

Universidade Estadual de Campinas

PARA A CARACTERIZAÇÃO FONÉTICO-ACÚSTICA DA
NASALIDADE NO PORTUGUÊS DO BRASIL

Elizabeth Maria Gigliotti de Sousa

Orientadora: Profa. Dra. Eleonora Cavalcante Albano

Instituto de Estudos da Linguagem

Mestrado em Linguística.

Este exemplar é a redação final da tese
defendida por Elizabeth Maria

Gigliotti de Sousa

e aprovada pela Comissão Julgadora em

24, 10, 94

Eleonora Albano

PROFA. DRA. ELEONORA C. ALBANO

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

PARA A CARACTERIZAÇÃO FONÉTICO-ACÚSTICA DA
NASALIDADE NO PORTUGUÊS DO BRASIL

Elizabeth Maria Gigliotti de Sousa *nr 5085*

Orientadora: Profa. Dra. Eleonora Cavalcante Albano *t*

Dissertação apresentada ao Departamento de
Linguística do Instituto de Estudos da Linguagem
da Universidade Estadual de Campinas como
requisito parcial para a obtenção do título de
mestre em Linguística.

△
Campinas
Outubro de 1994

ps

Banca Examinadora:

Clow Alhaus

Miriam Therézula de Mattos, Jefe de

Waltbaum

À minha família, pelo apoio e carinho constantes.

*Ao Luis Flávio, que suportou estoicamente minhas crises
de mau humor, e que tem meu coração.*

Agradecimentos

Agradeço aos meus informantes: Alexandre, Zaldo, Agnaldo, Márcio, Paulão, Luciano, Edson e Wilmar, pela cooperação e boa vontade.

Agradeço a todo o pessoal do Laboratório de Fonética Acústica e Psicolinguística Experimental: Adelaide, Agnaldo, Patrícia, Cíntia, Melissa, Régis, Edson, Sandra, Ricardo, Leandro, Mário, Renata, Aglael, Marina e companhia limitada, pelo ambiente de trabalho amigo e descontraído e pelo suporte moral e técnico nos momentos de necessidade.

À profa. Eleonora, cujo esforço constante e incansável tornou possível a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Magnús Pétursson agradeço a grande honra que me conferiu ao ler o presente trabalho e as valiosas sugestões oferecidas.

Agradeço ao CNPq o apoio financeiro, sem o qual esta pesquisa dificilmente teria sido finalizada.

Ao povo do coral Zíper na Boca - Unicamp e do Madrigal in Casa, bem como a todos os meus amigos do Madrigal UNICAMP, pela solidariedade e calor humano.

Finalmente, aos "meninos" da Elétrica: Nagle, Francisco e Cairo, pela amizade e o intercâmbio de conhecimentos.

A Deus, por tudo.

Considerações Iniciais

A descrição das vogais e consoantes nasais do Português do Brasil (doravante PB) constitui um problema ainda não resolvido do ponto de vista acústico. Pouco se sabe acerca das características de tais sons, da faixa de localização de seus formantes e de como as ressonâncias nasais se comportariam quando da produção diferenciada de vogais e consoantes.

Na verdade, o tratamento acústico da nasalidade constitui para o pesquisador um problema per se, devido principalmente ao complexo padrão de interação dos tratos oral e nasal. Como veremos no decorrer deste trabalho, um padrão rígido de nasalização é praticamente impossível de ser obtido, pois os múltiplos fatores em jogo na produção/percepção da nasalidade geram um número de variações acústicas e perceptuais virtualmente infinito em relação a esse parâmetro. É possível, no entanto, buscar dentro da imensa gama de variações possíveis um padrão consistente para uma determinada língua.

É nessa direção que, através deste projeto, concentramos nossos esforços.

Nosso trabalho divide-se em duas partes principais:

- Na primeira parte, realizaremos breves incursões pela literatura existente sobre a nasalidade, com ênfase especial sobre a realização de vogais e consoantes nasais. Nosso objetivo aqui é circunscrever da melhor forma possível o fenômeno por nós estudado, bem como obter uma caracterização geral dos efeitos da nasalidade para vogais e consoantes nasais.

- Na segunda parte deste trabalho, descreveremos a pesquisa experimental que efetuamos sobre as vogais e consoantes nasais do Português do Brasil e, através dos resultados experimentais obtidos, procuraremos depreender as peculiaridades inerentes aos segmentos analisados. Nos experimentos realizados com vogais, demos especial ênfase em nossos corpora à oposição vogal oral x vogal nasal, especialmente através do uso de pares mínimos. Torna-se necessário esclarecer, portanto, que trabalhamos nesses experimentos sempre com silabas tônicas, uma vez que, em português, este é o contexto privilegiado para a ocorrência de tal oposição. Para fins comparativos, também os experimentos com consoantes nasais foram realizados sempre com silabas tônicas.

Esperamos que o trabalho experimental desenvolvido possa ser utilizado como uma referência para pesquisadores interessados na descrição acústica, percepção, síntese e/ou reconhecimento dos segmentos nasais analisados.

—

Δ

ρ Δ

Índice

Parte I

Capítulo I - Considerações Teóricas

- 1) O Sinal Acústico de Fala pág. 001
- 2) A Nasalidade pág. 004
 - 2.1 - Bases Fisiológicas da Nasalidade pág. 004
 - 2.2 - Características Articulatorias pág. 006
 - 2.3 - Propriedades Acústicas dos Sons Nasalizados em Geral e sua Correlação com os Eventos Articulatorios pág. 009
 - 2.4 - Observações sobre a Percepção de Consoantes e Vogais Nasais pág. 016
- 3) A Nasalidade no Português do Brasil pág. 021

Parte II

Capítulo II - Os Experimentos com a Nasalidade

- 1) Introdução: Histórico Inicial pág. 025
- 2) Metodologia Geral pág. 027
- 3) Experimento 1: Observações Gerais pág. 029
- 4) Experimento 2: Descrição e Metodologia pág. 030
- 5) Experimento 3: Observações Gerais sobre o Trabalho pág. 032
- 6) Experimento 4: Descrição e Metodologia pág. 033

Capítulo III - Os Experimentos Iniciais: Resultados Gerais

- 1) Introdução pág. 037
- 2) Apresentação e Discussão das Tabelas Relativas aos Experimentos 1 e 2 pág. 037
- 3) Características das Vogais Nasais: Observações Iniciais pág. 048

4) Apresentação e Discussão das Tabelas Relativas ao Experimento 3	pág. 049
5) Conclusões Preliminares: Características das Consoantes Nasais	pág. 056

Capítulo IV - Experimento 4: Resultados Gerais

1) Introdução	pág. 047
2) Tabelas de Formantes: Apresentação e Discussão	pág. 059
3) Tabelas de Intensidade: Apresentação e Discussão	pág. 082
4) Tabelas de Duração: Apresentação e Discussão	pág. 089
5) Análise Estatística dos Dados (Experimento 4)	pág. 099
6) Análise Qualitativa das Vogais Nasais (Experimento 4)	pág. 114
7) Diferenças entre Sujeitos	pág. 122
8) Características das Vogais Nasais	pág. 127
Conclusão	pág. 131
Notas	pág. 135
Bibliografia	pág. 137
Anexos	pág. 141

PARTE I

Capítulo I - Considerações Teóricas

1) O Sinal Acústico de Fala

A) Características do Sinal Acústico

O sinal acústico constitui a contraparte física dos eventos articulatórios que produzem a fala. Podemos defini-lo como uma onda sonora complexa, formada pela adição de várias outras ondas simples, produzidas pelo movimento vibratório das cordas vocais e modificadas segundo a forma peculiar do trato vocal enquanto filtro.

Segundo Kent & Read (1992), a energia do sinal acústico de fala encontra-se espalhada por uma faixa de frequência de aproximadamente 10 KHz, chegando não raro a ultrapassar esta fronteira. A faixa de energia da fala (conhecida em acústica como "dynamic range") é de aproximadamente 60 dB, o que significa que o som menos intenso encontra-se 60 dB abaixo do de maior intensidade. Os sons da fala que contém maior energia acústica são as vogais, ao passo que as fricativas dentais e labiodentais são os que apresentam menor energia acústica.

O sinal acústico apresenta grande variabilidade no tempo, com alterações significativas na forma de onda da fala registradas em períodos de tempo de 10 milissegundos (ms) ou menos. É o que ocorre, por exemplo, no caso das transições associadas à explosão de uma consoante oclusiva, que, segundo Kent & Read (1992), costumam ser da ordem de 10 ms.

Em se tratando dos sons da fala, vemos que fisiologia, acústica e percepção encontram-se necessariamente interligados. O sinal acústico funcionaria como uma ponte entre os eventos articulatórios e o processamento perceptual da fala, entre produção e percepção. Vemos que, como mencionado, tal sinal constitui o efeito físico de fenômenos articulatórios; ele constitui, porém, igualmente o input para o processamento perceptual da fala. Trata-se, portanto, de um sinal de natureza altamente codificada, que deve supostamente conter toda a informação necessária para que o ouvinte decodifique e compreenda aquilo que o falante havia anteriormente codificado.

Segundo Stevens (1989), porém, a relação entre os parâmetros acústicos e os parâmetros articulatórios não é linear, mas quântica. Isto significa que parecem existir regiões dentro de um dado parâmetro articulatório contínuo, p.ex. altura da língua ou arredondamento dos lábios, em que o sinal acústico correspondente aos movimentos articulatórios apresenta pouca variação, apesar de consideráveis diferenças articulatórias presentes dentro destas regiões. Por outro lado, para outras faixas do mesmo parâmetro o sinal acústico mostra-se extremamente sensível a alterações mínimas na articulação, modificando-se consideravelmente diante da menor movimentação dos articuladores.

Parece haver, assim, regiões dentro das quais a resposta acústica para eventos articulatórios apresenta-se bastante estável, e regiões nas quais tal resposta incorre em modificações significativas ao mais leve movimento dos articuladores. A estas últimas regiões chamamos limiares (termo muito usado também em percepção da fala, como veremos a seguir).

Outra importante característica do sinal acústico é que este apresenta clara resistência à segmentação em unidades fonológicas (especialmente se levarmos em conta os efeitos da coarticulação).

Para que a segmentação de um sinal contínuo em unidades discretas distintas seja possível (seja qual for a natureza da unidade em questão), duas características são fundamentais: invariância e linearidade. Isto significa que o sinal deve modificar-se o menos possível, permanecendo estável, e que o eventos nele contidos devem suceder-se no tempo numa cadeia linear e ordenada.

Em outras palavras, para que pudesse ser facilmente segmentável, o sinal de fala deveria manter-se relativamente constante no tempo, e de tal maneira que uma dada secção espectral corresponderia biunivocamente a cada fonema nele contido. Teríamos, portanto, para uma perfeita segmentação de uma sílaba /ba/, por exemplo, uma secção claramente correspondente a /b/ e outra a /a/ em sequência linear, sem superposições, dúvidas ou transições de qualquer espécie.

Vimos, porém, que o sinal acústico caracteriza-se justamente por ser contínuo e extremamente variável no tempo; acrescentemos a isso a informação de que o movimento dos articuladores, sendo igualmente contínuo, está altamente sujeito a articulações transicionais entre uma posição-alvo de um dado articulador e outra (coarticulação), transições estas que se refletem no sinal acústico. Devido a estes fenômenos coarticulatórios característicos na produção do som, vemos que, num determinado momento do tempo, informações sobre pelo menos dois segmentos estão presentes simultaneamente no sinal. Isto gera inevitáveis superposições de

informação (pistas) sobre os diferentes virtuais segmentos, a tal ponto que torna-se uma tarefa bastante complexa a identificação de possíveis unidades de processamento linguístico dentro da total ausência de limites segmentais definidos dentro do contínuo acústico.

Podemos assim constatar que os limites entre o que se convencionou chamar de fonos ou segmentos fonéticos são na verdade fisicamente bastante fluidos e difíceis de precisar.

Fry (1979) aponta, porém, que a segmentação e decodificação do sinal acústico seriam possíveis devido a uma outra característica do sinal: a redundância. Com efeito, a própria superposição de informações que por um lado dificulta a segmentação do sinal, por outro lado a auxilia, dado que várias "pistas" acústicas sobre o mesmo segmento encontram-se também sobrepostas no sinal, permitindo sua segmentação/identificação. Por exemplo, teríamos para a sílaba /ba/ as seguintes pistas que contribuiriam para a identificação do segmento /b/: a) vozeamento inicial caracterizado por um som de baixa frequência, acompanhado por um vazio espectral nas frequências acima de 300 Hz; b) explosão da oclusiva, caracterizada por um ruído de razoável amplitude e curta duração, espalhado por uma larga faixa do espectro; c) transições ascendentes para a vogal seguinte (/a/).

B) Algumas Observações Sobre Percepção de Fala

Dado o que foi aqui examinado, cabe-nos agora procurar entender como o ouvinte converte a onda sonora da fala em unidades discretas, e como tais unidades são empregadas para obter a mensagem linguística pretendida pelo falante.

Sabemos que também a correlação entre os aspectos acústicos e perceptuais da fala não é linear; ao contrário, de maneira similar ao que acontece na relação entre os movimentos articulatorios e o sinal acústico, tal correlação parece obedecer a um padrão de natureza quântica.

As recentes descobertas no campo da percepção relatam que o sistema auditivo humano não possui a mesma sensibilidade para com todas as variações dos possíveis parâmetros acústicos da fala, aparentemente operando segundo um sistema de limiares: as características acústicas só serão detectadas após atingirem um certo nível quantitativo, ou seja, uma vez atingido um dado limiar. Assim, certas variações muito pequenas no sinal para um certo parâmetro são percebidas imediatamente, ao passo que mudanças quantitativamente equivalentes em uma zona diferente do mesmo parâmetro passam não raro desapercibidas.

Segundo Stevens (1989), existiria uma tendência a que as regiões em que o sinal fosse percebido como estável fossem identificadas como fonemas dentro da língua em questão.

Como já mencionamos, a redundância inerente ao sinal acústico contribui também para a sua segmentação. A própria informação acústica é redundante, e a habilidade do ouvinte de selecionar as pistas acústicas linguisticamente mais relevantes é um segundo fator que possibilita o processamento da fala. Também com o auxílio do nosso conhecimento pragmático, conversacional e semântico, é possível prever o curso que a mensagem falada pode tomar, e utilizar esta informação na sua decodificação.

As pistas acústicas privilegiadas para a identificação de sons da fala seriam, segundo Fry (1979), as pistas para ponto de articulação, vozeamento, modo de produção, frequência, intensidade e tempo (duração). É da combinação destas pistas que resultaria a eliminação das soluções incorretas no processo de identificação dos segmentos; estas pistas possuiriam um peso diferente na identificação do sinal conforme a sequência dos sons e o seu contexto.

A informação coarticulatória é também, de forma aparentemente paradoxal, igualmente relevante para fins de discriminação de sílabas e segmentos, fornecendo dados importantes para o processamento do sinal.

Pouco se sabe acerca das pistas necessárias para o processamento do ritmo e da entoação, que ocorre simultaneamente ao processamento de segmentos. Sabe-se apenas que os correlatos acústicos das sensações auditivas de altura, intensidade e duração são de alguma maneira monitorados paralelamente pelo cérebro em relação às pistas acústicas relacionadas ao aspecto "segmental". Estudos a esse respeito constituem uma forte necessidade no atual estágio da Linguística.

2) A Nasalidade

Introdução

A nasalidade constitui um fenômeno bastante complexo, especialmente quando considerada sob o ponto de vista da interação entre suas características articulatórias e acústicas. Quando considerada sob o ponto de vista de sua percepção, constatamos um grande aumento no número de características acústicas e de variáveis em jogo para o processamento perceptual dos sons nasalizados, comparativamente a segmentos não nasais. Isto dificulta consideravelmente a tarefa de distinguir quais as informações contidas nestes segmentos que constituem pistas para a percepção.

Nesta secção, trataremos das bases do fenômeno da nasalidade, tentando apresentar as discussões mais relevantes para a sua compreensão dentro das três perspectivas acima mencionadas: a articulatória, a acústica e a perceptual. Esta será uma discussão introdutória, com vistas a situar o problema sobre o qual nos debruçamos dentro de um quadro teórico mais abrangente.

Apresentaremos inicialmente algumas considerações de cunho fisiológico, indispensáveis para uma melhor compreensão da natureza do fenômeno em questão.

