado eticamente.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.



VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).


O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII - DATA DA REUNIÃO

Homologado na V Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 22 de maio de 2007.


Prof. Dra. Carmen Silvia Bertuzzo
PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP

ANEXO 2

ESCALA DE ESTADIAMENTO DE HOEN E YARD MODIFICADA
ESTÁGIO 0 = Nenhum sinal da doença
ESTÁGIO 1 = Doença unilateral
ESTÁGIO 1.5 = Envolvimento unilateral e axial
ESTÁGIO 2 = Doença bilateral, sem comprometer equilíbrio
ESTÁGIO 2.5 = Doença bilateral leve, recuperando no teste de puxar o paciente pelas costas
ESTÁGIO 3 = Doença bilateral de leve a moderado. alguma instabilidade postural; fisicamente independente
ESTÁGIO 4 = Preso à cadeira de rodas ou ao leito. Necessita de ajuda

ANEXO 3

Termo de consentimento para o grupo alvo.

Universidade Estadual de Campinas
Cidade Universitária "Zeferino Vaz"
Barão Geraldo - Campinas, São Paulo, Brasil
Cep 13083-970

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos desenvolvendo uma pesquisa científica relacionada com as dificuldades de fala de pacientes portadores de Doença de Parkinson. Para tal, estamos pedindo a colaboração de indivíduos portadores de Doença de Parkinson para participarem deste trabalho.

A participação é voluntária e a qualquer momento o paciente poderá desistir de participar e retirar seu consentimento não necessitando apresentar nenhuma justificativa, bastando para isso, informar sua decisão a pesquisadora. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em relação com a pesquisadora ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é compreender as alterações da fala em 2 pacientes parkinsonianos .

A participação dos indivíduos nesta pesquisa consistirá em realizar uma bateria de testes contendo tarefas de fala, repetição e leitura, a serem registrados por meio de gravação. As gravações serão realizadas no ambulatório de neurologia do HC, em uma única sessão de duração máxima de trinta minutos, no dia da consulta do paciente ao neurologista.

A pesquisadora garante que não há riscos de qualquer natureza para os participantes desta pesquisa.

Os dados referentes aos pacientes serão confidenciais e asseguramos o sigilo de sua participação durante todas as fases da pesquisa, inclusive após a publicação da mesma. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, pois os participantes serão referidos nas publicações por meio de uma sigla, como, por exemplo, S1, S2 (sujeito 1, sujeito 2). O anonimato dos pacientes será preservado por questões éticas.

Os participantes receberão uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço da pesquisadora principal para localizá-la a qualquer tempo. A pesquisadora principal é Maria Francisca de Paula Soares, sob supervisão da Prof^a Eleonora Albano. Telefone de contato: 37881532 LAFAPE e 38129881 residencial.

Considerando os dados acima, confirmo estar sendo informado por escrito e verbalmente dos objetivos deste estudo científico e em caso de divulgação por áudio autorizo a publicação.

Eu, _____,
Idade:..... Naturalidade:..... portador(a) do documento RG
N°..... UF:....., responsável por
_____, concordo com a minha participação
nesta pesquisa.

Campinas, ____ de _____ de 2007.

Assinatura

Eu, Maria Francisca de Paula Soares, RG: 4545347-2, confirmo que informei e expliquei, à pessoa acima nomeada, sobre o conteúdo deste documento
Maria Francisca de Paula Soares

Termo de consentimento para o grupo controle.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos desenvolvendo uma pesquisa científica relacionada com as dificuldades de fala de pacientes portadores de Doença de Parkinson. Para tal, estamos pedindo a colaboração de indivíduos não portadores de Doença de Parkinson para participarem deste trabalho.

A participação é voluntária e a qualquer momento o sujeito poderá desistir de participar e retirar seu consentimento não necessitando apresentar nenhuma justificativa, bastando para isso, informar sua decisão a pesquisadora. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em relação com a pesquisadora ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é compreender as alterações da fala em pacientes parkinsonianos.

A participação dos indivíduos nesta pesquisa consistirá em realizar uma bateria de testes contendo tarefas de fala, repetição e leitura, a serem registrados por meio de gravação. As gravações serão realizadas em única sessão de duração máxima de trinta minutos.

A pesquisadora garante que não há riscos de qualquer natureza para os participantes desta pesquisa.