2.1) Bases Fisiológicas da Nasalidade

A) Descrição Anatômica

O trato vocal divide-se basicamente em duas cavidades: a cavidade oral e a cavidade nasal. Ambas as cavidades são ligadas por uma estreita abertura, a abertura velo-faríngea, cujo tamanho é regulado pela movimentação do véu palatino (palato mole).

Convém ressaltar aqui que a cavidade nasal não constitui um espaço oco, como alguns modelos e teorias do trato vocal poderiam levar a pensar.

Tal cavidade encontra-se na verdade dividida em duas metades assimétricas pelo septo nasal (sendo a metade direita um pouco menor que a esquerda), e em suas paredes laterais encontram-se três estruturas ósseas, as conchas nasais, que são revestidas por uma membrana. Cada uma dessas duas metades, denominadas fossas nasais, termina em uma pequena abertura semi-arredondada, as

narinas que, juntamente com a boca, constituem as saídas/entradas do ar para os processos de respiração e fonação. Comunicando-se com a cavidade nasal através de pequenas aberturas, encontram-se os seios paranasais, cavidades pares de tamanho irregular, forradas de mucosas e cheias de ar. Os seios paranasais encontram-se divididos em : maxilares, frontais, esfenoidais e células etmoidais. Destes, os maiores e mais importantes são os seios maxilares e os frontais.

A importância dos seios paranasais em relação ao output total do sistema nasal é ainda uma incógnita. Segundo Lindqvist-Gauffin & Sundberg (1976), certos efeitos de ressonância do sistema só poderiam ser explicados a partir de um papel ativo dos seios paranasais enquanto filtros na produção do som a ser radiado pelas narinas. A maior parte dos modelos do trato nasal, porém, considera seu papel na geração do output como matematicamente desprezível, trabalhando com um modelo de acoplamento de dois tubos uniformes: um correspondente à cavidade oral, o outro à cavidade nasal sem o acréscimo dos seios paranasais.

B) Funcionamento do Véu Palatino

O efeito de nasalidade é obtido através do acoplamento do trato vocal ao trato nasal, graças à movimentação do véu palatino, que se abaixa para possibilitar a passagem de ar para as cavidades nasais. Este abaixamento do véu vem acompanhado, no caso das consoantes nasais, por um movimento de oclusão dos lábios ou da língua, que bloqueiam a saída de ar pela boca. Na produção de vogais nasais esta oclusão oral não se efetiva, resultando na saída do ar tanto pelo trato oral quanto pelo nasal. Dada a necessária correlação entre eventos articulatórios e efeitos acústicos, estes diferentes modos de produção de consoantes e vogais nasais acarretam características acústicas diferenciadas, como veremos a seguir.

O abaixamento do véu resulta da ação conjunta tanto dos músculos elevadores quanto dos músculos abaixadores do véu. Segundo Cagliari (1981): "(...) o véu palatino só se abaixa quando os músculos elevadores se relaxarem e os músculos abaixadores se contraírem". Os músculos responsáveis pelo levantamento do véu palatino são o Levator Palatini (principal responsável pelo processo), o Palatofaríngeo e o Constrictor Superior (estes últimos, auxiliares).

O Levator Palatini liga-se, por um lado, à nasofaringe e, por outro, à parte superior do palato mole. Sua contração levanta o véu, movendo-o para cima em direção à parte posterior da faringe. O Palatofaríngeo parte das paredes laterais

da faringe e penetra no véu por baixo e pelas laterais. Existem controvérsias a respeito de sua real função com relação ao véu palatino, que poderia ser abaixar o palato mole, ou então auxiliar o Levator Palatini a retrair o véu. O Constritor Superior é o músculo que reveste a faringe (lado e parte posterior); sua ação é no sentido de promover uma constrição da parede faríngea, puxando a parede posterior para a frente e as paredes laterais ligeiramente para dentro.

O papel das paredes faríngeas no processo de fechamento do véu palatino é uma questão especialmente controversa que nos cabe de momento evitar. Ressaltaremos apenas que, aparentemente, os movimentos da parte posterior da faringe durante a fala são insignificantes, ao passo que as paredes laterais parecem movimentar-se mais quando da produção de vogais baixas. Cabe ter em mente que não foram ainda obtidas explicações satisfatórias, e pode muito bem ser verdade que o movimento das paredes da faringe seja completamente independente dos movimentos do véu palatino.

O músculo responsável pelo abaixamento do véu palatino é o Palatoglosso, que conecta a superfície inferior do véu à língua. Este músculo teria igualmente por função elevar a língua para a produção de consoantes velares, sejam elas orais ou nasais.

Tanto Cagliari (1981) como Entenman (1977) apontam a existência de evidências no sentido de se afirmar que o véu palatino apresenta um movimento mais rápido para fechar a abertura velofaríngea que para abri-la.

2.2) Características Articulatórias

A) Introdução: Tipos de Segmentos Nasais

Segundo Ferguson (1975), existem basicamente cinco tipos de "segmentos" que apresentam traços nasais e que podem apresentar função distintiva nas línguas humanas. São eles: as consoantes nasais ([m], [n], [ŋ], etc), as vogais nasais, as contínuas nasais (cujos exemplos seriam as semi-vogais nasalizadas do yorubá), os glides nasais e os clics nasais. Os glides nasais, que constituem uma realização nasal geralmente breve ligada a outros segmentos, poderiam ser de três tipos: oclusivas pré-nasalizadas, vogais com glides nasais e consoantes nasais com ataque oral.

Dos segmentos nasais citados acima, os mais comuns com função distintiva nas línguas humanas são as consoantes nasais. Segundo o padrão de

nasalidade (normal nasality) formulado por Ferguson (1975) em sua busca por universais, as línguas tendem a apresentar pelo menos duas consoantes nasais distintas, a labial [m] e a apical [n], e, seja qual for o número de CNs que uma dada língua apresentar, este número não ultrapassa o número de oclusivas desta língua.

Os demais tipos de "segmentos nasais" apresentam status fonológico variável nas línguas em que ocorrem, podendo ser distintivos ou não. Dois tipos de segmentos são, porém, segundo Ferguson, suficientemente espalhados para que sua ocorrência possa ser considerada quase "normal". Estes segmentos seriam as vogais nasais e as oclusivas pré-nasalizadas.

Cabe ressaltar aqui que, para Ferguson, os sistemas com vogais nasais seriam mais instáveis, em virtude de uma pretensa "maior dificuldade em articular e perceber acusticamente a nasalidade, que se sobreporia às diferenças já existentes entre os sistemas de vogais orais".

Neste capítulo trataremos em maiores detalhes das consoantes nasais e das vogais nasais, por serem estes os segmentos que maior interesse apresentam para um estudo do Português do Brasil.

B) Produção de Consoantes Nasais

As consoantes nasais são produzidas, a exemplo do que ocorre com as consoantes oclusivas, através de uma obstrução temporária da saída de ar pela boca. As nasais podem ser classificadas, quanto ao ponto de articulação, em: a) bilabiais, b) alveolares, c) palatais, d) velares e e) uvulares. Tal classificação reflete a posição-alvo dos articuladores (lábios ou língua) dentro da boca durante a fonação, causando uma obstrução temporária do trato oral.

Durante a produção de consoantes nasais, a laringe continua mantendo suas vibrações, gerando voz, enquanto a cavidade oral encontra-se obstruída. Quanto a este aspecto, haveria bastante semelhança entre consoantes nasais e consoantes oclusivas sonoras. Tais consoantes diferem, porém, quanto ao abaixamento do véu palatino e quanto à possibilidade de continuidade espontânea da fonação.

Com efeito, durante a produção de oclusivas sonoras, o véu palatino permanece normalmente levantado, vedando a saída do ar pelas cavidades nasais. As consoantes nasais são produzidas quando a obstrução é acompanhada por fortes ressonâncias nasais, decorrentes de um considerável abaixamento do véu palatino, que permite que o fluxo de ar ressoe no trato nasal e radie-se no ambiente. Para a

produção de uma consoante nasal, dois elementos são portanto necessários : 1) uma obstrução do trato oral e 2) o acoplamento dos tratos oral e nasal, resultando no escape de ar pelas narinas. Ao mesmo tempo, ressaltamos que as consoantes nasais, a exemplo das vogais, podem ser sustentadas por um longo período de tempo, o que normalmente não ocorre com as oclusivas sonoras.

Vemos que as consoantes oclusivas sonoras e as consoantes nasais apresentam consideráveis semelhanças articulatórias; as últimas, por vezes, chegam a ser tratadas na literatura em fonética como oclusivas sonoras com saída de ar nasal. Oclusivas e nasais apresentam, porém, como mencionado, diferenças bastante significativas, que constituem razão suficiente para justificar um tratamento diferenciado para estes segmentos.

C) Produção de Nasalidade em Vogais

Nas vogais, a nasalidade produz-se basicamente pelo acoplamento do trato nasal à cavidade oral, segundo os mecanismos já examinados. Contrariamente às consoantes, porém, quando da produção de vogais nasalizadas não ocorre oclusão do trato oral, de modo que o som pode radiar-se simultaneamente pela boca e pelas narinas.

Convém distinguir aqui dois tipos de nasalização vocálica: a nasalização decorrente das características fisiológicas do véu palatino, e a nasalização vocálica propriamente dita.

No primeiro caso, temos que a presença de uma consoante nasal num dado ambiente vocálico tende a nasalizar as vogais adjacentes por coarticulação. Isto significa que, devido à lentidão do véu palatino como articulador, o seu abaixamento começa, para uma consoante nasal, bem antes do início do movimento do trato oral para a oclusão; assim, a abertura do véu já foi completada no momento da oclusão do trato oral. Da mesma forma, o véu permanece ainda certo tempo abaixado após o fim da oclusão. Com isto, partes de vogais que antecedem ou seguem as consoantes nasais também são nasalizadas, por uma extensão de aproximadamente 100 ms de sua duração (cf. Pickett, 1991).

No segundo caso, não existe uma consoante nasal contígua à vogal nasalizada que justificasse uma nasalidade por coarticulação. Neste caso, o véu se abaixa para a produção da vogal, promovendo o acoplamento do trato nasal por toda a duração da mesma.

2.3) Propriedades Acústicas de Sons Nasalizados em Geral e sua Correlação com os Eventos Articulatorios

A) Introdução

Até a presente data não existe um consenso sobre as características gerais dos sons nasalizados; vemos, por exemplo, que espectrogramas de uma consoante [m] produzidos por vários falantes são muito diferentes entre si; se a identificação da consoante fosse baseada unicamente num possível padrão apreendido pelo ouvido via medidas absolutas de frequência e intensidade dos formantes, tais sons dificilmente recairiam na mesma categoria fonêmica. O padrão dos sons nasais observado nos espectrogramas varia também consideravelmente para um mesmo falante, conforme a emissão.

Na verdade, ainda que normalizemos as variações geradas por fatores anatômicos (como o comprimento do trato e as dimensões das cavidades nasais) e linguísticos (contexto silábico, vogais/consoantes adjacentes, etc), as diferenças entre os espectrogramas serão evidentes o bastante para tornar a tarefa descritiva destes sons consideravelmente árdua.

Atribuir tais diferenças unicamente a variados graus de acoplamento do trato nasal (diferentes dimensões da abertura velo-faríngea) constitui, segundo Curtis (1970), mera redução do problema. Se tal explicação fosse suficiente para solucioná-lo, as ressonâncias orais propriamente ditas teriam um papel praticamente desprezível em relação aos efeitos de nasalidade em vogais e consoantes; teríamos, neste caso, para vogais diferentes que apresentassem o mesmo grau de acoplamento, um padrão de nasalidade fixo/imutável. Não é isto o que efetivamente ocorre: diferentes vogais com o mesmo grau de acoplamento ainda apresentam características nasais diferenciadas.

Isto sugere que a descrição dos efeitos acústicos do acoplamento dos tratos oral e nasal constitui, per se, um problema teórico bastante complexo, do qual trataremos a seguir.

Finalmente, cabe aqui recordar que as relações entre sinal acústico e percepção são de natureza quântica, e não linear. Isto significa que, à dificuldade em descrever adequadamente os sons nasais segundo uma perspectiva acústica, vem somar-se a dificuldade em apreender de que maneira as pistas assim descritas são efetivamente utilizadas pelo ouvinte para a identificação destes sons, e qual a faixa de variação admitida dentro dos possíveis parâmetros perceptuais que estas pistas

representam. Ou seja, cabe também considerar até que ponto um determinado parâmetro julgado relevante na análise espectrográfica, como a presença de um formante nasal na região de F2, é perceptualmente relevante, bem como determinar em que medida alterações na faixa de frequência e/ou intensidade deste formante provocariam uma mudança na categorização destes sons ([+ nasal], [- nasal]) pelo ouvinte.

Dadas as dificuldades e questões delineadas acima, vemos que o estudo da nasalidade constitui um desafio particularmente interessante para a Fonética Acústica.

B) A Teoria Acústica dos Sons Nasalizados

Antes de discutirmos as possíveis implicações acústicas do fenômeno da nasalidade, alguns breves esclarecimentos gerais de ordem teórica quanto à análise da fala são necessários.

O modelo utilizado para a descrição/compreensão dos fenômenos acústicos de fala em geral é o modelo do tubo uniforme. O trato vocal é encarado como um tubo aberto em uma das pontas (boca) e com uma fonte sonora na outra (a laringe); sua função seria atuar como um filtro em relação às frequências emitidas pela fonte, de modo a produzir efeitos diferenciados no output do sistema.

Quando da produção de vogais e consoantes, a forma do tubo se altera em virtude da movimentação dos articuladores, gerando efeitos acústicos diferenciados. Para uma vogal [i], por exemplo, a movimentação da língua em direção à parte anterior da boca acaba por estreitar consideravelmente a zona de passagem do fluxo de ar, dividindo o tubo uniforme em duas porções diferentes: 1) a porção anterior ao estreitamento, abrangendo a faringe e a parte posterior da cavidade oral, e 2) a porção posterior ao estreitamento, de dimensões comparativamente bem menores. Com isto, temos um modelo em que dois tubos de diferentes dimensões encontram-se ligados por uma pequena abertura pela qual o ar passa; trata-se, pois, de um modelo de acoplamento de tubos. As ressonâncias da primeira porção do trato não são as mesmas das da segunda porção, e ambas interagem entre si graças ao canal que as une, formado pela movimentação da língua. O mesmo modelo se aplica em relação às demais vogais; assim, [o] ocasiona um estreitamento do tubo na parte posterior da boca e um arredondamento dos lábios, de modo a que a parte anterior e a parte posterior ao estreitamento possuam dimensões quase equivalentes. Se cada um dos tubos assim formados na produção

de [o] fosse tomado isoladamente (o que, como veremos, é geralmente impossível em análise de fala), as frequências por eles produzidas seriam muito próximas entre si.

De maneira semelhante, o modelo tradicional para tratar das questões que envolvam nasalidade é o modelo do acoplamento de tubos. A cavidade nasal é encarada como um dos ressoadores, e a cavidade oral como o outro. O tubo bifurca-se exatamente no local da abertura velo-faríngea, que age como um elo de ligação entre as ressonâncias de ambas as cavidades (ressoadores).

Dado que o volume e a forma das cavidades nasais permanecem constantes durante a emissão de sons nasalizados, parece natural à primeira vista que isto leve a efeitos acústicos igualmente constantes. As diferenças notadas entre os espectrogramas de sons nasalizados anteriormente mencionadas se deveriam, assim, unicamente a variados graus de acoplamento entre o trato vocal e o trato nasal (ou, em outras palavras, a variados graus de abertura velo-faríngea), sendo portanto facilmente previsíveis por um modelo que desse conta dos modos de ressonância de cada um desses ressoadores em separado.

O que acontece, no entanto, é que, quando do acoplamento do trato oral ao trato nasal, as características de ressonância de todo o sistema se alteram, e os dois ressoadores em questão formam uma unidade cujas frequências interagem entre si segundo um padrão bastante complexo, não estando reduzidas à mera soma das ressonâncias das duas cavidades em separado.

Não se trata aqui, portanto, de dois ressoadores independentes que, ao comunicar-se entre si, promoveriam modificações previsíveis no output, geradas pelas ressonâncias-padrão de cada uma das unidades. Trata-se, isto sim, de uma interação entre ambas as cavidades, mediada pelo grau de abertura velo-faríngea; o output acústico do sistema resulta assim de sua configuração total, e não da soma de suas partes. Cabe ressaltar que, como esperado, a soma dos outputs oral e nasal do sistema resultam efetivamente no seu output total.

Deste modo, o sistema como um todo, gerado pelo acoplamento de ambas as câmaras de ressonância, sofre consideráveis alterações conforme a vogal-alvo, provocando diferentes efeitos no espectro que lhe corresponde.