Os dados referentes aos indivíduos serão confidenciais e asseguramos o sigilo de sua participação durante todas as fases da pesquisa, inclusive após a publicação da mesma. O anonimato dos indivíduos será preservado por questões éticas.

Os participantes receberão uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço da pesquisadora principal para localizá-la a qualquer tempo. A pesquisadora principal é Maria Francisca de Paula Soares, sob supervisão da Prof^(a) Eleonora Albano. Telefone de contato: 37881532 LAFAPE e 38129881 residencial.

Considerando os dados acima, confirmo estar sendo informado por escrito e verbalmente dos objetivos deste estudo científico autorizo a publicação e o uso do material em áudio.

Eu, _____,
Idade:..... Sexo:..... Naturalidade:..... portador(a) do
documento RG N°..... UF:....., responsável por
_____, declaro que entendi os objetivos,
riscos e benefícios de sua participação na pesquisa e concordo com a minha participação.

Campinas, ____ de _____ de 2006.

Assinatura do responsável

Eu, Maria Francisca de Paula Soares, RG: 4545347-2, confirmo que informei e expliquei, à pessoa acima nomeada, sobre o conteúdo deste documento.

Maria Francisca de Paula Soares

ANEXO 4

Script 1 - Extração formantes

```

# by Leonardo Oliveira
# Start date of coding: 2007-04-08
# version 0.60 (alpha)
##### End of header #####
editor
selStart = Get start of selection
selEnd = Get end of selection
if selStart == selEnd
    exit You have not selected anything!
endif
Extract sound selection (preserve times)
# Only operation which happens under Editor window
endeditor
##### End of Editor operations #####
select Sound untitled
Rename... underAnalysis
select Sound underAnalysis
form Adjust the settings
    sentence Output_File whatever.txt
    sentence identifier alpha
    comment Central tendency options
    boolean Mean_value 1
    boolean Value_at_midpoint 1
    boolean Window_around_midpoint 0
    natural left_window_size_(ms) 30
    comment Fundamental frequency settings (pulse detection)
    positive F0_minimum_(Hz) 75
    positive F0_maximum_(Hz) 250
    comment LPC settings
    choice Sex: 1
        button male
        button female
    comment Miscellaneous
    boolean Cleanup 1
    boolean Interactive_mode 0
    boolean Check_for_outliers 0
endform
file_name$ = output_File$
#copying variable used in GUI
##### End of initial settings #####
if sex == 1
    sexChoiceLPC = 5000
else
    sexChoiceLPC = 5500
endif
# Getting duration as defined by voiced pulses
To PointProcess (periodic, cc)... f0_minimum f0_maximum
totalPulses = Get number of points
timeFirstPulse = Get time from index... 1
timeLastPulse = Get time from index... totalPulses
durUnderAnalysis = timeLastPulse - timeFirstPulse
midPointUnderAnalysis = timeFirstPulse + (durUnderAnalysis/2)

```

```

itime = midPointUnderAnalysis - ((left_window_size/1000)/2)
ftime = midPointUnderAnalysis + ((left_window_size/1000)/2)
if interactive_mode == 1
    echo Time of first pulse: 'timeFirstPulse:5' s 'newline$'
...Time of last pulse: 'timeLastPulse:5' s 'newline$'
...Duration of segment: 'durUnderAnalysis:5' s
    pause Duration and midpoint of the selected segment.
endif
# Getting formants and computing descriptive statistics
select Sound underAnalysis
To Formant (burg)... 0.0 5 sexChoiceLPC 0.025 50
formantNframes = Get number of frames

if interactive_mode == 1
clearinfo
    for tt from 1 to 3
        call FormantDescriptiveStatistics tt midPointUnderAnalysis itime ftime
        print F'tt' at midpoint: 'formantNMid:2' Hz 'tab$'
        ...F'tt' mean: 'formantNMean:2' Hz'tab$'
        ...F'tt' mean window: 'formantNMeanWindow:2"newline$'
        ...F'tt' std.: 'formantNStd:2' Hz 'newline$'
        ...F'tt' coefficient of variation: 'formantNCv:5' 'newline$' 'newline$'
    endfor
    pause Formant values and descriptive statistics.
endif

# Checking for outliers does not affect output (yet).
if check_for_outliers == 1
    for tt from 1 to 3
        call CheckForOutliers tt
    endfor
endif

# Final printing
# First, checks whether file already exists and writes header
if not fileReadable (file_name$)
    fileappend "'file_name$'" identifier'tab$'midpoint(s)'tab$'dur(s)'tab$'
    ...Window_size(ms)'tab$'
    ...F1_mid(Hz)'tab$'F2_mid(Hz)'tab$'F3_mid(Hz)
    ...'tab$'F1_mean(Hz)'tab$'F2_mean(Hz)'tab$'F3_mean(Hz)'tab$'
    ...F1_mean_window(Hz)'tab$'F3_mean_window(Hz)'tab$'F3_mean_window(Hz)'tab
$"newline$'
endif
# Then writes the identifier, duration and midpoint
if (window_around_midpoint == 1)
    fileappend "'file_name$'" 'identifier$' 'tab$' 'midPointUnderAnalysis:5' 'tab$'
    ...'durUnderAnalysis:5' 'tab$' 'left_window_size' 'tab$'
else
    fileappend "'file_name$'" 'identifier$' 'tab$' 'midPointUnderAnalysis:5' 'tab$'
    ...'durUnderAnalysis:5' 'tab$' 'NA' 'tab$'
endif
# Checks which combination of analyses were requested
if ((value_at_midpoint == 0) and (mean_value == 0) and (window_around_midpoint==0))
    exit Please, choose at least one central tendency parameter.
endif
if ((value_at_midpoint == 1) and (mean_value == 1) and (window_around_midpoint == 1))