Para as consoantes nasais, estes efeitos são menos drásticos, dado que a obstrução da cavidade oral que as acompanha impede que o som aí filtrado se irradie no ambiente, realçando simultaneamente as ressonâncias nasais.

Outro efeito característico do acoplamento dos tratos nasal e oral é a presença de formantes nasais e de anti-ressonâncias no espectro tanto de consoantes como de vogais nasais.

Os formantes nasais podem ser caracterizados como picos de energia introduzidos no espectro devido às características de ressonância do trato nasal e à dinâmica do acoplamento. Tais formantes representam, para a identificação das consoantes nasais, um papel equivalente ao papel representado pelos formantes vocálicos na identificação de vogais. Para as vogais nasais/nasalizadas, estes formantes representam picos extras no espectro, que aparecem nas proximidades dos formantes vocálicos, não raras vezes influenciando-os quanto à sua frequência e intensidade.

As anti-ressonâncias nasais, ou anti-formantes, são efeitos acústicos derivados da interação das ondas sonoras filtradas pelo trato oral com as ondas filtradas pelo trato nasal. Caracterizam-se por apresentar total cancelamento de ressonâncias dentro de uma dada faixa de frequência da consoante/vogal produzida. Assim, são normalmente associados aos "vales" dentro do espectro de um som nasal.

Segundo Kent & Read (1992), os formantes e os anti-formantes frequentemente ocorrem aos pares. Assim, segundo os autores, se ocorrer de um formante nasal e um anti-formante possuírem a mesma frequência central e a mesma largura de banda, o resultado espectral será o seu mútuo cancelamento. Quando formantes nasais e anti-formantes apresentam diferentes larguras de banda e frequências, os efeitos espectrais podem ser porém extremamente variados. Examinaremos alguns destes efeitos nas próximas secções, ao tratarmos das características acústicas dos sons nasais.

C) Propriedades acústicas das consoantes nasais

Como já mencionado, as consoantes nasais e as oclusivas sonoras apresentam grande semelhança entre si, especialmente no domínio articulatorio. No domínio acústico existem, segundo Pickett (1991), três diferenças básicas entre os espectros de consoantes nasais e de oclusivas sonoras, a saber: a) no momento da abertura da boca e conseqüente soltura do ar, as oclusivas apresentam uma pequena explosão, ausente para as consoantes nasais; b) as nasais apresentam maior intensidade no murmúrio produzido durante a constrição; c) as vogais ao lado de consoantes nasais são nasalizadas, o que não acontece para as oclusivas. Estas diferenças resultam das próprias características de produção dos sons nasalizados,

como vimos anteriormente. Assim, como o véu palatino encontra-se já aberto no momento da oclusão oral, a pressão formada na boca não é tão grande a ponto de produzir uma explosão no momento em que o ar é liberado; ao mesmo tempo, dado que o trato nasal oferece uma saída para o ar através das narinas, o som produzido pelas cordas vocais pode ressoar mais livremente no ambiente, resultando em maior intensidade do murmúrio.

Segundo Pickett (1991), o espectro do murmúrio nasal é marcado por ressonâncias de baixa frequência, graças à enorme cavidade de ressonância nasal pela qual o som passa antes de sair pela pequena abertura das narinas. Com isso, dá-se uma concentração dos formantes nasais em áreas de baixa frequência. Como as passagens nasais de um dado falante apresentariam forma e tamanho constantes para cada uma das diversas consoantes nasais, o espectro do murmúrio nasal não diferiria grandemente de uma consoante para outra.

Comparemos estas observações às efetuadas por Fujimura (1962) em seu estudo sobre as consoantes nasais.

Partindo nesse estudo de "nonsense words" de forma /h 'CVC/, Fujimura apresenta resultados interessantes no que diz respeito às consoantes nasais do Inglês Americano, /m/, /n/ e /ŋ/.

Segundo o autor, todas possuiriam um anti-formante (anti-ressonância), cuja posição se alteraria consideravelmente conforme a palavra produzida. Este anti-formante estaria localizado numa posição relativamente baixa para /m/ (entre 750 e 1.250 Hz), média para /n/ (entre 1.450 e 2.200 Hz) e alta para /ŋ/ (acima de 3.000 Hz).

A diferença notada entre o "murmúrio" das três consoantes nasais pode ser descrita como:

/ŋ/ tem quatro formantes no principal range de frequência (até aproximadamente 3.000 cps), /n/ é obtido quando o terceiro formante é substituído por um agrupamento que consiste em dois formantes e um anti-formante, /m/ é obtido quando o segundo formante é substituído por um agrupamento semelhante. (Fujimura, pág. 244)

Fujimura acentua, porém, que embora a localização do anti-formante possa ser usada para separar as nasais entre si, cabe às transições dos formantes das vogais adjacentes o papel principal nesta separação. Seu foco de atenção incide, porém, sobre o "murmúrio nasal", e não sobre as transições.

Segundo ele, três traços caracterizam os "murmúrios nasais" de uma maneira geral: 1) A existência de um F1 muito baixo, localizado mais ou menos em

300 Hz e bastante separado dos demais formantes; 2) relativamente alto "damping" dos formantes; 3) grande densidade dos formantes dentro da faixa de 3 KHz (e a existência do anti-formante, naturalmente).

As características 2) e 3) gerariam uma distribuição equalitária da energia sonora na faixa média de frequência, entre 800 e 2.300 Hz. Dentro desta faixa de frequência não haveria nem grandes concentrações de energia nem "vales" pronunciados. Este fato, aliado à baixa localização de F1, forma um padrão único, que pode distinguir estes sons, em termos de espectro, das vogais. O traço 1) gera uma concentração relativamente bem definida na região de baixa frequência e uma consistente ausência de energia na faixa imediatamente superior (mais ou menos 600 cps).

O conjunto destes traços permitiria, segundo Fujimura, constituir um bom critério para o reconhecimento automático de uma classe de consoantes nasais.

D) Propriedades acústicas da nasalidade em vogais

Introdução

Recordando uma distinção efetuada anteriormente, apontamos que, considerando os efeitos do contexto de ocorrência dos sons nasais em fala natural, existiriam basicamente dois tipos de nasalidade em vogais: a nasalidade que se manifesta por coarticulação a um segmento nasal e a nasalidade vocálica sem a ocorrência aparente deste tipo de coarticulação, sendo a vogal nasalizada independentemente de um contexto nasal. À nasalidade vocálica que se encaixa no primeiro destes casos, denominamos aqui vogais nasalizadas; à nasalidade vocálica pertencente ao segundo tipo denominamos vogais nasais. Em fonologia, considera-se que normalmente as vogais do segundo grupo (vogais nasais) têm maiores possibilidades de representar um papel distintivo em relação aos demais segmentos de uma dada língua.

Para as vogais do primeiro grupo (nasalizadas), as ressonâncias nasais seriam mera decorrência de um processo mecânico do véu palatino que, devido à sua dinâmica própria de movimento, não fecharia completamente a passagem para as cavidades nasais, permitindo a produção e irradiação de ressonâncias nasais.

Já para as vogais nasais o véu palatino se abaixaria (promovendo o acoplamento dos tratos oral e nasal) aparentemente sem a proximidade de uma consoante nasal que justificasse uma tal coarticulação. Ao contrário do que ocorre

com as vogais nasalizadas, a nasalidade das vogais do segundo grupo estende-se pela quase totalidade da sua realização. Como exemplo deste grupo de vogais podemos citar as vogais nasais do Francês, ou do Português em pares como [pita] x [pīta]. Dadas as suas características, estas vogais supostamente apresentarão um padrão articulatorio (e provavelmente acústico) diferenciado em relação às vogais nasalizadas pelo contexto.

Embora tal distinção entre vogais nasais e nasalizadas mostre-se bastante pertinente, ela não é tão corrente na literatura acústica sobre a nasalidade como seria de se esperar. Na verdade, grande parte das pesquisas sobre a nasalidade tem sido feita sobre línguas que não apresentam vogais nasais no sentido fonológico: a nasalidade não é, nestas línguas, distintiva para vogais. Desta forma, a tendência é efetuar experimentos em que tais vogais apareçam em isolamento, sustentadas por um longo período de tempo, de modo a apreender as características mais gerais da nasalidade em vogais, sem preocupações mais imediatas com a classificação destas vogais quanto a seu contexto de ocorrência ou a possíveis graus de nasalidade. Assim, vemos em geral na literatura acústica/experimental que, mesmo quando se decide pela inserção das vogais dentro de um dado contexto (sílabas, palavras ou frases), os dados e resultados experimentais obtidos tanto para vogais nasais quanto para vogais nasalizadas por consoantes tendem a ser tratados da mesma maneira. Quando, porém, a preocupação primordial da pesquisa envolve a percepção da nasalidade, muda consideravelmente o enfoque experimental, dado o importante papel do contexto de enunciação na percepção da fala. Trataremos deste ponto mais adiante, quando da discussão acerca da percepção de sons nasais.

As características que descreveremos a seguir referem-se à nasalidade vocálica em geral, tendo sido apreendidas em estudos de vogais estacionárias (steady state vowels).

Primeiramente, cabe lembrar aqui que os efeitos da nasalização derivam de modificações na resposta do trato oral, e não da soma das ondas sonoras radiadas das narinas. O som radiado das narinas não seria, com efeito, suficiente para determinar as características das vogais, dada sua baixa intensidade em frequências acima de 500 Hz.

A atuação da nasalidade em vogais tem sido descrita usualmente com base em comparações entre os espectros de sons orais e suas contrapartes

nasalizadas. Assim, as maiores "alterações" no espectro das vogais nasalizadas em relação às vogais orais foram detectadas na região do primeiro formante (F1).

Pickett (1991) afirma que a nasalização introduz, para as vogais, ressonâncias e anti-ressonâncias extras em relação à resposta do trato oral, em virtude dos efeitos de ressonância da abertura velar e das cavidades nasais. Segundo Pickett, a nasalização introduz um pólo (formante) de baixa frequência que intensifica o fundamental; introduz ao mesmo tempo um zero (anti-ressonância) numa frequência logo acima do pólo, o que reduz a energia do espectro acima do fundamental, ou seja, na região de F1. Se o F1 normal, correspondente ao trato oral, é de baixa frequência, o zero pode cancelá-lo, gerando um espectro nivelado. Se o F1 é normalmente alto, o zero reduz a energia espectral na área entre o fundamental e F1. Segundo Hawkins & Stevens (1985), o espaçamento entre o pólo e o zero aumenta à medida em que aumenta a abertura velo-faríngea, resultando em que os pólos adicionais demonstram maior proeminência espectral com aberturas maiores.

Ainda segundo Hawkins & Stevens (1985), quando a área da abertura velofaríngea é gradualmente ampliada, existe normalmente uma mudança na frequência do primeiro formante, e um aumento na sua largura de banda. Segundo os autores, além do par pólo/zero mencionado, encontram-se por vezes no espectro vocálico outras ressonâncias adicionais nas proximidades de F1, provavelmente derivadas do efeito dos seios paranasais; neste caso, tais ressonâncias seriam devidas à impedância da cavidade nasal, que teria mais de uma ressonância de baixa frequência abaixo de 1500 Hz. Os pares de pólos/zeros adicionais podem resultar num preenchimento dos vales espectrais acima ou abaixo da frequência original do F1.

A nasalização também causa alterações no espectro para frequências mais altas. Pode haver modificações nas frequências de formantes mais altos, alterações na amplitude de picos espectrais, e a introdução de picos espectrais adicionais. Segundo Pickett (1991), a nasalização também introduz zeros na região de F2 e F3.

As alterações espectrais geradas pela nasalidade em frequências mais altas carecem, porém, da consistência observada com relação às alterações na região de F1. Isto ocorre provavelmente devido às diferenças individuais observadas quanto à anatomia das cavidades nasais.

2.4) Observações Sobre a Percepção de Consoantes e Vogais Nasais

A) A Percepção de Consoantes Nasais

A questão principal a ser respondida no estudo perceptual das consoantes nasais está relacionada ao seu ponto de articulação. Com efeito, dado que tais consoantes apresentam o mesmo modo de articulação (oclusão do trato oral, acoplamento do trato nasal, saída de ar pelas narinas), apenas as pistas de ponto de articulação poderiam ser responsabilizadas pela diferenciação perceptual destas consoantes entre si. Assim, para esclarecer as diferenças perceptuais entre tais consoantes, torna-se necessário descobrir quais as pistas relevantes para a percepção do seu ponto de articulação. Vários estudos têm sido recentemente conduzidos sobre o assunto.

Descobriu-se, assim, que a informação sobre o ponto de articulação de consoantes nasais encontra-se tanto no murmúrio destas consoantes propriamente dito (no padrão de localização dos seus formantes nasais) como nas transições de/para vogais adjacentes. Isto implica em que a percepção das consoantes nasais pode sofrer considerável influência do contexto silábico em que se encontram.

Para consoantes nasais antes de vogais (sílabas CV), a informação sobre o ponto de articulação está em geral contida tanto no espectro do murmúrio nasal como nas transições consoante/vogal que o seguem. Os ouvintes provavelmente levam em conta também informações sobre a relação espectral entre murmúrio e transições.

Repp & Svastikula (1987), visando explorar a influência do contexto silábico sobre a percepção, realizaram um estudo sobre a percepção de consoantes nasais em sílabas VC, baseado em técnicas de segmentação e edição do sinal acústico. Os autores concluíram que as transições vocálicas transmitem per se tanta informação sobre o ponto de articulação da consoante nasal quanto o próprio murmúrio nasal, e que ambos, murmúrio e transições, transmitem a mesma quantidade de informações tanto em sílabas CV como em sílabas VC. Existem, porém, nas consoantes em sílabas VC, pistas adicionais quanto ao ponto de articulação na transição que segue o momento da liberação da consoante.

Ao mesmo tempo, outra importante diferença manifesta-se para sílabas VC.

Para consoantes em sílabas CV, a abrupta alteração no espectro decorrente da passagem do murmúrio para a vogal transmite informações adicionais bastante relevantes sobre o ponto de articulação da consoante. Para as consoantes nasais em sílabas VC, porém, uma vez que a mudança espectral da vogal para a

consoante processa-se de forma muito gradativa, estas pistas adicionais estariam aparentemente ausentes; as transições vocálicas e o espectro do murmúrio funcionariam, portanto, para estas consoantes, como pistas independentes.

Os autores verificaram também que, provavelmente devido à relativa ausência de variações espectrais pronunciadas entre a vogal e o murmúrio em sílabas VC, as nasais nesta posição tiveram um índice de identificação inferior ao das consoantes nasais em sílabas CV.

B) Percepção de Nasalidade em Vogais

Em se tratando de vogais, cabe ressaltar inicialmente que vogais que são identificadas por ouvintes como sendo equivalentes na verdade apresentam consideráveis diferenças acústicas entre si, em especial quanto à frequência e intensidade de seus formantes. Com efeito, falantes diferentes, com diferentes fundamentais e diferentes comprimentos de trato vocal certamente não produzirão a mesma vogal com exatamente os mesmos formantes. Ressaltemos também que essa mesma variação é encontrada também para um único falante, quando não entram em jogo, portanto, nem diferenças de fundamental e nem de tamanho de trato, mas de articulação. Entretanto, apesar de todas as variáveis que acabamos de mencionar, é possível para nós identificar com surpreendente precisão uma vogal pronunciada por qualquer falante de nossa língua, desde que este não apresente graves patologias de linguagem.

A explicação para este fato não se encontra na análise dos formantes vocálicos isoladamente, mas justamente na relação existente entre eles; segundo Fry (1979), é através da relação entre os formantes de uma dada vogal, mais que pela frequência (Hz) destes formantes em si que a percepção de vogais se efetiva. A relação mais importante para a identificação de vogais, e que tem sido usada tradicionalmente em acústica para sua descrição, seria a relação entre F1 e F2. Assim, um F1 muito baixo e um F2 muito alto contribuiriam para identificar um [i]; um F1 baixo e um F2 muito próximo a ele caracterizariam um [u].

Os experimentos acústicos relatados na literatura corrente sobre nasalidade sugerem que vogais orais serão percebidas como nasais se o seu espectro for modificado de modo a ampliar a largura de banda do primeiro formante e reduzi-lo em intensidade. Isto está bastante de acordo com as características acústicas apontadas para as vogais nasais, como vimos na secção precedente.