```

```

        call PrintMidPoints
        call PrintMeans
        call PrintAroundMidpoint
        call AddLine
    endif
    if((value_at_midpoint == 1) and (mean_value == 1) and (window_around_midpoint == 0))
        call PrintMidPoints
        call PrintMeans
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        call AddLine
    endif
    if((value_at_midpoint == 1) and (mean_value == 0) and (window_around_midpoint == 1))
        call PrintMidPoints
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        call PrintAroundMidpoint
        call AddLine
    endif
    if((value_at_midpoint == 1) and (mean_value == 0) and (window_around_midpoint == 0))
        call PrintMidPoints
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        call AddLine
    endif
    if((value_at_midpoint == 0) and (mean_value == 1) and (window_around_midpoint == 1))
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        call PrintMeans
        call PrintAroundMidpoint
        call AddLine
    endif
    if((value_at_midpoint == 0) and (mean_value == 1) and (window_around_midpoint == 0))
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        call PrintMeans
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        call AddLine
    endif
    if((value_at_midpoint == 0) and (mean_value == 0) and (window_around_midpoint == 1))
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        fileappend "'file_name$" NA'tab$'NA'tab$'NA'tab$'
        call PrintAroundMidpoint
        call AddLine
    endif
    # 0 0 0 is the first to be checked
    #cleaning up
    if cleanup == 1
        select PointProcess underAnalysis
        plus Sound underAnalysis
        plus Formant underAnalysis
        Remove
    endif
    ##### End of execution #####
    ##### Procedures #####
    procedure PrintMidPoints
        for tt from 1 to 3
            call FormantDescriptiveStatistics tt midPointUnderAnalysis itime ftime
            fileappend "'file_name$" 'formantNMid:2"tab$'
        endfor

```

```

endproc

procedure PrintMeans
  for tt from 1 to 3
    call FormantDescriptiveStatistics tt midPointUnderAnalysis itime ftime
    fileappend "'file_name$" "'formantNMean:2"tab$'
  endfor
endproc

procedure PrintAroundMidpoint
  for tt from 1 to 3
    call FormantDescriptiveStatistics tt midPointUnderAnalysis itime ftime
    fileappend "'file_name$" "'formantNMeanWindow:2"tab$'
  endfor
endproc

procedure AddLine
  fileappend "'file_name$" "'newline$'endproc
procedure CheckForOutliers formantNumber
select Formant underAnalysis
formantQ3= Get quantile... formantNumber 0.0 0.0 Hertz 0.75
formantQ1= Get quantile... formantNumber 0.0 0.0 Hertz 0.25
formantIQR= formantQ3 - formantQ1
formantOutlierRange= formantIQR * 1.5
formantLowerOutlierRange= formantQ1 - formantOutlierRange
formantUpperOutlierRange= formantQ3 + formantOutlierRange
To Matrix... formantNumber
select Matrix underAnalysis
nframesMatrix = Get number of columns
for tt from 1 to nframesMatrix
  formantValue = Get value in cell... 1 tt
  frameTime = Get x of column... tt
  if (formantValue < formantLowerOutlierRange) or (formantValue >
formantUpperOutlierRange)
    echo Possible outlier: F'formantNumber' = 'formantValue:2' at 'frameTime:5' s
    pause Warning: formant value outside 1.5 * IQR range!
  endif
endfor
select Matrix underAnalysis
Remove
endproc

procedure FormantDescriptiveStatistics formantNumber midPointN initial_time final_time
select Formant underAnalysis
formantNMid   = Get value at time... formantNumber midPointN Hertz Linear
formantNMean  = Get mean... formantNumber 0.0 0.0 Hertz
formantNStd   = Get standard deviation... formantNumber 0.0 0.0 Hertz
formantNCv    = formantNStd/formantNMean
formantNMeanWindow = Get mean... formantNumber initial_time final_time Hertz
endproc

```

ANEXO 5

Script - Extração Duração

```

# by Maria Francisca de Paula Soares
# fevereiro 2008

form Entre com os parametros iniciais
sentence Diretorio_dos_dados
sentence Arquivo_de_saida duracao
sentence Extensao_do_arquivo_sonoro .wav
sentence Extensao_do_TextGrid .TextGrid
endform

# Constants (8)
outfile$ = arquivo_de_saida$
dataDirectory$ = diretorio_dos_dados$
emptyString$ = ""
lengthExtension = length(extensao_do_arquivo_sonoro$)

# Writing header (14)
fileappend "outfile$" "objName$ 'tab$' 'labelSeg$' 'tab$' 'durUA' 'newline$'
call AddLine

Create Strings as file list... fileList 'dataDirectory$'*'extensao_do_arquivo_sonoro$'
select Strings fileList
numberOfFiles = Get number of strings

# Start big fat loop (24)
for ifile from 1 to numberOfFiles

select Strings fileList
fileName$ = Get string... ifile
Read from file... 'dataDirectory$'fileName$'
lengthFileName = length(fileName$)
objName$ = left$ (fileName$, lengthFileName-lengthExtension)
Read from file... 'dataDirectory$'objName$'extensao_do_TextGrid$'
select TextGrid 'objName$'

# Number of tiers is not known in advance (35)
nTiers = Get number of tiers
for aa from 1 to nTiers
    # aa is the tier number. Unknown in advance. (38)
    select TextGrid 'objName$'
    nIntTierTemp = Get number of intervals... aa
    select TextGrid 'objName$'
    plus Sound 'objName$'
    # Extract intervals preserving time. Messy but necessary (43)
    Extract non-empty intervals... aa 1
    # One or more Sound objects are selected.
    # Necessary to get their names in advance? (46)
    nSelectedSounds = numberOfSelected("Sound")
    for bb from 1 to nSelectedSounds
        sound'bb' = selected ("Sound", bb)
    endfor

```

```

for cc from 1 to nSelectedSounds
  labelSeg$ = selected$ ("Sound")
  if (labelSeg$ == "a" or labelSeg$ == "me")

      select sound'cc'
      Rename... UnderAnalysis
      durUA = Get total duration
      durUA = round (durUA*1000)
      call WriteOutput
      call CleanUP
  endif #endif match label
endfor
endfor #aa
endfor #big fat loop.
select all
Remove

#####
procedure AddLine
  fileappend "'file_name$" 'newline$'
endproc

procedure WriteOutput
  fileappend "'outfile$" 'objName$' 'tab$' 'labelSeg$' 'tab$' 'durUA' 'tab$' 'newline$'
endproc

procedure CleanUP
# cleaning up
select Sound UnderAnalysis
Remove
endproc

```

ANEXO 6

Script - Extração Amplitude

```

# by Maria Francisca de Paula Soares
# junho 2008

form Entre com os parametros iniciais
sentence Diretorio_dos_dados
sentence Arquivo_de_saida amplitude_norm
sentence Extensao_do_arquivo_sonoro .wav
sentence Extensao_do_TextGrid .TextGrid
endform

# Constants (8)
outfile$ = arquivo_de_saida$