Segundo Hawkins e Stevens (1985) relatam, estudos envolvendo manipulação direta do espectro de vogais orais indicaram que as vogais são consideradas nasais quando o espectro é modificado numa faixa de baixa frequência, acrescentando energia ou inserindo um par pólo/zero nas proximidades de F1. A percepção da nasalidade seria influenciada também quando da ampliação da energia espectral na faixa do terceiro formante: aumentando a amplitude de F3, aumentaria também o número de jùlgamentos [+ nasal] para algumas vogais.

Segundo estudos realizados por House e Stevens (1956) com vogais nasais "estacionárias" (steady state vowels), as vogais baixas requerem maior abertura velofaríngea que as vogais altas para que sejam percebidas como nasais. House e Stevens verificaram também uma elevação do F1 vocálico quando da produção de VNs. Com isto, F1 estaria mais próximo de F2 para as vogais nasais que para as orais. Tendo em mente que a frequência de F1 é inversamente proporcional à altura da vogal, e uma vez que a identificação de uma vogal depende parcialmente da frequência de seu F1, a nasalidade pode levar o ouvinte a perceber a vogal como tendo um ponto diferente de articulação, aparentando ser mais baixa. Cabe lembrar que os efeitos espectrais decorrentes de um "abaixamento" na altura de uma dada vogal são produzidos por movimentações da língua e da mandíbula, ao passo que os efeitos decorrentes da nasalidade envolvem o acoplamento de um outro ressoador ao trato oral. Krakow et alii (1988), porém, encontraram grande semelhança entre os efeitos acústicos de mudança de altura de uma vogal e os efeitos acústicos de nasalização vocálica.

Krakow et alii (1988) debruçaram-se precisamente sobre este problema, através de uma série de experimentos perceptuais utilizando estímulos gerados por síntese articulatória. Os autores trabalharam nestes experimentos com vogais contextualizadas, com vistas a verificar se a diferença no contexto de ocorrência da vogal corresponderiam diferenças perceptuais. Os contextos em questão foram [bVnd] (vogal nasalizada por consoante nasal), [bVd] (vogal oral) e [b̃vd] (vogal nasal).

Segundo os resultados obtidos, a percepção da altura de vogais nasalizadas pelo contexto [bVnd], não diferiu da percepção de vogais orais em ambiente [bVd] produzidas com a mesma configuração de língua e mandíbula. Por outro lado, as vogais não-nasalizadas contextualmente (ambiente [b̃vd]) que lhes correspondiam foram percebidas como de qualidade mais baixa em relação a suas contrapartes nos demais contextos. Dado que o experimento foi efetuado com falantes de inglês americano, que possuem pouca experiência com nasalização

vocálica distintiva, os resultados encontrados para tais vogais parecem implicar em uma possível influência da variável experiência linguística dos falantes.

Os resultados experimentais obtidos por Krakow et alii parecem assim apontar no sentido de uma percepção diferenciada das vogais nasais em relação aos segmentos orais correspondentes quando estas ocorrem em contexto distintivo; indicam também que a experiência linguística do falante pode afetar a percepção da nasalidade.

Hawkins & Stevens (1985) defendem a existência de uma propriedade acústica básica de nasalidade independente da vogal, à qual o sistema auditivo responderia de maneira distintiva independentemente do background linguístico, propriedade esta que seria justamente o grau de proeminência do pico nas proximidades de F1 em relação ao espectro vocálico. Os autores não descartam, porém, a influência da variável "experiência linguística" na percepção da nasalidade. Assim, uma ou mais propriedades acústicas adicionais poderiam ser utilizadas (em graus variados) por uma ou mais línguas a fim de realçar o contraste entre uma vogal nasal e sua contraparte não-nasal. Seria sobre tais propriedades adicionais que a variável "experiência linguística do falante" incidiria. Algumas das propriedades adicionais incluiriam modificações no centro de gravidade de picos espectrais de baixa frequência (que levaria a mudanças na altura percebida para a vogal) e mudanças no equilíbrio espectral como um todo.

3) A NASALIDADE NO PORTUGUÊS DO BRASIL

Introdução

O Português do Brasil é uma língua que conta com relativamente poucas descrições em moldes acústicos. Alguns trabalhos, porém, como Cagliari (1977), Moraes (1987) e Massini (1991) constituem importantes iniciativas no sentido de desenvolver este tipo de estudos no Brasil.

Em português, a nasalidade constitui uma pista acústica bastante importante para a identificação de fonemas na língua. Embora alguns estudos, como Brito (1975), tenham trabalhado com a percepção da nasalidade no PB, isto foi feito dentro de uma perspectiva eminentemente auditiva; um estudo rigoroso com embasamento acústico sobre este tópico não foi ainda realizado, até onde nos foi possível investigar. Acreditamos ser isto devido, em grande parte, às poucas condições laboratoriais existentes no país há até alguns anos atrás, que tornavam este tipo de estudo excessivamente árido para o pesquisador, dada a falta de equipamentos básicos que permitissem uma manipulação mais acurada dos dados experimentais. À medida em que tais lacunas estão sendo sanadas, com o desenvolvimento/aquisição de novos aparelhos e aplicativos na área, tem crescido o interesse na realização de estudos em acústica e percepção, o que abre perspectivas de que em breve poderemos contar com estudos perceptuais de base acústica para os sons nasais do português do Brasil. Esperamos que os resultados obtidos com o trabalho aqui realizado possam fornecer insumos para a consecução de futuros trabalhos instrumentais em percepção da nasalidade no PB.

O português do Brasil apresenta tanto consoantes nasais como vogais nasais, constituindo ambos objetos de nosso presente estudo.

3.1) As Consoantes Nasais no Português do Brasil

O sistema consonantal do PB tem sido tradicionalmente descrito como possuindo três consoantes nasais: /m/, /n/ e /ɲ/. Ao lado destas, uma consoante [ŋ] tem sido postulada como ocorrendo diante de oclusiva velar, em palavras como "tanga", por exemplo, que se realizaria como [tʃŋga]. A base para tal afirmação decorre porém de dados auditivos provenientes de certos dialetos em particular em que a nasalidade de uma dada vogal diante de oclusiva velar se torna perceptualmente bastante saliente, transmitindo efeitos semelhantes ao de uma

oclusão da cavidade oral. Cabe apontar que as palavras em que tal consoante ocorreria são todas precedidas por uma vogal nasal (ou, segundo a corrente que postula a existência desta nasal velar, nasalizada pela consoante seguinte). Temos motivo para acreditar, porém, que não existiria neste caso propriamente uma consoante nasal, mas um murmúrio nasal, consideravelmente coarticulado à vogal nasal que ocorre nestas palavras diante da oclusiva velar. Este ponto será melhor esclarecido quando da apresentação do trabalho experimental até aqui desenvolvido. Por hora, frisaremos apenas que tal "consoante" em PB estaria circunscrita ao ambiente acima descrito, o que não constitui argumento suficiente para postular seu status distintivo.

Quanto à distribuição das consoantes nasais, vemos que /m/, /n/ e /ɲ/ ocorrem indistintamente no contexto de meio de palavra, início de sílaba, mas apenas /m/ e /n/ ocorrem em início de palavra.

3.2) As Vogais Nasais no Português do Brasil

Foneticamente, o sistema vocálico tônico do português do Brasil pode ser dividido em dois sub-sistemas: o oral e o nasal. O subsistema oral apresenta sete vogais, a saber: [i], [e], [ɛ], [u], [o], [ɔ] e [a], das quais as três primeiras são anteriores, as outras três posteriores e [a] é central; o grau de abertura caminha de [i] (mais fechada) para [ɛ] (mais aberta), sendo o [a] também considerado aberto.

O subsistema nasal apresenta cinco vogais: [ĩ] (normalmente interpretado como alofone de /a/ ou /ã/), [ẽ], [ĩ], [õ] e [ũ]. Notamos, portanto, que ocorre uma redução no número de vogais em PB quando da sua nasalização. Isto se manifesta, porém, somente quando tal nasalização é distintiva: todas as vogais do subsistema oral podem ser nasalizadas por assimilação (coarticulação) a uma consoante nasal (lembrar a esse respeito o que foi dito sobre o funcionamento do véu palatino), mas apenas as cinco vogais mencionadas acima podem ser nasalizadas fora do contexto de uma consoante nasal. Isto implicaria em que tais vogais carregariam uma função distintiva (ou fonêmica) dentro da língua. Temos assim pares mínimos de vogais nasais x vogais orais, como: [pita] x [pĩta]; [teta] x [tẽta]; [ata] x [ãta]; [koʃa] x [kõʃa]; [tuba] x [tũba].

Das cinco vogais citadas acima, a vogal [ĩ] (alofone de /a/ ou /ã/, conforme a interpretação fonológica escolhida) é a que maiores diferenças apresenta quando comparada à sua contraparte oral ([a]). Com efeito, não existe em português do Brasil uma vogal [ɨ] fora de um contexto nasal, bem como uma realização

fonética [ã] com papel distintivo. Aparentemente, a nasalidade acarreta, para /a/ (ou /ã/), uma mudança na própria qualidade da vogal, dentro do sistema do PB.

A discussão sobre o status fonológico das vogais nasais no PB é longa e acalorada. Como nosso estudo baseia-se prioritariamente em dados fonético-acústicos, tal questão não será aqui abordada em profundidade; limitaremos-nos a delinear as linhas centrais desta discussão, a fim de melhor caracterizar nosso objeto de estudo.

Existem basicamente duas linhas de argumentação em torno do status fonológico dessas vogais:

a) As vogais nasais do PB apresentam função distintiva na língua em relação às vogais orais; constituem, portanto, fonemas do PB. Esta posição é sustentada, entre outros, por Pontes (1972) e Head (1964).

b) As vogais nasais do PB, embora apresentem função distintiva em relação às vogais orais, não a apresentam em relação às vogais nasalizadas por assimilação a uma consoante nasal. Deste modo, tais vogais seriam representadas em estrutura profunda como um grupo de V+CN, do qual a consoante, uma vez tendo a vogal se assimilado a ela, teria desaparecido ao longo do processo de mudança histórica do PB. Tal posição é defendida por Câmara Jr. (1962, 1977) e Cagliari (1977). Um contra-argumento a tal hipótese foi lançado por Pontes (1972) através do par mínimo [kamijna], do verbo caminhar, x [kʒmijna] "cama pequena", onde existe contraste \tilde{v} x VN.

Ao lado destas duas correntes, temos uma terceira linha que afirma ser a nasalidade, e não as vogais nasais, o traço fonêmico relevante neste caso dentro do PB. A nasalidade seria assim um fonema supra-segmental, atuando sobre as vogais orais e modificando-as segundo a forma do trato vocal resultante do acoplamento das cavidades nasais. Esta linha é apontada por Maia (1983), e aguarda desenvolvimentos posteriores.

A segunda hipótese, encabeçada por Câmara Jr, parece ser a melhor fundamentada até o momento, tanto face às características distribucionais das vogais nasais, como devido também à grande generalização que tal hipótese proporciona, abrangendo o próprio desenvolvimento histórico do português do Brasil. Pouco se sabe, porém, acerca das características acústicas das vogais nasais do PB, e, portanto, os trabalhos de percepção da nasalidade que poderiam contribuir em muito para esclarecer pontos obscuros para a teoria (como, por exemplo, o comportamento de sílaba travada destas vogais, ou as prováveis razões para as mudanças

linguísticas que ocorreram/ocorrem com relação a estes segmentos) encontram dificuldades consideráveis para sua realização.

Esperamos que os resultados do trabalho experimental que estamos realizando possam contribuir para uma melhor compreensão a nível fonético-acústico do fenômeno da nasalização vocálica no português, e que tais informações possam ser de alguma valia para a discussão em torno do estatuto fonológico de tais segmentos.

Parte II

Capítulo II - Os Experimentos com a Nasalidade

1) Introdução: Histórico Inicial

Nosso estudo atual baseia-se nos resultados de pesquisas efetuadas no Laboratório de Fonética Acústica e Psicolinguística Experimental da UNICAMP durante os anos de 1992/93. Durante este período, trabalhamos com as vogais e consoantes nasais do Português do Brasil (PB) - sob uma perspectiva eminentemente experimental - com vistas a determinar suas características acústicas. Nosso trabalho efetuou-se em três etapas.

A primeira etapa, centrada unicamente nas vogais nasais, consistiu na análise de um corpus limitado de cinco pares mínimos isolados, de estrutura CV, manifestando-se a oposição como vogal oral x vogal nasal, em posição tônica. Os pares mínimos desta primeira etapa foram coletados de um único informante, de 22 anos, sexo masculino, curso superior em andamento.

Na segunda etapa, procuramos verificar até onde as hipóteses por nós levantadas na primeira fase tinham ressonância nos dados de outros falantes.

Trabalhamos na segunda etapa com pares mínimos de vogal oral x vogal nasal elaborados nos mesmos moldes da etapa anterior, mas desta vez inseridos em frases idênticas (mesmo contexto de realização). Para a vogal, privilegiamos o contexto entre oclusivas tanto por suas implicações na discussão em fonologia em torno do status fonológico das vogais nasais quanto pela relativa facilidade de segmentação que tais consoantes propiciam.

Ao lado destas frases, incluímos também em nosso corpus palavras contendo consoantes nasais e vogais nasalizadas por estas consoantes, colocadas em frase veículo do tipo: "Disse _____ pra ele".

Nosso objetivo com essa inclusão era verificar até que ponto se assemelham, para um mesmo informante, consoantes nasais e vogais nasalizadas às vogais nasais interpretáveis como distintivas em PB.

Nosso informante nesta segunda etapa foi um falante do sexo masculino, 35 anos, natural de Pernambuco, sem patologias de linguagem e com uma qualidade de voz bastante próxima à voz modal. Procurou-se conferir aos enunciados a entonação mais neutra possível, de modo a que variações de F0 interferissem minimamente na análise.

Nosso próximo passo foi uma tentativa inicial de estudar as consoantes nasais do Português do Brasil (PB). Baseada nos estudos já mencionados, notamos que os formantes das vogais nasais situavam-se aproximadamente à mesma altura que os formantes das consoantes nasais para o informante estudado. Levantamos então a hipótese de que talvez fosse possível prever a localização dos formantes nasais de uma vogal nasal através de um padrão extraído a partir de uma comparação entre as vogais orais e as consoantes nasais de um dado indivíduo. Tornou-se então imperativa a realização de um estudo mais detido sobre as consoantes nasais do PB, através do qual esta hipótese poderia encontrar respaldo.

Tendo em vista que os trabalhos anteriores restringiram-se à análise dos dados de apenas um informante, decidimos estender, no estudo das consoantes nasais, o leque de sujeitos, de modo a obter resultados passíveis de maior generalização.

Trabalhamos aqui com um corpus de 23 palavras colocadas na frase veículo "Digo _____ pra ele". As palavras constantes de nosso corpus foram:

nata	mata	banhado
neta	meta	canhedo
nuca	muda	canhoto
nota	moda	renhido
nêgo	midas	sanhudo
nível	moço	
novo	medo	

Privilegiamos a posição início de palavra para as consoantes [m] e [n]. Como em PB é rara a ocorrência de [n] em tal posição, optamos por incluí-la em meio de palavra, sua posição ótima. Em todas as palavras, a sílaba em que se encontra a consoante é tônica. Ressaltamos que a ocorrência de contraste distintivo entre vogal oral e vogal nasal é mais frequente, no PB, justamente em posição tônica, o que facilita comparações entre os resultados aqui encontrados para as consoantes e aqueles previamente encontrados e/ou a encontrar para as vogais.

Nossos informantes são falantes do sexo masculino, todos com curso superior em andamento, sem patologias conhecidas de linguagem e com qualidades de voz distintas entre si. Todos os sujeitos situam-se entre 21 e 23 anos e são naturais de diferentes regiões do Brasil.

Designaremos aqui os informantes deste terceiro estudo pelas formas abreviadas I1 (informante 1), I2 (informante 2) e I3 (informante 3).

O quarto experimento constituirá nosso foco principal neste trabalho, tendo sido, a nosso ver, o mais controlado dos experimentos realizados, e também o último, beneficiando-se com isto dos resultados e percalços dos experimentos anteriores. Discorreremos mais detalhadamente sobre este experimento adiante.

2) Metodologia Geral

Todos os dados de nossos experimentos foram analisados no Kay Elemetrics Sona-Graph, no Laboratório de Fonética do IEL-UNICAMP. Utilizamos para tanto do set-up de número 04 (para maiores especificações sobre este set-up, vide Anexos), que exibe na tela um espectrograma do som desejado, bem como sua forma de onda e o espectro de potência (frequência/amplitude) do trecho do enunciado colocado entre os cursores.

Para a medição dos formantes vocálicos, utilizamos uma janela de 25 ms, posicionando os cursores no ponto em que os formantes encontravam-se mais livres de transições. Feito o janelamento, tiramos o espectro do trecho selecionado com um filtro de 300 ou 150 Hz, e medimos os picos de ressonância ali encontrados, comparando-os sempre com o desenho no espectrograma da tela inferior. Em casos de dúvidas, utilizamos outros filtros, cuja frequência será especificada em maiores detalhes adiante, que permitiam discriminar melhor os harmônicos individuais.

Para a medição dos formantes nasais das consoantes, delimitamos a consoante em questão, livre de transições, entre os cursores e, feito isto, tiramos o espectro de toda a consoante com um filtro de 300 Hz. A seguir, tiramos o espectro de 25 ms da nasal em seu ponto mais estável e o comparamos ao espectro obtido para a consoante total. Visamos com isto verificar se era possível obter um padrão estável a partir de tais consoantes, ou se suas alterações no decorrer do tempo influiriam decisivamente na frequência dos formantes, a ponto de inviabilizar medidas mais "gerais". As diferenças encontradas entre os espectros da consoante total e do janelamento ótimo foram menos significativas do que esperávamos, revelando um padrão consistente.

Para as medidas de duração das vogais, tomamos como ponto inicial aquele em que constatamos, com o auxílio do playback entre os cursores e da forma de onda, a ausência de resquícios de coarticulação entre vogal e consoantes (primeiro pulso regular da vogal). Consideramos o lugar após o qual o sinal correspondente à

vogal não era mais audível como o final da vogal (apresentando os formantes vocálicos intensidade próxima a zero), o que coincide, em nossos dados, com o último pulso regular da vogal. O mesmo método foi usado para verificar a duração das consoantes nasais.

As medidas de intensidade dos formantes foram inicialmente expressas nos termos da sensibilidade do espectrógrafo. Assim, um formante cuja medida de intensidade é -28 dB implica em que este se encontra 28 dB abaixo do som de máxima intensidade que o aparelho pode detectar sem sobrecarga. Porém, fatores como a qualidade da gravação utilizada, o nível de gravação e as diferenças de intensidade dos enunciados (diferenças estas inerentes a cada emissão de nossos falantes) tornavam estas medidas absolutas dificilmente comparáveis entre si, tornando necessário normalizá-las. Isto foi feito tomando como referência a intensidade de F1. As medidas de intensidade dos demais formantes foram assim convertidas segundo um padrão $IFx - IF1$. Para exemplificar este ponto, tomemos o F1 de -28 dB acima mencionado ($IF1 = -28$ dB). Suponhamos que a intensidade de F2 em relação ao máximo do aparelho seja -37 dB ($IF2 = -37$ dB). Assim, $IF2 - IF1 = -37 - (-28) = -09$. A intensidade de F2 encontra-se, portanto, 09 dB abaixo da intensidade de F1. Através deste procedimento, as medidas de intensidade dos formantes tornam-se comparáveis entre si, pois os picos espectrais estarão sempre relacionados à intensidade do primeiro formante do segmento analisado.

Para a análise do corpus na primeira etapa, utilizamos os parâmetros: a) frequência dos três primeiros formantes, b) intensidade destes formantes e c) duração: - da palavra; - da "sílabas" em que se encontrava a vogal (entendemos aqui por "sílabas" a medida do primeiro pulso glotal da consoante precedente ao último período regular da vogal em questão); - da vogal total; - do murmúrio nasal (a ser explicado mais adiante).

Na segunda etapa, incluímos entre nossos parâmetros duas novas variáveis: a) a frequência e intensidade de F4 e b) o tempo de oclusão da consoante que se seguia à vogal nasal. F4 foi incluído por termos constatado que este formante em especial é consideravelmente afetado pela nasalidade, por vezes desaparecendo ou mesclando-se a F5, no caso das vogais nasais. A inclusão da variável tempo de oclusão deveu-se a constatações preliminares que apontavam para um vínculo entre tal parâmetro e a duração da vogal nasal como um todo.

Os parâmetros utilizados na terceira etapa foram: a) frequência dos formantes nasais (F_n) e b) intensidade de F_n . Optamos por não trabalhar com o parâmetro duração numa primeira análise dos dados sobre consoantes nasais em

virtude de nosso foco estar concentrado, para tais consoantes, exclusivamente na obtenção de seu padrão de formantes (padrão F).

3) Experimento I

Observações Gerais

Este experimento tinha por objetivo constituir uma iniciação ao estudo acústico/instrumental das vogais nasais do Português Brasileiro (PB).

As palavras aqui utilizadas foram escolhidas com a finalidade de propiciar o contraste entre as formas orais e as nasais em contextos idênticos. A fim de tornar a análise espectrográfica mais precisa, sempre que possível escolhemos o contexto entre duas oclusivas para a formulação do corpus, pois, dada a relativa facilidade de identificação das oclusivas num espectrograma, tal contexto favorece especialmente a precisão nas medidas de duração. Isto não ocorreu, porém, com os pares [o] x [õ] e [u] x [ũ]; nestes pares, as vogais são precedidas, respectivamente, por uma líquida [l] e por uma consoante nasal [m] que, dadas suas características de apresentarem formantes em alturas semelhantes aos das vogais, tornaram a nossa análise mais demorada.

Trabalhamos aqui, para fins de comparação, com três parâmetros principais conforme mencionado anteriormente: a localização dos formantes (F1, F2 e F3), a amplitude (também chamada aqui de intensidade) dos mesmos e a duração dos enunciados (duração da palavra, da sílaba em que se encontrava a vogal, da vogal total e do murmúrio nasal). Esporadicamente nos referimos também à possível localização de um ou mais formantes nasais (Fn) nas vogais nasais em questão, bem como a possíveis anti-ressonâncias.

As palavras escolhidas para nosso corpus foram assim: "cata"/"canta", "cadete"/"cadente", "pita"/"pinta", "lobo"/"lombo" e "mudo"/"mundo".

Para este experimento, a faixa de frequência utilizada foi a de 8 KHz e o filtro de nossa preferência foi o de 300 Hz (o que gera um espectrograma de banda larga). Para obter um maior detalhamento da frequência dos formantes, utilizamo-nos ocasionalmente de um filtro de 59 Hz, gerando um espectro que discriminava melhor os harmônicos individuais que compunham o som analisado. O

Dynamic Range da tela inferior do set-up em questão foi ajustado para 36 db, de modo a permitir maior "limpeza" da tela, que passou a não mostrar os sons não-significativos que se encontravam acima da faixa citada.

Tal procedimento fez-se particularmente necessário em virtude do tipo de voz que constatamos possuir nosso informante, caracterizando-se por ser suavemente murmurada ("breathy voice"). Geravam-se assim efeitos espectrais semelhantes aos de um sussurro, com formas de onda que raramente chegavam a ser completamente regulares, mesmo em se tratando de vogais. Ao isolarmos as vogais em questão entre os cursores e ouvirmos o som correspondente à janela efetuada, tornava-se bastante nítida a sensação de um leve efeito "fricativo" nas vogais, especialmente no [i]. Acreditamos dever-se a essa qualidade de voz peculiar as "manchas" de baixa intensidade que encontramos no espectrograma de banda larga espalhadas por toda a faixa de frequência a partir de cerca de 1.300 Hz.

4) Experimento 2

Descrição e Metodologia

Este trabalho representou uma segunda etapa no estudo instrumental das vogais nasais no Português do Brasil aqui realizado.

Nosso estudo inicial teve por função principal levantar hipóteses que pudessem contribuir para uma investigação subsequente de nosso tópico, e, apoiados pela análise efetuada, elaboramos um segundo experimento com vistas a verificar até onde nossas hipóteses iniciais levantadas no primeiro experimento encontrariam ressonância nos dados de outro(s) falante(s). Nosso corpus inicial compôs-se de dez frases contendo pares mínimos V x \tilde{V} , a saber:

- a) Joaquim pita na miséria.
- b) Joaquim pinta na miséria.

- c) Essa estrela parece cadete de noite.
- d) Essa estrela parece cadente de noite.

- e) O gari fã da Madonna cata mal.
- f) O gari fã da Madonna canta mal.

- g) A boba e seu som causam temor.
- h) A bomba e seu som causam temor.

- i) A tuba muda conforme o fundo.
- j) A tumba muda conforme o fundo.

Incluimos também em nosso corpus palavras contendo consoantes nasais e vogais nasalizadas por estas consoantes, colocadas na frase veículo: "Disse _____ pra ele". As palavras analisadas nessas condições foram aqui: "mata", "medo", "midas", "moço", "mudo", "nato", "nêgo", "nível", "novo" e "nuca". Através da análise destes segmentos, pretendíamos verificar possíveis semelhanças/diferenças entre consoantes nasais, vogais nasalizadas e as vogais nasais pretensamente distintas em PB, contidas no corpus inicial discriminado acima.

Os parâmetros que nortearam nossa análise foram: a) a frequência dos quatro primeiros formantes vocálicos; b) sua intensidade; c) a duração: - da vogal total; - da sílaba em que esta se encontra; - da palavra; - do murmúrio nasal (mur); - do tempo de oclusão.

Incluimos entre os parâmetros F4 por havermos constatado na fase inicial de nossos estudos que este formante em particular é consideravelmente afetado pela nasalidade, por vezes desaparecendo ou mesclando-se a F5 no caso das vogais nasais. Utilizamos também da variável tempo de oclusão em virtude de algumas constatações preliminares de nosso primeiro trabalho de que haveria uma tendência de redução do tempo de oclusão da consoante que segue imediatamente a vogal nasal, a par de um aumento na duração da vogal nasal como um todo. Visamos aqui, pela inclusão do parâmetro tempo de oclusão (T.Ocl.), verificar se estas observações preliminares encontram algum fundamento para outros falantes de PB.

Nosso informante para este estudo possui uma qualidade de voz muito próxima à voz modal, o que permitiu em nossa análise maior controle das variáveis decorrentes da qualidade de voz do indivíduo.

Utilizamos neste experimento uma faixa de 8 Khz e filtro de 300 Hz. Para obter um maior detalhamento da frequência dos formantes, utilizamos-nos

ocasionalmente do filtro de 59 Hz, visualizando melhor com isto os harmônicos individuais das vogais analisadas. A faixa dinâmica (dynamic range) da tela inferior foi alterado algumas vezes em nossa análise de 42 para 36 db, de modo a permitir maior "limpeza" da imagem da tela, por vezes necessária em função da qualidade nem sempre boa da gravação.

Quando possível, buscamos isolar nas vogais nasais as vogais propriamente ditas das ressonâncias puramente nasais que lhe seguiam, às quais denominamos "murmúrios nasais" (mur). A existência destes murmúrios foi constatada na etapa anterior deste trabalho, e a generalização desta constatação constituía um objetivo bastante desejável.

5) Experimento 3

Observações Gerais Sobre o Trabalho

O terceiro experimento foi realizado com vistas a estender a análise previamente efetuada das consoantes nasais para um leque maior de falantes, enriquecendo-a e, quando necessário, reformulando-a através dos novos resultados obtidos.

A exemplo dos demais experimentos, a faixa de frequência utilizada aqui foi de 8 KHz e o filtro de nossa preferência foi o de 300 Hz. Para obter um maior detalhamento da frequência dos formantes, utilizamos esporadicamente filtros de 234 Hz, 150 Hz e, em caso de dúvidas extremas, 50 Hz.

Os parâmetros utilizados para as medições foram: a) frequência dos formantes nasais (F_n); b) intensidade de F_n ; e c) duração da consoante nasal. Quanto ao parâmetro c), ressaltamos que não consideramos as transições como parte das consoantes; portanto, as medidas de duração não incluem tais transições.

Ressalvamos porém que a grande duração das transições da vogal da sílaba precedente para a consoante em questão, e desta para a vogal que a segue dificultaram consideravelmente a precisão das medidas de duração de [n] intervocálico.

Nossos informantes foram escolhidos aleatoriamente, sem preocupações quanto a qualidades de voz. Com efeito, estas se mostraram muito distintas entre si. Ao lado deste fator, convém salientar que a qualidade das gravações mostrou-se diferente para cada falante, devido a problemas inerentes à

aparelhagem. Faremos portanto um breve parêntese para comentar estas duas variáveis extras em nosso trabalho.

I1 caracteriza-se por possuir uma voz consideravelmente glotalizada, o que, segundo acreditamos, constitui a causa provável para a interrupção dos formantes das consoantes nasais que verificou-se de uma maneira geral em suas emissões, dificultando uma medição acurada do parâmetro duração de C. A qualidade da gravação de I1 pode ser considerada muito boa.

I2 apresenta aparentemente pouca energia nos formantes mais altos, mas tal fato pode dever-se à comparativamente baixa qualidade da gravação (ruído de fundo). O efeito do ruído em nossa análise foi minimizado através de uma alteração na faixa dinâmica (dynamic range) do display, que passou de 42 para 36 dB.

I3 apresenta uma voz riquíssima em harmônicos, apresentando grande energia até mesmo em uma faixa superior a 8 Khz. Possui uma qualidade de voz ligeiramente murmurada, e bastante potente. A qualidade da gravação de I3 é excelente. Convém mencionar que I3 já cantou semi-profissionalmente como baixo em montagens da ópera "A Flauta Mágica", de Mozart.

6) Experimento 4

Descrição e Metodologia

Para este experimento, utilizamos quatro falantes do português do Brasil, pertencentes a diferentes regiões brasileiras. Assim, nosso falante número um, aqui denominado Z, nasceu em Recife, tendo mudado para o Estado de São Paulo já adulto. O falante número dois (E) é natural do estado de São Paulo, onde habita até hoje. O falante número três (L) é natural de Goiânia, tendo vivido longo tempo em Brasília; atualmente, reside em Campinas (SP). Nosso quarto falante (W) é paranaense.

O corpus para este experimento é semelhante ao corpus para o experimento 3, com a diferença de que trabalhamos aqui com logatomas, e não com palavras do Português. Assim, foi pedido aos informantes que falassem a frase "Digo _____ pra ele", em que o espaço em branco acima seria completado pelos seguintes logatomas: [pa], [pɛ], [pe], [pi], [pɔ], [po], [pu]; [pɜ̃], [pẽ], [pĩ], [põ], [pũ], apresentados aos informantes em fichas que deveriam ser lidas na ordem aqui

especificada. Cada falante produziria três diferentes emissões destes conjuntos, de modo que, para cada informante, teríamos três sets dos logatomas a serem analisados. Foi solicitado que os informantes mantivessem a entonação o mais neutra possível, bem como que evitassem variar a velocidade da fala. Apesar destes cuidados, como veremos, alguns informantes apresentaram variações sensíveis na velocidade de fala detectadas pelo aparelho, embora auditivamente a diferença não fosse tão perceptível.

Embora alguns dos monossílabos citados constituam palavras do português ([pɔ]; [pɛ]; [pa]), não detectamos quaisquer reações de estranhamento por parte dos informantes, quer em relação a estes monossílabos, quer em relação aos demais logatomas.

Para este experimento, utilizamos dados gravados numa fita Fuji, tipo normal, de 60 minutos de duração. Todos os dados foram analisados no Kay Elemetrics Sona-Graph, no Laboratório de Fonética do IEL-UNICAMP. Utilizamos para tanto a mesma configuração (set-up) dos experimentos anteriores. Para a medição dos formantes vocálicos, utilizamos, ao lado da faixa de 8 Khz, também uma faixa de 4 Khz, visando esclarecer dúvidas quanto à frequência dos formantes vocálicos. Cabe explicitar que todos os dados foram analisados em ambas as faixas de frequência. Nosso objetivo com este procedimento foi obter maior precisão para as frequências dos primeiros formantes (F1 e F2), dado que, por uma limitação do espectrógrafo digital utilizado, na faixa de 8 Khz, os saltos do cursor com o qual efetuamos as medidas são da ordem de 40 Hz, o que poderia gerar distorções em nossas medidas, uma vez que tal valor constitui diferença considerável para os formantes mais baixos, especialmente para o primeiro formante da vogal. Na faixa de 4 Khz, os saltos do cursor são da ordem de 20 Hz, o que reduz pela metade nossa margem de erro.