```



```

dataDirectory$ = diretorio_dos_dados$
emptyString$ = ""
lengthExtension = length(ensao_do_arquivo_sonoro$)

# Writing header (14)
fileappend ""outfile$"" 'objName$' 'tab$' 'labelSeg$' 'tab$' 'intUA' 'tab$'
call AddLine

Create Strings as file list... fileList 'dataDirectory$'*'ensao_do_arquivo_sonoro$'
select Strings fileList
numberOfFiles = Get number of strings

# Start big fat loop (21)
for ifile from 1 to numberOfFiles

select Strings fileList
fileName$ = Get string... ifile
Read from file... 'dataDirectory$'fileName$'
lengthFileName = length(fileName$)
objName$ = left$ (fileName$, lengthFileName-lengthExtension)
Read from file... 'dataDirectory$'objName$'ensao_do_TextGrid$'
select TextGrid 'objName$'

# Number of tiers is not known in advance (32)
nTiers = Get number of tiers
for aa from 1 to nTiers
  # aa is the tier number. Unknown in advance. (35)
  select TextGrid 'objName$'
  nIntTierTemp = Get number of intervals... aa
  select TextGrid 'objName$'
  plus Sound 'objName$'
  # Extract intervals preserving time. Messy but necessary (40)
  Extract non-empty intervals... aa 1
  # One or more Sound objects are selected.
  # Necessary to get their names in advance? (42)
  nSelectedSounds = numberOfSelected("Sound")
  for bb from 1 to nSelectedSounds
    sound'bb' = selected ("Sound", bb)
  endfor

  for cc from 1 to nSelectedSounds
    labelSeg$ = selected$ ("Sound")
    if (labelSeg$ == "me" or labelSeg$ == "a")
      select sound'cc'
      Rename... UnderAnalysis
      intUA = Get intensity (dB)
      call WriteOutput
      call CleanUP
    endif #endif match label
  endfor
endfor #aa
endfor #big fat loop.
select all
Remove

```

```
#####
procedure AddLine
    fileappend "'file_name$" 'newline$'
endproc

procedure WriteOutput
    fileappend "'outfile$" 'objName$' 'tab$' 'labelSeg$' 'tab$' 'intUA' 'tab$' 'newline$'
endproc

procedure CleanUP
# cleaning up
select Sound UnderAnalysis
Remove
endproc
```

ANEXO 7

Script - Voice Report: Devoicing Interval

```
# by Maria Francisca de Paula Soares
# junho 2008
```

```
form Entre com os parametros iniciais
sentence Diretorio_dos_dados
sentence Arquivo_de_saida voice report
sentence Extensao_do_arquivo_sonoro .wav
sentence Extensao_do_TextGrid .TextGrid
endform
```

```
# Constants (8)
outfile$ = arquivo_de_saida$
dataDirectory$ = diretorio_dos_dados$
emptyString$ = ""
lengthExtension = length(extensao_do_arquivo_sonoro$)
```

```
# Writing header (14)
```

```
#####
```

```
procedure AddLine
    fileappend "'file_name$" 'newline$'
endproc
```

```
procedure WriteOutput
    fileappend "'outfile$" 'objName$' 'tab$' 'labelSeg$' 'tab$' 'pulse' 'tab$' 'voicing' 'newline$'
```

```
$'
```

```
endproc (24)
```

```
procedure CleanUP
# cleaning up
select Sound UnderAnalysis
```

```

Remove
endproc
call AddLine

Create Strings as file list... fileList 'dataDirectory$'*'extensao_do_arquivo_sonoro$'
select Strings fileList
numberOfFiles = Get number of strings

# Start big fat loop (36)
for ifile from 1 to numberOfFiles

select Strings fileList
fileName$ = Get string... ifile
Read from file... 'dataDirectory$'fileName$'
lengthFileName = length(fileName$)
objName$ = left$ (fileName$, lengthFileName-lengthExtension)
Read from file... 'dataDirectory$'objName$'extensao_do_TextGrid$'
select TextGrid 'objName$'

# Number of tiers is not known in advance (47)
nTiers = Get number of tiers
for aa from 1 to nTiers
  # aa is the tier number. Unknown in advance.
  select TextGrid 'objName$'
  nIntTierTemp = Get number of intervals... aa
  select TextGrid 'objName$'
  plus Sound 'objName$'
  # Extract intervals preserving time. Messy but necessary (55)
  Extract non-empty intervals... aa 1
  # One or more Sound objects are selected.
  # Necessary to get their names in advance?
  nSelectedSounds = numberOfSelected("Sound")
  for bb from 1 to nSelectedSounds
    sound'bb' = selected ("Sound", bb)
  endfor

  for cc from 1 to nSelectedSounds
    labelSeg$ = selected$ ("Sound")
    if (labelSeg$ == "me")

      select sound'cc'
      Rename... UnderAnalysis
      To PointProcess (periodic, cc)... 75 600
      select Sound UnderAnalysis
      To Pitch (cc)... 0 75 15 no 0.03 0.45 0.01 0.35 0.14 600
      select Sound UnderAnalysis
      plus PointProcess UnderAnalysis
      plus Pitch UnderAnalysis
      Voice report... 0 0 75 600 1.3 1.6 0.03 0.45
      voiceReport$ = Voice report... 0 0 55 600 1.3 1.6 0.03 0.45
      pulse = extractNumber (voiceReport$, "Number of pulses: ")
      voicing = extractNumber (voiceReport$, "Fraction of locally
unvoiced frames:")

      voicing = round (voicing*100)
      call WriteOutput
      call CleanUP