Para a medição dos formantes vocálicos, abrimos uma janela de 25 ms no ponto em que os formantes encontravam-se mais livres de transições. Feito o janelamento, tiramos seu espectro com um filtro de 150 Hz e medimos os picos de ressonância ali encontrados, comparando-os sempre com o desenho no espectrograma da tela inferior. Em casos de dúvidas, utilizamos um filtro de 59 Hz. Para as consoantes nasais, a fim de obter um maior detalhamento da distribuição de energia no espectro, utilizamos esporadicamente um filtro de 234 Hz, 150 Hz e, em

caso de dúvidas extremas, 50 Hz. Os filtros de nossa preferência foram de 300 Hz e 150 Hz. As medidas de intensidade foram efetuadas tomando como referência a análise acústica obtida com o filtro de 150 Hz. Nos casos em que o output destes filtros apresentava qualquer problema para uma análise acurada das frequências dos formantes, utilizamos também os filtros de 117 Hz, 59 Hz e 29 Hz para uma leitura mais precisa.

Para as medidas de duração das vogais, tomamos como ponto inicial aquele em que constatamos, com o auxílio do playback entre os cursores e da forma de onda, a ausência de resquícios de coarticulação entre vogal e consoantes (primeiro pulso regular da vogal). Consideramos o lugar após o qual o sinal correspondente à vogal não era mais audível como o final da vogal (apresentando os formantes vocálicos intensidade próxima a zero), o que coincide, em nossos dados, com o último pulso regular da vogal. Para as medidas de duração, utilizamos preferencialmente a faixa de 8 KHz.

Os parâmetros utilizados na medição das vogais foram: a) frequência dos principais formantes vocálicos (F1, F2, F3 e F4), e, para as vogais nasais, também a frequência do primeiro formante nasal (Fn1), b) intensidade destes formantes, e c) duração: - da sílaba; - da vogal; - do murmúrio nasal (este último somente para vogais nasais).

A medição dos formantes das vogais nasais esbarrou porém em problemas relativamente imprevistos. A teoria acústica da nasalidade informa, com efeito, a existência de ressonâncias nasais extras no espectro destas vogais, além das alterações esperadas na frequência dos formantes vocálicos; no entanto, a localização e intensidade destas ressonâncias extras não são facilmente predizíveis a partir da teoria, o que tornou o problema da medição das vogais nasais um tanto complexo: era necessário em primeiro lugar discernir quais eram os formantes vocálicos e quais eram os formantes nasais dentro de um literal amontoado de ressonâncias.

Para efetuar esta distinção da maneira mais segura e precisa possível, realizamos primeiramente as medidas referentes às vogais orais para cada informante. A seguir, fizemos uma estimativa da faixa privilegiada de frequência dos formantes destas vogais para cada sujeito, utilizando-a como uma referência para a análise das vogais nasais. Passamos então a observar detalhadamente as características das vogais nasais de nossos informantes: anotamos as zonas de frequência mais usuais para o aparecimento dos formantes nasais nas emissões de cada um dos falantes, bem como o comportamento geral dos formantes vocálicos no

tempo/espectro da vogal. Ao mesmo tempo, efetuamos as medidas de duração referentes a estas vogais. A medição dos formantes das vogais nasais foi, assim, o último passo na análise de nossos dados. Esperamos com isto ter conseguido uma margem de erro mínima na identificação/medição dos formantes.

Com base nas medidas assim realizadas, construímos duas tabelas: uma tabela em que constam as medidas de intensidade, frequência e duração das vogais orais e nasais (àqui denominada tabela-matriz, como veremos a seguir) e uma tabela que procura dar conta do aspecto geral das vogais nasais e da movimentação geral dos respectivos formantes. Através desta última tabela, passamos a dispor de uma descrição qualitativa inicial consideravelmente acurada dos formantes das vogais nasais em questão.

Veremos em seguida os principais resultados de nossos experimentos iniciais. Dado o volume de informação que representam, os resultados relativos ao quarto experimento desta série serão comentados em um capítulo à parte.

¶

Capítulo 3 - Os Experimentos Iniciais: Resultados Gerais

1) Introdução

Os experimentos 1 e 2 foram realizados com vistas a fornecer uma primeira leitura acústica das vogais nasais para uma faixa limitada de informantes. Assim sendo, como vimos, apenas dois informantes foram estudados nestes experimentos iniciais com as vogais nasais. Apesar de limitados, estes estudos possibilitaram uma definição geral do nosso objeto, apresentando resultados bastante interessantes do ponto de vista acústico, e permitindo que algumas hipóteses iniciais acerca das vogais nasais fossem levantadas.

Faremos agora a apresentação das tabelas resultantes de nossos dois primeiros experimentos; as tabelas serão seguidas por alguns breves comentários acerca dos dados assim mostrados.

2) Apresentação das Tabelas Relativas aos Experimentos 1 e 2

As tabelas referentes aos dois primeiros experimentos realizados estão assim distribuídas:

A) Tabela I - Experimento 1.

Pares mínimos $v \times \tilde{v}$. Parâmetros especificados:

- a) Frequência e intensidade dos formantes (F1, F2, F3);
- b) Duração: - da palavra; - da consoante anterior à vogal + a vogal total (medida denominada aqui "sílabas" - sil.); - da vogal (incluindo aqui também o murmúrio); - do murmúrio nasal (mur).

B) Tabela II - Experimento 2.

- Tabela A - Pares Mínimos $v \times \tilde{v}$ em contextos idênticos. Frequência e intensidade dos formantes (F1, F2, F3 e F4); Duração: - da vogal; - da sílaba; - da palavra; - do murmúrio; - do tempo de oclusão.

- Tabela B - Vogais nasalizadas em frase veículo. Frequência e intensidade dos formantes (F1, F2, F3 e F4).

- Tabela C - Consoantes nasais em frase veículo. Frequência e intensidade dos formantes vocálicos (F1, F2, F3 e F4).

As tabelas de intensidade foram normalizadas segundo o procedimento explicado anteriormente (ver Metodologia Geral dos experimentos). Assim, os valores de F2, F3 e, quando analisado, F4 encontram-se sempre que possível convertidos em relação ao valor de F1.

Em nossas tabelas, os valores de intensidade que aparecem entre parênteses representam os valores absolutos (ou seja, relativos ao máximo do aparelho); os demais valores constantes destas tabelas encontram-se devidamente normalizados em função de F1. Esta notação será mantida para todas as tabelas que contenham dados de intensidade dos formantes, independentemente do experimento a que estes dados se referem.

Tabela I Experimento 1 - Pares Mínimos v x v̄

Corpus	F1	F2	F3	In F1	In F2	In F3	Palavra	Sil,	Vogal	Mur
cata	700	1240	2160	(-26)	-8	-16	423,4	186	140,6	-
canta	?	1480	2280	(-28)	-14	-16	448,4	245,3	200	73,4
cadete	320	2200	2760	(-28)	-17	-11	548,4	248,4	131,2	-
cadente	400	2040	2480	(-27)	-13	-14	578	251,6	154,7	76,6
pita	280	2440	3320	(-23)	-27	-22	372	121	97	-
pinta	320	2440	3760	(-26)	-17	-22	400	215,6	184,4	90
lobo	340	800	2280	(-23)	-14	-36	429,7	250	136	-
lombo	400	1080	2360	(-27)	-17	-24	479,7	328	204,7	114
mudo	320	920	2400	(-23)	-31	-30	472	286	122	-
mundo	280	1040	2520	(-24)	-24	-28	454,7	353	225	-

Comentários Tabela I - Pares Mínimos v x ã (Experimento 1)

Através da tabela, verificamos que a nasalidade atua diferentemente sobre o F1 das vogais analisadas, abaixando-o no caso de [ũ] e elevando-o em [ĩ], [õ] e [ê]. O F1 da vogal [ẽ] apresentou-se como de difícil medição, em virtude de encontrarem-se ressonâncias de mesma intensidade (-28 db, em relação ao máximo da máquina) em toda a faixa de frequência entre 320 e 600 Hz. Atribuímos tal indefinição à influência de um possível formante nasal, que se encontraria muito próximo a F1, a ponto de dificultar sobremaneira a sua separação. Esta característica, como verificado anteriormente, é bastante comum para sons nasalizados. De qualquer modo o F1 de [ẽ], onde quer que se situe exatamente dentro desta faixa de frequência, ainda será mais baixo que o F1 de [a]. Cabe lembrar, porém, que não se trata neste caso de uma alteração meramente causada pelo acréscimo de nasalidade à vogal [a], mas também, como já mencionamos anteriormente, por uma mudança na própria qualidade da vogal que, com a nasalização, passa de [a] para [ã]. Os fatores em jogo nesta comparação particular são, portanto, de natureza bastante complexa, devendo ser tratados com o máximo de cuidados possível.

Também com F2 e F3 a nasalidade mostrou operar de maneira irregular, ora abaixando-os ([ê]), ora elevando-os ligeiramente ([õ], [ũ], [ĩ]).

Fry (1979) reporta a nasalidade como acarretando uma diminuição na intensidade dos formantes, especialmente os mais altos. Nossos dados demonstram que também esta diminuição ocorre de maneira bastante irregular. Em F2, esta perda de intensidade não se manifesta para [ĩ], [ê] e [ũ]; em F3, para [ĩ], [ẽ], [õ] e [ũ]. Nestes exemplos, a intensidade do formante da vogal nasal é maior ou igual à do formante correspondente da vogal oral (ver tabela).

Quanto à duração, podemos perceber que as vogais nasais são sempre mais longas que suas contrapartes orais, e que a "sílaba" em que as nasais se encontram são igualmente mais longas que a "sílaba" em que se localizam as vogais orais. Esta maior duração reflete-se também ao nível da palavra, à exceção de "mudo" x "mundo", em que a segunda sílaba foi drasticamente encurtada, o que fez com que a primeira palavra fosse 20 ms mais longa que a segunda.

Com um exame mais acurado do parâmetro duração, verificamos, graças ao método de janelamento, a existência de pelo menos dois momentos relativamente distintos nas vogais nasais analisadas: um primeiro momento em que a vogal se apresentaria como uma vogal oral e um segundo momento onde haveria

unicamente um murmúrio nasal, passível de ser isolado da vogal que o precede. Estes dois momentos não seriam de forma alguma descontínuos; ao contrário, a transição entre eles seria gradativa, e é possivelmente nessa transição que teríamos a vogal nasal "strictu sensu" (entendida como um segmento nasalizado que apresenta características vocálicas). Tal divisão baseia-se tanto em critérios acústicos (surgimento e predomínio de formantes nasais e anti-ressonâncias no espectro) como em critérios de natureza perceptual, pois foi ao efetuar janelas de tamanho variado e comparar o som nelas contido (ouvido com o auxílio da função C no Sona-Graph) que concluímos pela existência de sons passíveis de diferente identificação por um falante em momentos diferentes da vogal.

Todas as vogais nasais de nosso primeiro informante permitiram que se isolassem em seu interior murmúrios nasais, à exceção de [û], em que a nasalidade encontrava-se aparentemente mais imbricada à vogal. Em [ɜ̃] torna-se mais difícil supor uma vogal oral que se realizaria como tal antes do acréscimo da nasalidade, em virtude da qualidade da vogal estar intrinsecamente associada em português à nasalização. Cabe recordar que não existe [ɜ] em português do Brasil a não ser em ambiente nasal.

Em [õ] e [ê], durante a transição entre a vogal oral e o murmúrio, uma ligeira vogal intermediária fez-se presente, provocando uma ditongação quase imperceptível ao ouvir-se a palavra como um todo, mas consideravelmente nítida ao isolarmos a vogal nasal. Teríamos portanto [õ̃w] e [ễi] (o til indica aqui a nasalidade).

Com base nas medidas aqui apresentadas para a duração dos murmúrios nasais, ressaltaríamos uma tendência geral de estes ocuparem cerca da metade da duração total da vogal nasal, podendo caber-lhes a responsabilidade pela maior duração destas vogais quando comparadas às suas contrapartes orais.

Tabela II A Experimento 2 - Pares Mínimos v x ã em Contextos Idênticos

Corpus	F1	F2	F3	F4	In F1	In F2	In F3	In F4	Pal.	Síl.	Vogal	Mur.	T. Ocl.
cata	720	1320	2320	3720	(-29)	-2	-15	-55	273,4	118,7	71,8	-	85,9
canta	?	1360	2280	4040	?	(-38)	(-47)	(-54)	270,3	162,5	115,6	53	42
cadete	360	1880	2640	3920	(-23)	-18	-25	-23	421,9	121,9	96,8	-	34,4
cadente	320	2000	2600	3720	(-27)	-15	-14	-14	448,4	159,4	128	31,2	26,5
pita	320	2080	2760	3640	(-21)	-20	-19	-20	289	101,6	85,9	-	109,4
pinta	320	2480	350	4000	(-22)	-38	-28	-31	306	154,7	126,6	35,9	65,6
boba	400	760	2600	3440	(-17)	-12	-29	-27	260,9	146,6	103	-	79,7
bomba	320	760	2680	3440	(-22)	-8	-19	-23	260,9	195,3	176,6	51,5	18,7
tuba	320	760	2240	3560	(-22)	-15	-36	-32	320,3	132,8	115,6	-	70,3
tumba	280	600	2600	3640	(-23)	-22	-27	-34	287,5	190,6	150	40,6	45,3

Comentários Tabela II A - Vogais Orais x Vogais Nasais (Experimento 2)

Verificamos que, também para nosso segundo informante, a nasalidade influencia o F1 das vogais analisadas, mantendo-o no caso de [i] e abaixando-o em [õ], [û] e [ê]. O F1 da vogal [ẽ] apresentou-se novamente como de difícil medição; encontramos com efeito duas ressonâncias mais destacadas: uma na altura de 280 Hz (-27 dB, em relação à máquina) e outra em 680 Hz (-32 dB, idem). Segundo exames em secções anteriores, ambas as ressonâncias, em especial a primeira, devem-se provavelmente mais a formantes nasais do que a ressonâncias vocálicas. O verdadeiro formante estaria situado numa faixa de frequência mais próxima da segunda ressonância (680 Hz) que da primeira, dadas as características da vogal analisada.

Também com F2 e F3 a nasalidade mostrou operar de maneira irregular, ora abaixando-os, ora elevando-os. Note-se porém que o par [o]/[õ] apresentou um padrão F muito constante, chegando a apresentar a mesma medida para F2 e F4, ao passo que em nosso primeiro estudo a diferença na frequência dos formantes destas vogais foi mais marcante.

A vogal [i] apresentou aqui uma configuração espectrográfica extremamente complexa, estando F2 e F3 juntos o bastante para comprometer sua medição, o mesmo ocorrendo em relação a F4 e F5. Em nosso primeiro experimento, constatamos para [i] igualmente uma mescla destes formantes, o que parece indicar um possível padrão.

A tendência geral a certa diminuição da intensidade dos formantes das vogais nasais foi confirmada para certas vogais, tendo porém um número significativo de exceções, como o F2 de [ê] e de [õ], o F3 de [ê], [õ] e [û], e o F4 de [ê], [õ] e, provavelmente, de [ẽ]. Cabe ressaltar que em nossa tabela anterior esta perda de intensidade dos formantes também não foi constatada de maneira sistemática em [û], [õ] e [ê], o que pode indicar uma atuação diferenciada da nasalidade em relação às diversas vogais, quando do acoplamento das cavidades nasais à cavidade oral.

Apresentaram-se consideravelmente nítidos nos espectrogramas os seguintes formantes nasais (as medidas de intensidade a seguir estão expressas em relação à intensidade dos respectivos F1):

- para [i] na altura de 1120 Hz, intensidade -30 dB
- para [ê] na altura de 1320 Hz, intensidade -24 dB
- para [õ] na altura de 1360 Hz, intensidade -27 dB

- para [û] na altura de 1280 Hz, intensidade -30 dB

A vogal [ẽ] possuiria um F2 na altura deste Fn, aparentemente mesclando estas duas ressonâncias em um pico único.

Quanto à duração, confirmamos aqui a nossa hipótese de que as vogais nasais são sempre mais longas que suas contrapartes orais, e que a "sílabas" em que as nasais se encontram são igualmente mais longas que a "sílabas" em que se localizam as vogais orais. Esta maior duração reflete-se, de maneira mais tênue, também ao nível da palavra. Acreditamos que, pelo fato das palavras analisadas encontrarem-se inseridas em frases, e não isoladas como no primeiro experimento (tabela I), a duração das palavras foi colocada em função de parâmetros prosódicos como ritmo e entoação, desequilibrando assim a relação entre a duração de vogais orais e nasais verificada a nível da sílaba e da vogal.