```

```
                endif #endif match label
            endfor
        endfor #aa
    endfor #big fat loop.
select all
Remove

#####
procedure AddLine
    fileappend "'file_name$" 'newline$'
endproc

procedure WriteOutput
    fileappend "'outfile$" 'objName$' 'tab$' 'labelSeg$' 'tab$' 'pulse$' 'tab$' 'voicing$' 'newline$'
endproc

procedure CleanUP
# cleaning up
select Sound UnderAnalysis
Remove
endproc
```

ANEXO 8

Tabelas dos valores dos formantes por sujeito

	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
A4						
i	303.06	2417.14	3.05	14.12	-0.96	1.10
e	499.66	2274.15	4.65	13.83	-0.04	0.85
E	650.73	2306.81	6.14	13.95	0.37	0.91
a	823.14	1898.78	7.39	12.66	1.47	0.19
O	725.41	1095.83	5.93	8.85	1.02	-1.21
o	310.46	1206.80	3.12	9.59	-0.93	-1.02
u	311.33	1314.71	3.13	10.19	-0.93	-0.83
media	517.68	1787.75	4.77	11.89		
DP	218.35	570.74	1.62	2.10		
	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
A6						
i	343.50	2323.29	3.46	13.99	-0.98	1.35
e	450.40	2089.12	4.48	13.30	-0.48	0.74
E	707.72	2158.59	6.58	13.52	0.74	0.92
a	858.25	1715.99	7.63	11.98	1.45	-0.23
O	735.33	1416.22	6.77	10.68	0.87	-1.00
o	426.85	1360.42	4.24	10.35	-0.59	-1.15
u	334.90	1556.26	3.37	11.32	-1.02	-0.64
media	550.99	1802.84	5.22	12.16		
DP	211.44	385.78	1.74	1.46		
	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
A10						
i	334.30	2215.55	3.37	13.68	-0.88	1.22
e	372.59	2033.81	3.74	13.12	-0.70	0.71
E	710.17	2156.80	6.60	13.51	0.96	1.06
a	796.73	1675.75	7.20	11.82	1.38	-0.30
O	677.10	1424.01	6.27	10.71	0.80	-1.01
o	389.31	1336.26	3.89	10.23	-0.61	-1.26
u	321.32	1633.33	3.23	11.62	-0.95	-0.42
media	514.50	1782.21	4.90	12.10		
DP	204.12	354.04	1.71	1.37		

	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
A3						
i	257.59	2101.63	2.58	13.34	-0.54	1.19
e	262.84	2060.47	2.64	13.21	-0.49	1.10
E	288.30	1830.28	2.89	12.38	-0.12	0.74
a	517.74	1474.91	5.04	11.07	1.95	-0.15
O	336.99	1132.58	3.39	9.27	0.71	-0.84
o	246.79	1114.09	2.46	9.17	-0.81	-1.01
u	241.28	1062.47	2.39	8.99	-0.71	-1.04
media	307.36	1539.49	3.05	11.06		
DP	98.32	456.48	0.94	1.94		
	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
A5						
i	294.41	2054.40	2.96	13.06	-0.87	1.09
e	353.54	2012.45	3.56	13.04	-0.59	0.99
E	572.41	2004.42	5.52	13.02	0.45	0.97
a	841.38	1497.66	7.52	11.07	1.72	-0.18
O	628.56	1157.77	5.97	9.40	0.71	-0.95
o	393.64	1244.13	3.93	9.85	-0.40	-0.75
u	261.42	1060.66	2.62	8.87	-1.03	-1.17
media	477.91	1575.93	4.58	11.19		
DP	210.89	439.63	1.80	1.86		
	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
A7						
i	313.20	1987.26	3.16	12.97	-1.17	1.05
e	383.68	1998.11	3.86	13.00	-0.47	1.08
E	457.84	1918.29	4.55	12.73	0.27	0.86
a	593.83	1586.32	5.70	11.46	1.63	-0.03
O	521.83	1227.75	5.11	9.80	0.91	-1.00
o	401.31	1162.46	4.03	9.45	-0.29	-1.17
u	342.12	1304.73	3.45	10.18	-0.88	-0.79
media	430.54	1597.84	4.27	11.37		
DP	100.32	371.29	0.91	1.56		