Ao considerar o parâmetro tempo de oclusão, notamos que o tempo de oclusão da consoante é invariavelmente maior quando precedida por vogais orais que por vogais nasais. Isto implica em que a maior duração da vogal nasal pode estar "roubando" algum tempo da duração da oclusiva, o que traria, entre outras, implicações interessantes para estudos rítmicos.

Todas as vogais nasais permitiram que se isolassem em seu interior murmúrios nasais, inclusive [û], que havia sido uma exceção anteriormente.

A tendência geral de tais murmúrios ocuparem cerca da metade da duração total da vogal nasal não foi aqui confirmada, devido possivelmente a questões dialetais e/ou individuais. Ainda assim, pode caber a eles a responsabilidade tanto pela maior duração destas vogais quando comparadas às suas contrapartes orais como pela redução no tempo de oclusão da consoante que a segue.

Tabela II B Experimento 2 - Vogais Nasalizadas em Frase Veículo

Corpus	F1	F2	F3	F4	In F1	In F2	In F3	In F4
mata	800	1280	2360	3600	(-25)	+4	-11	-12
medo	400	1960	2560	3680	(-22)	-11	-12	-15
midas	320	2080	2760	3680	(-21)	-20	-25	-26
moço	480	840	2400	3440	(-21)	-15	-28	-27
mudo	320	800	2240	3440	(-19)	-9	-31	-32
nato	880	1320	2360	3680	(-26)	+2	-8	-9
nêgo	400	1880	2640	3680	(-19)	-10	-11	-18
nível	280	2040	2800	3680	(-22)	-16	-17	-16
novo	440	840	2400	3360	(-20)	-14	-29	-28
nuca	320	800	2280	3640	(-21)	-9	-33	-36

Comentários Tabela II B - Vogais Nasalizadas (Experimento 2)

Destaca-se nesta tabela o padrão absolutamente regular de F4 para todas as vogais nasalizadas (por vogal nasalizada entenda-se vogal após consoante nasal), apresentando variação da ordem de aproximadamente 300 Hz entre seus valores máximo e mínimo, e nada menos que 70% destes formantes na faixa entre 3600-3680 Hz. Isto aponta na direção de uma provável interferência de um formante nasal de intensidade regular que se somaria às ressonâncias naturais de um F4 oral, ou então na de uma substituição pura e simples do F4 da vogal por um Fn.

Ao compararmos o padrão das vogais nasalizadas constante da tabela II B ao padrão de vogais orais e nasais da tabela II A, notamos que as medidas dos formantes vocálicos das vogais nasalizadas encontram-se mais próximas das vogais orais que das nasais. Note-se a este respeito a identidade quase perfeita entre as frequências dos formantes de [i] e da vogal nasalizada correspondente constante desta tabela; a única medição diferenciada entre ambas é a de F4, e ainda assim com uma diferença da ordem de 40 HZ.

Ressaltemos também que nas vogais nasalizadas não apareceram Fns evidentes, ao contrário do que ocorreu com as vogais nasais, mas "manchas" maiores no espectrograma, que indicavam provavelmente uma superposição de energia do F e do Fn.

Notemos também o fato de que, para o [a] nasalizado por [m] ou [n] em nosso corpus, a intensidade do segundo formante foi maior que a do primeiro formante, o que parece indicar a presença de um formante nasal na região de F2 que se somaria ao F2 "original" da vogal.

Tabela II C Experimento 2 - Consoantes nasais em Frase Veículo

Corpus	Fn1	Fn2	Fn3	Fn4	In Fn1	In Fn2	In Fn3	In Fn4
mata	240	1200	2360	3560	(-24)	-27	-19	-33
medo	240	1360	2240	3600	(-23)	-30	-25	-34
midas	240	1200	2200	3480	(-21)	-33	-28	-37
moço	240	1200	2360	3640	(-23)	-32	-26	-41
mudo	240	1240	2200	3520	(-22)	-30	-27	-38
nato	240	1200	2520	-	(-22)	-34	-23	-
nêgo	240	1200	2520	-	(-23)	-33	-17	-
nível	240	1280	2560	-	(-22)	-32	-22	-
novo	240	1280	2520	-	(-23)	-30	-28	-
nuca	240	1200	2440	-	(-23)	-32	-21	-

Comentários Tabela II C - Consoantes Nasais (Experimento 2)

Em relação às consoantes nasais, o que primeiro nos salta à vista é a regularidade presente na distribuição de frequência dos formantes nasais. Fn1 é absolutamente constante em 240 Hz para todas as consoantes analisadas, enquanto Fn2 apresenta pequena variação nas medidas relativas a [m] e [n].

Vemos, porém, que as medidas de Fn3 para [m] são relativamente constantes, o mesmo ocorrendo para [n]; a mesma regularidade observada entre as classes de consoantes para Fn2 e especialmente para Fn1 não se repete, porém, para Fn3. O terceiro formante nasal pode vir assim a constituir um possível parâmetro para a diferenciação das consoantes nasais entre si, representando talvez um indício do ponto de articulação da nasal.

Quanto ao quarto formante nasal, verificamos que ele não ocorre nas emissões de [n], mas apresenta-se, com relativamente pouca intensidade, nas emissões de [m]. Levados pelos dados deste experimento poderíamos concluir que a presença de Fn4 constituiria um fator de diferenciação das consoantes entre si. Nosso terceiro experimento, entretanto, aponta numa direção diferente: não é a presença ou ausência de Fn4 um dos possíveis responsáveis pela distinção acústica entre as consoantes nasais, mas a sua intensidade relativa. Este tema será melhor abordado quando da discussão do nosso terceiro experimento. Lembremos, porém, que esta característica de Fn4 dificilmente seria relevante para a diferenciação perceptual destas consoantes, dada a baixa energia acústica normalmente presente na região do Fn4 para consoantes nasais em geral.

3) Características das Vogais Nasais: Observações Iniciais

A análise efetuada, levou-nos a formular as seguintes hipóteses em relação às vogais nasais:

1) As vogais nasais se realizariam em três momentos relativamente distintos, a saber: uma vogal oral, seguida depois por uma breve fase transicional em que a nasalidade se sobreporia à vogal, terminando por fim em um murmúrio nasal. Este murmúrio seria bastante coarticulado à vogal, não apresentando sinais aparentes de transições para um ponto de articulação consonantal.

2) As vogais nasais teriam maior duração que suas contrapartes orais em quaisquer ambientes, em virtude das características de sua realização.

3) A nasalidade atuaria de maneira complexa quanto à frequência (Hz) e intensidade dos formantes vocálicos, devido em grande parte a efeitos coarticulatórios, onde interagem vários fatores difíceis de separar.

Ao lado destas hipóteses, formulamos também mais algumas, cuja verificação depende sempre do andamento da pesquisa sobre as três hipóteses anteriores, que constituem nossa prioridade. Entre elas, destacaremos as seguintes:

- O tempo de oclusão de uma consoante que segue uma vogal nasal é sempre menor que o tempo correspondente da oclusiva que vem após uma vogal oral.

- A duração da fase de murmúrio de uma vogal nasal pode ser condicionada por fatores dialetais.

- Vogais nasalizadas apresentam maior semelhança para com vogais orais que para com vogais nasais. Disto decorre que a nasalidade das vogais nasais é mais pronunciada que a de vogais nasalizadas, e que estas últimas não apresentariam a divisão em fases característica, até o momento, das vogais nasais.

- As vogais nasais apresentariam ressonâncias nasais em faixas semelhantes de frequência às que apresentam as consoantes nasais.

Passaremos agora a tratar do terceiro experimento realizado, este abrangendo somente consoantes nasais. Tratamos unicamente da frequência e intensidade dos formantes, não nos preocupando aqui com a duração das consoantes nasais. Nosso objetivo para este experimento era verificar até onde o mapeamento das ressonâncias nasais destas consoantes poderia nos auxiliar nos

estudos das vogais nasais do PB. Os resultados foram bastante instigantes, como iremos constatar.

4) Apresentação e Discussão das Tabelas Relativas ao Experimento 3.

Por ter sido realizado com três falantes diferentes, o experimento três permitiu ao mesmo tempo que estendêssemos nossas hipóteses iniciais a respeito das consoantes nasais β^h que formulássemos novas hipóteses. Estender o nosso leque de falantes possibilitou também que não ficássemos sujeitos a ver nossas hipóteses descartadas como possíveis idiosincrasias de um único falante, fornecendo-nos maior base para generalizações.

As tabelas que apresentaremos a seguir foram elaboradas de modo a facilitar a comparação das medidas de frequência e intensidade dos formantes vocálicos entre nossos três informantes (I1, I2 e I3). Ressaltamos que as intensidades encontram-se já convertidas em termos da intensidade do primeiro formante (F1).

As tabelas relativas ao experimento 3 encontram-se assim distribuídas:

- Tabela A - Consoante [n] em frase veículo, início de palavra; três emissões, três falantes. Parâmetros analisados: Frequência e intensidade dos formantes.

- Tabela B - Consoante [m] em frase veículo, início de palavra; três emissões, três falantes. Parâmetros analisados: Frequência e intensidade dos formantes.

- Tabela C - Consoantes [ŋ] em frase veículo, meio de palavra; três emissões, três falantes. Parâmetros analisados: Frequência e intensidade dos formantes.

As seguintes notações foram utilizadas para descrever sumariamente o comportamento dos formantes nasais, quando tal se fez necessário:

As seguintes notações foram utilizadas para descrever sumariamente o comportamento dos formantes nasais, quando tal se fez necessário:

- ? - frequência do formante (Hz) muito difícil de precisar
- * - possível formante, baixíssima intensidade
- # - o formante assinalado uniu-se ao formante precedente
- + - o formante assinalado possui grande largura de banda
- - ausência do formante em questão
- ! - formante muito interrompido

Os comentários a respeito dos resultados experimentais assim obtidos foram incluídos após a exposição de todas as tabelas referentes ao experimento em questão.

Experimento 3 - Tabela I
Frase veículo - Início de palavra

CV	Padrão F	I1		I2		I3	
		Freq.	Int.	Freq.	Int.	Freq.	Int.
na	Fn1	200	(-28)	240	(-27)	240	(-26)
	Fn2	1240	-28	1360	-37	1120	-24
	Fn3	2840	-29	2340	-34	2440	-23
	Fn4	3800	-40	-	-	3400	-33
ne	Fn1	200	(-27)	200	(-27)	240	(-24)
	Fn2	?	?	1480*	-40	1280	-30
	Fn3	2720	-29	2320	-35	2400+	-24
	Fn4	3880	-42	-	-	3120#	-40
ne	Fn1	200	(-29)	200	(-27)	240	(-24)
	Fn2	-	-	1480	-39	1240	-37
	Fn3	2520	-38	2240	-34	2400+	-28
	Fn4	-	-	-	-	3720+	-39
ni	Fn1	200	(-26)	200	(-27)	240	(-23)
	Fn2	-	-	1480*	-40	-	-
	Fn3	2520	-38	2320	-35	2280	-31
	Fn4	-	-	3200	-42	3760	-41
no	Fn1	200	(-29)	200	(-31)	240	(-25)
	Fn2	1120	-28	1080*	-37	1040	-28
	Fn3	2840	-31	2360	-37	2560+	-23
	Fn4	#	-	3380	-42	3000?	-31
no	Fn1	200	(-29)	200	(-28)	240	(-26)
	Fn2	1120 *	-35	-	-	-	-
	Fn3	2720	-35	2200	-34	2560	-24
	Fn4	-	-	3200	-42	3840+	-33
nu	Fn1	200	(-29)	200	(-26)	240	(-23)
	Fn2	1120	-32	1040	-34	-	-
	Fn3	2760	-31	2220	-36	2440	-32
	Fn4	-	-	3320	-44	3000?	-39

Experimento 3 - Tabela II
Frase veículo - Início de palavra

CV	Padrão F	I1		I2		I3	
		Freq.	Int.	Freq.	Int.	Freq.	Int.
ma	Fn1	200	(-25)	200	(-35)	280	(-25)
	Fn2	960	-28	-	-	920	-27
	Fn3	2640+	-38	2360	-33	2360	-25
	Fn4	3720	-44	3280	-37	2960	-25
me	Fn1	200	(-27)	180	(-32)	240	(-24)
	Fn2	960+	-35	-	-	-	-
	Fn3	2300+	-42	2360	-35	2200	-27
	Fn4	-	-	3280#	-42	3040	-28
me	Fn1	200	(-25)	200	(-33)	240	(-24)
	Fn2	960	-37	-	-	-	-
	Fn3	2280	-41	2200	-39	2120	-23
	Fn4	-	-	-	-	2960	-30
mi	Fn1	200	(-22)	200	(-32)	240	(-22)
	Fn2	1000	-37	-	-	-	-
	Fn3	2240	-38	2160	-36	2080	-28
	Fn4	-	-	-	-	3000*	-44
mɔ	Fn1	200	(-25)	200	(-34)	240	(-24)
	Fn2	800	-29	-	-	-	-
	Fn3	2560	-38	2400	-30	2400	-25
	Fn4	-	-	3280*	-41	3000	-27
mo	Fn1	200	(-23)	200	(-33)	240	(-25)
	Fn2	960	-37	-	-	1280*	-34
	Fn3	2560	-43	2400	-34	2480	-23
	Fn4	3080#	-48	3280	-40	3120?	-31
mu	Fn1	200	(-25)	180	(-32)	240	(-23)
	Fn2	-	-	-	-	-	-
	Fn3	2560	-42	2360	-39	2440	-34
	Fn4	-	-	3240*	-43	#	-

Experimento 3 - Tabela III
Frase veículo - Meio de palavra

CV	Padrão F	I1		I2		I3	
		Freq.	Int.	Freq.	Int.	Freq.	Int.
ja	Fn1	200	(-34)	160	(-31)	240	(-22)
	Fn2	1060	-38	-	-	-	-
	Fn3	2220	-38	2040	-30	2160	-22
	Fn4	-	-	2640/ 3600	-30 -33	3200	-7
je	Fn1	180	(-32)	200	(-31)	280	(-20)
	Fn2	1040	-37	-	-	-	-
	Fn3	2260	-41	2280	-29	2160	-18
	Fn4	3400 *	-46	3400+	-29	3200	-6
ji	Fn1	180	(-33)	160	(-32)	240	(-18)
	Fn2	1040	-38	-	-	-	-
	Fn3	2360	-40	2320	-27	2240	-19
	Fn4	3380	-36	3240*	-39	3200	-8
jo	Fn1	180	(-33)	160	(-33)	240	(-24)
	Fn2	1060	-35	-	-	-	-
	Fn3	2180	-38	2160	-32	2200+	-13
	Fn4	-	-	3480!	-36	3200	-9
ju	Fn1	180	(-33)	160	(-33)	240	(-21)
	Fn2	1040	-36	-	-	-	-
	Fn3	2160	-38	2240	-30	2160	-28
	Fn4	3280 *!	-46	-	-	3160	-25

Observações sobre as Tabelas Apresentadas (Experimento 3 - Consoantes Nasais)

As consoantes nasais examinadas revelaram, para cada informante, o mesmo padrão básico previamente discutido na parte não-experimental deste trabalho, com um Fn1 de grande intensidade, seguido por ressonâncias de intensidades variáveis, mas bem mais fracas que o formante inicial.

Alguns dos formantes mais altos simplesmente não apareciam nas consoantes de nossos informantes, notadamente I1 e I2. Outros formantes apareciam

interrompidos ou com energia tão baixa e/ou dispersa que impossibilitavam uma medição acurada. Este foi o caso particularmente do Fn2, que apresentou-se como o formante mais "problemático" em nossos dados, dada sua baixíssima energia acústica. Acreditamos dever-se tal fato à interferência de um anti-formante de intensidade muito semelhante à do formante nasal, o que causaria o seu quase-cancelamento. Se tivermos em mente que, como salientam Kent e Read (1992) à pág. 135, os formantes nasais e os anti-formantes geralmente ocorrem aos pares, veremos que a hipótese acima levantada pode ser bastante pertinente.

Notamos que, de maneira geral, as consoantes nasais tendem a apresentar quatro formantes. Através do estudo das emissões de nossos sujeitos, pudemos perceber que nem todos estes formantes ocorrem nos enunciados, e que, dentre eles, somente dois formantes ocorreram em todos os enunciados: Fn1 e Fn3.