	HERTZ		BARK		z -Score	
C2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
i	326.72	2417.64	3.29	14.16	-0.85	1.3
e	400.30	2140.49	4.01	13.63	-0.42	0.89
E	545.40	2177.42	5.30	13.56	0.43	0.85
a	767.59	1601.75	7.01	11.52	1.73	-0.23
O	600.51	1151.72	5.74	9.37	0.75	-1.07
o	354.38	1165.57	3.57	9.43	-0.69	-1.05
u	309.94	1348.97	3.13	10.38	-0.95	-0.70
media	472.12	1714.79	4.58	11.72		
DP	171.09	525.13	1.47	2.07		
	HERTZ		BARK		z -Score	
C4	F1	F2	F1	F2	F1	F2
i	347.15	2298.66	3.504	13.941	-1.0	1.2
e	428.96	2169.48	4.284	13.555	-0.4	1.0
E	526.40	2045.15	5.146	13.160	0.3	0.8
a	751.57	1562.43	6.901	11.362	1.7	-0.0
O	623.59	1186.94	5.941	9.582	0.9	-0.9
o	388.71	1071.48	3.907	8.946	-0.7	-1.2
u	364.19	1181.86	3.671	9.555	-0.9	-0.9
media	490.08	1645.14	4.765	11.443		
DP	151.55	520.02	1.28	2.12		
	HERTZ		BARK		z -Score	
C6	F1	F2	F1	F2	F1	F2
i	291.40	2496.96	2.94	14.49	-0.72	1.19
e	366.14	2287.99	3.69	13.91	-0.23	0.90
E	459.32	2284.56	4.56	13.90	0.40	0.91
a	788.31	1571.42	7.16	11.40	2.00	-0.06
O	418.80	965.81	4.19	8.32	0.12	-0.91
o	303.03	928.82	3.06	8.09	-0.64	-0.96
u	261.15	843.37	2.62	7.54	-0.92	-1.08
media	412.59	1625.56	4.03	11.09		
DP	180.36	726.62	1.55	3.08		

	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
C1						
i	277.02	1895.29	2.79	12.65	-1.156	1.529
e	338.67	1578.56	3.42	11.43	-0.599	0.795
E	407.01	1470.00	4.08	10.96	0.053	0.600
a	612.08	1160.40	5.85	9.44	1.909	-0.168
O	426.36	886.57	4.26	7.82	0.202	-0.797
o	337.67	875.81	3.41	7.75	0.313	-0.766
u	321.70	734.75	3.25	6.78	-0.722	-1.193
media	388.64	1228.77	3.87	9.55		
DP	110.85	431.12	1.01	2.20		
	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
C3						
i	299.14	2008.85	3.020	13.040	-1.36	1.13
e	423.11	1935.30	4.230	12.790	-0.34	1.03
E	516.32	1806.85	5.060	12.330	0.35	0.85
a	701.99	1287.69	6.540	10.100	1.6	-0.03
O	568.76	847.03	5.500	7.560	0.72	-1.02
o	459.32	847.03	4.560	7.560	-0.06	-1.02
u	351.82	880.41	3.550	7.780	-0.91	-0.94
media	474.35	1373.31	4.637	10.166		
DP	136.05	534.15	1.19	2.55		
	HERTZ		BARK		z -Score	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
C5						
i	285.73	1822.25	2.88	12.39	-1.07	0.84
e	325.65	1799.54	3.29	12.30	-0.80	0.80
E	417.86	1780.16	4.18	12.23	-0.22	0.77
a	714.03	1334.80	6.63	10.33	1.38	-0.07
O	493.59	1070.42	4.86	8.94	0.23	-0.68
o	377.83	980.07	3.80	8.41	-0.47	-0.91
u	257.39	1032.63	2.58	8.72	-1.26	-0.77
media	435.78	1464.54	4.27	10.77		
DP	154.33	386.44	1.34	1.80		

ANEXO 9

Resultados estatísticos ANOVA para amplitude normalizada

	Amplitude normalizada					
	ALVO		CONTROLE		GRUPO	
	F	p	F	p	F	p
Intercept	121.729	0.000	61.584	0.001	139.516	0.000
grupo					5.646	0.039
LOCAL	0.026	0.975	0.690	0.524	0.587	0.565
LOCAL*grupo					0.513	0.606
PALAVRA	9.518	0.027	7.730	0.039	15.098	0.003
PALAVRA*grupo					1.114	0.316
SON	0.251	0.638	3.166	0.135	0.435	0.524
SON*grupo					2.141	0.174
LOCAL*PALAVRA	0.781	0.484	8.135	0.008	3.708	0.043
LOCAL*PALAVRA*grupo					0.709	0.504
LOCAL*SON	0.818	0.469	1.260	0.325	1.004	0.384
LOCAL*SON*grupo					1.318	0.290
PALAVRA*SON	0.629	0.464	2.770	0.157	0.043	0.840
PALAVRA*SON*grupo					2.413	0.151
LOCAL*PALAVRA*SON	0.084	0.920	5.039	0.031	3.459	0.051
LOCAL*PALAVRA*SON*grupo					2.687	0.093

ANEXO 10**Resultados estatísticos ANOVA para transição F2**

Transição de F2						
	ALVO		CONTROLE		GRUPO	
	F	p	F	p	F	p
Intercept	701.131	0.000	332.919	0.000	934.349	0.000
grupo					2.415	0.151
LOCAL	16.745	0.001	72.017	0.000	41.947	0.000
LOCAL*grupo					1.888	0.177
PALAVRA	48.438	0.001	0.682	0.447	13.273	0.005
PALAVRA*grupo					4.585	0.058
SON	0.088	0.778	5.161	0.072	4.508	0.060
SON*grupo					3.349	0.097
LOCAL*PA	0.544	0.597	3.146	0.087	2.163	0.141
LOCAL*PALAVRA*grupo					0.663	0.526
LOCAL*SO	0.230	0.799	1.429	0.284	0.023	0.977
LOCAL*SON*grupo					0.966	0.398
PALAVRA*	0.074	0.797	0.106	0.758	0.008	0.930
PALAVRA*SON*grupo					0.179	0.681
LOCAL*PA	0.063	0.939	1.538	0.262	0.635	0.540
LOCAL*PALAVRA*SON*grupo					0.824	0.453

ANEXO 11

Resultados estatísticos ANOVA para duração absoluta da vogal precedente

Duração absoluta da vogal precedente (ms)						
	ALVO		CONTROLE		GRUPO	
	F	p	F	p	F	p
Intercept	240.993	0.000	904.238	0.000	695.360	0.000
grupo					4.078	0.071
LOCAL	1.212	0.338	7.311	0.011	5.553	0.012
LOCAL*grupo					0.859	0.439
PALAVRA	11.172	0.020	16.899	0.009	27.773	0.000
PALAVRA*grupo					0.293	0.600
SON	3.084	0.139	0.363	0.573	3.294	0.100
SON*grupo					1.423	0.260
LOCAL*PA	0.902	0.436	3.527	0.069	2.917	0.077
LOCAL*PALAVRA*grupo					0.003	0.997
LOCAL*SO	1.670	0.237	0.011	0.989	1.148	0.337
LOCAL*SON*grupo					0.903	0.421
PALAVRA*	0.033	0.863	1.207	0.322	0.192	0.671
PALAVRA*SON*grupo					0.553	0.474
LOCAL*PA	0.320	0.733	6.834	0.013	2.634	0.097
LOCAL*PALAVRA*SON*grupo					1.190	0.325

Duração normalizada da vogal precedente (z-score)					
	ALVO		CONTROLE		
	F	p	F	p	
Intercept		0.239	0.646	1.346	0.298
LOCAL		0.394	0.684	8.609	0.007
PALAVRA		1.545	0.269	26.607	0.004
SON		0.509	0.507	0.176	0.692
LOCAL*PALAVRA		5.471	0.025	3.269	0.081
LOCAL*SON		13.108	0.002	0.015	0.985
PALAVRA*SON		1.858	0.231	1.413	0.288
LOCAL*PALAVRA		0.467	0.640	5.786	0.021