Os formantes nasais apresentaram, de uma maneira geral, muito mais irregularidades que os formantes vocálico-nasais das vogais nasais do PB anteriormente estudados. Acreditamos dever-se este efeito à ocorrência de anti-formantes, que alteram as características dos Fns junto aos quais aparecem (em nossos dados, especialmente Fn2 e Fn4). Notemos porém que a região da frequência do primeiro formante, descontadas as diferenças naturais devidas a F0s diversos, não se alterou muito de falante para falante. Com efeito, Fn1 ocorreu numa faixa entre 200 e 240 Hz para [n] (com uma média de 215 Hz), e entre 180 e 280 Hz para [m] (com uma média de 213 Hz); [ɲ] constitui um caso à parte, que será discutido adiante. Para os demais formantes nasais, porém, notamos já diferenças substanciais entre os falantes.

[n] e [m] apresentaram um predomínio de Fn1 e Fn3, e, embora Fn2 e Fn4 também aparecessem no espectro, seu comportamento era bastante irregular, manifestando-se mais ou menos fortes (e por vezes desaparecendo) conforme seu contexto de realização.

Em [m] e [n], Fn3 é, via de regra, mais saliente no espectro em relação a Fn2 e Fn4; note-se, porém, que para [m] I1, o Fn2 predomina sobre o Fn3 em termos de intensidade, destacando-se no envelope de formantes da vogal. Isto pode indicar que as anti-ressonâncias do trato nasal estariam exercendo um maior papel no "amortecimento" do segundo formante nasal para I2 e I3 que para I1, o que por sua vez implicaria em que diferentes dimensões das cavidades nasais podem possuir uma influência restrita sobre a frequência dos formantes nasais das consoantes, mas apresentam considerável influência sobre a intensidade destes formantes .

[ŋ] revelou-se como uma consoante bastante difícil de categorizar à primeira vista, pois sua realização diferiu sensivelmente conforme o informante. Com efeito, I3 tendia a realizar a consoante como uma vogal [i], fortemente nasalizada. I2, por sua vez, apresentou uma realização intermediária, estando o murmúrio nasal mesclado a uma emissão semi-vocálica semelhante a [i]. I1 apresentou o murmúrio característico das demais consoantes nasais, porém precedido e seguido por transições vocálicas cuja transcrição aproximada seria [i].

Observamos que I3 apresentou um Fn4 muito intenso em suas realizações de [ŋ], fugindo um pouco ao padrão verificado para nossos outros dois informantes, o que pode constituir um índice do caráter vocálico de sua realização de [ŋ], caráter este facilmente constatado auditivamente pelo método do janelamento (função C).

As consoantes nasais mostraram ser um tópico bem mais complexo do que se poderia a princípio supor. As ressonâncias nasais aparentemente não se comportam de forma tão facilmente predizível, variando consideravelmente conforme o informante (dimensões do trato nasal, características do acoplamento dos tratos vocal e nasal e, porventura, qualidade de voz) e a realização da consoante. Ressaltamos porém de forma bastante positiva a constância aparente de F1, que manteve-se sempre na faixa de frequência em torno de 200 Hz, e a possível interferência do anti-formante na faixa de 1000 a 1200 Hz, que se mostrou consistente para os três falantes aqui estudados, bem como o padrão de importância F1-F3.

Comparando as tabelas I e II aos dados da tabela III, verificamos que os formantes das consoantes nasais parecem estar relacionados mais diretamente aos formantes das vogais nasais que aos das vogais nasalizadas, à exceção do F4 destas últimas que, como vimos, sofre a influência de ressonâncias nasais situadas numa faixa muito próxima a Fn4. Ressaltamos aqui que esta interpretação é ainda bastante especulativa, aguardando confirmação em análises posteriores.

5) Conclusões Preliminares: Características das Consoantes Nasais

Gostaríamos de salientar que o estudo aqui efetuado das consoantes nasais constitui ainda uma abordagem preliminar do fenômeno, apresentando portanto certas limitações intrínsecas, entre as quais o reduzido número de dados e de parâmetros analisados. Pudemos, porém, através da análise da pequena quantidade de dados experimentais até aqui disponíveis, depreender algumas características bastante relevantes destes segmentos.

Conforme o que foi observado em nossos dados, podemos dizer que as consoantes nasais do PB aqui examinadas apresentam como características principais:

A) Marcada proeminência espectral de F_{n1} e, com menor intensidade, de F_{n3} .

B) Dispersão de energia nos formantes acima de 1000 Hz, provavelmente devido aos efeitos das anti-ressonâncias introduzidas pelo acoplamento do trato nasal.

C) Tendência ao cancelamento do segundo formante nasal (F_{n2}).

D) Grande variação na realização da nasal palatal [ɲ], com certa tendência à realização de uma vogal anterior [i] fortemente nasalizada; isto implica em que o grau de obstrução do trato oral na produção destes sons é extremamente variável, situando-os, dentro do contínuo acústico/perceptual, entre [ɲ] e [ĩ].

Passaremos agora a analisar os resultados relativos ao experimento 4, que aborda em maiores detalhes o comportamento das vogais nasais do PB, tema central deste trabalho. A função dos experimentos anteriores consistiu, enquanto estudos-pilotos, em preparar o terreno para experimentos mais complexos e controlados, fornecendo hipóteses, mapeando dificuldades e sugerindo os rumos para pesquisas ulteriores. O quarto experimento de nossa série constitui um primeiro passo nessa direção.

Capítulo IV - Experimento 4: Resultados Gerais

1) Introdução

O quarto experimento constituiu o passo mais controlado e, ao mesmo tempo, o mais complexo de nossa série de experimentos.

Nosso objetivo nos estudos-piloto apresentados era principalmente apreender as características gerais dos segmentos analisados, na medida do possível independentemente do locutor. Para estes comentários iniciais não necessitávamos de muitos falantes ou de um rigoroso controle experimental: bastava-nos formular algumas questões e hipóteses mais genéricas a respeito de nosso tema, sem que a natureza semi-especulativa destas implicasse em certo desconforto. Uma vez levantadas certas tendências, porém, tornou-se necessário buscar evidências que pudessem fundamentar nossas hipóteses iniciais, e o rigor experimental e a precisão das medidas obtidas passaram a ser fundamentais para a continuidade do trabalho. Cabe notar igualmente que restavam ainda certos problemas descritivos a resolver satisfatoriamente, como a localização e atuação dos formantes nasais dentro do padrão das vogais nasais, quando em comparação a um padrão semelhante para vogais orais do PB.

Com a finalidade de avançar neste sentido, analisamos as vogais nasais e orais do PB em logatomas de estrutura CV # para quatro informantes do português, selecionados aleatoriamente. Optamos por logatomas porque o seu uso permitiria um controle bastante acurado do contexto de enunciação.

Para as tabelas relativas ao Experimento 4, a serem apresentadas no decorrer de nossa discussão, procuramos empregar alguns procedimentos visando uma boa disposição dos resultados, tanto metodológica quanto gráfica. A primeira tabela a ser elaborada foi chamada aqui de tabela matriz, uma vez que todas as demais tabelas derivam desta. Esta tabela (ou, mais precisamente, este grupo de tabelas) contém todos os dados obtidos e todos os parâmetros analisados especificados por informante, compondo-se assim, na verdade, de oito tabelas: quatro tabelas para as vogais orais, quatro tabelas para as vogais nasais (sendo duas tabelas para cada informante). A tabela matriz não será apresentada no corpo do trabalho, mas encontra-se aqui incluída em anexo (Anexo I). As medidas de intensidade constantes desta tabela matriz não se encontram convertidas em termos de F1, mas constituem as medidas originais fornecidas pela máquina em relação ao máximo em dB que o espectrógrafo pode analisar.

Nesta tabela, as medidas para os formantes vocálicos incluem também algumas observações esporádicas quanto ao comportamento dos mesmos, expressas por meio de ícones. Isto aconteceu por exemplo com o F1 de [põ] E1; neste caso constam da tabela duas medidas para o formante, (460 e 640 Hz), estando a primeira delas (460 Hz) assinalada com um ↑. Isto significa que este formante em particular localizava-se, inicialmente, na região de 460 Hz, "subindo" depois para 640 Hz; porém, a medida que nos interessa aqui é a medida não assinalada, que corresponde à porção média da vogal nasal em questão (que na nossa divisão em diferentes fases corresponderia à fase dois, a da vogal nasal stricto sensu); a medida do formante no início da vogal é dada unicamente como referência, e não consta das tabelas de formantes derivadas da tabela matriz.

As tabelas "derivadas" foram organizadas, em geral, de maneira um pouco diferente. Assim, quando de nossa tabela matriz (Anexo 1) constavam dois valores para um dado formante vocálico, optamos por inserir cada um destes valores em uma tabela diferente. Teríamos assim duas tabelas: a primeira delas mostraria os valores mais baixos para os formantes em questão, ao passo que a segunda mostraria os valores mais altos correspondentes. Desta forma, para uma dupla leitura de F3, por exemplo [pa] W2 = 2160/2600 Hz, a tabela 1 conteria o valor 2160, e a tabela 2, o valor 2600.

Quando os valores encontrados levantavam dúvidas quanto à sua representatividade, optamos ainda assim por incluí-los em nossos cálculos. Isto foi feito, por exemplo, no caso do F4 de [pɛ] L4, marcado na tabela matriz como (3520?); embora o formante em questão possa ser de baixa intensidade ou estar situado numa região pouco habitual para este formante em relação às demais emissões do falante, não podemos provar que esta ressonância não se trata efetivamente de um formante. Assim, quando casos como este ocorreram, incluímos o valor na tabela, precedido ou seguido por uma interrogação para marcar seu caráter "duvidoso" (salvo em certas tabelas, a serem especificadas oportunamente), e o incluímos em nossos cálculos.

Houve casos, como o F3/F4 de [i] W1, em que dois formantes se fundiram, proporcionando uma única leitura (no caso citado, 3500 Hz). Quando isto ocorreu, incluímos o valor em questão nos cálculos para ambos os formantes que se juntaram, dada a impossibilidade de determinar com certeza a qual dos formantes pertenceria tal leitura.

Como mencionamos, os valores relativos à intensidade encontram-se representados, na tabela matriz, nos termos da leitura dada pelo espectrógrafo, sem o

procedimento de normalização descrito anteriormente, e utilizado nos demais experimentos em que trabalhamos com medidas em dB. Para as demais tabelas constantes deste trabalho, as medidas "brutas" de intensidade foram normalizadas com relação à intensidade de F1, seguindo o mesmo procedimento dos experimentos anteriores.

No caso da duração, apenas uma vogal apresentou um valor duplo, devido a um murmúrio de intensidade considerável encontrado no final da emissão, e ao [p] da sílaba em questão, que mostrou-se bastante sussurrado; efetuamos então duas medidas desta emissão incluindo ou não o murmúrio final e o sussurro inicial dentro do parâmetro "duração total da sílaba", fazendo com que ambas constassem de nossa tabela.

Findos estes esclarecimentos preliminares acerca dos resultados de nosso quarto experimento e das tabelas que os resumem, cabe-nos agora analisar estes resultados e as tabelas em questão.

2) Tabelas de Formantes: Apresentação e Discussão

Analisaremos primeiramente as tabelas relativas à frequência dos formantes vocálicos, que dividem-se em dois grupos. Os dados destes dois grupos de tabelas consistem na frequência dos formantes, expressas em Hz.

a) Grupo I - Tabelas de Formantes (F1, F2, F3, F4 e, para \tilde{v} , Fn1) x Informante.

Compõe-se de nove tabelas: quatro tabelas com vogais orais, cinco tabelas com vogais nasais.

b) Grupo II - Tabelas Comparativas v x \tilde{v} (padrão F + médias dos formantes)

Compõe-se de 14 tabelas distribuídas aos pares (sete pares de tabelas, um par de tabelas a cada comparação v x \tilde{v})

Parâmetros especificados: Vogal (emissão/informante) x F1, F2, F3 e F4

As tabelas do grupo I incluem as duas leituras dos formantes, nos casos em que um "formante duplo" ocorreu. Para as tabelas do grupo II, obedecemos ao procedimento, explicado acima, de separar estes valores em tabelas diferentes.

Uma vez concluídas estas observações iniciais acerca dos formantes vocálicos, examinaremos em seguida os dados referentes ao parâmetro intensidade.

Tabela de Formantes I A - F1 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais orais

Inform.	[a]	[ɛ]	[e]	[i]	[ɔ]	[o]	[u]
Z 1	740	560	440	320	580	440	320
Z 2	740	580	420	320	600	440	320
Z 3	720	580	440	320	600	460	320
W 1	820	480	300	260	560	360	250
W 2	800	540	260 420	260	580	400	240
W 3	800	540	280	260	560	360	280
E 1	700 840	540	340	320	580	420	300
E 2	780	600	300	320	600	280 480	300
E 3	720 880	580	300	320	600	320	320
L 1	660	520	380	280	540	400	300
L 2	660	560	360	260	480 600	420	340
L 3	720	520	400	260	520	420	300

Tabela de Formantes II A - F2 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais orais

Inform.	[a]	[ɛ]	[e]	[i]	[ɔ]	[o]	[u]
Z 1	1200	1720	1920	2040	860	760	760
Z 2	1180	1720	1940	2040	900	760	680
Z 3	1180	1740	1900	2080	880	760	650
W 1	1380	1960	2120	2280	900	700	620
W 2	1380	1900	2200	2220	820	760	600
W 3	1420	1960	2200	2260	880	720	640
E 1	1260	1920	2060	2140	900	740	590
E 2	1320	1900	2140	2160 2280	900	760	580
E 3	1440	1940	2240	2260	920	760	600
L 1	1140	1720	1820	1980	840	760	620
L 2	1180	1700	1880	1880	840	740	720
L 3	1180	1740	1860	2000	800	720	620

Tabela de Formantes III A - F3 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais orais

Inform.	[a]	[ɛ]	[e]	[i]	[ɔ]	[o]	[u]
Z 1	2360	2280	2320	2760	2480	2440	2280
Z 2	2360	2300	2440	2980	2520	2540	2240
Z 3	2360	2300	2380	2880	2460	2560	2260
W 1	2140 2620	2580	2760	3180	2460	2660	ϕ
W 2	2160 2600	2540	2760	3120	2460	2580	ϕ
W 3	2180 2580	2580	2820	3200	2420	2680	ϕ
E 1	2520	2600	2650	3380	2340	2600	ϕ
E 2	2560	2640	2760	3200	2340	2580	ϕ
E 3	2600	2640	2820	3230	2260	2620	2620
L 1	2460	2340	2580	2920	2440	2480	2420
L 2	2460	2400	2680	2960	2520	2480	2400
L 3	2380	2360	2600	3040	2480	2460	ϕ

Tabela de Formantes IV A - F4 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais orais

Inform.	[a]	[ɛ]	[e]	[i]	[ɔ]	[o]	[u]
Z 1	3520	3480	3660	3520	3420	3640 3160	3500
Z 2	3440	3620	3620	3600	3400	3200	3160
Z 3	3660	3640	3680	3560	3480	3300 3640	3220
W 1	3580	3660	3580	3620	3360	3300	3400
W 2	3800	3660	3600	3660	3360	3220	3280
W 3	3520	3660	3560	3620	3340	3160	3260 3600
E 1	3500	3880	3880	3700	3520	3560	3660
E 2	3760	3800	3880	3800	3420	3480	3640
E 3	3920	3840 3980	3900	3760	3420	3720	3680
L 1	3880	3480 3960	3360	3520	3680	3660	3180
L 2	2960 3440	3520?	3540	3540	3120 3240	?	3000
L 3	3460	3560	3520 3720	3540	3520	3100 3520	3370

Tabela de Formantes I B - F1 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais nasais

Inform.	[ɜ̃]	[ẽ]	[ĩ]	[õ]	[ũ]
Z 1	640	480	320	460	300
Z 2	620	440	320	480	340
Z 3	640	480	320	460	320
W 1	700	580	240	600	260
W 2	600	560	260	500	240
W 3	680	600	250	?620	240
E 1	640	320	320	640	320
E 2	680	330	300	620	320
E 3	640	520	300	640	320
L 1	640	480	240	500	240
L 2	560	520	240	520	?420
L 3	520	480	240	480	?400

Tabela de Formantes II B - F2 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais nasais

Inform.	[ɜ̃]	[ẽ]	[ĩ]	[õ]	[ũ]
Z 1	1220	2000	2080	640	480
Z 2	1220	1960	2100	680	520
Z 3	1240	2000	2220	760	520
W 1	1280	2060	2400	730	520
W 2	1320	2220	2420	640	500
W 3	1300	2100	2440	?620	500
E 1	1420	2220	2420	640	500
E 2	1500	2280	2380	620	500
E 3	1480	2260	2400	640	500
L 1	1240	1880	2000	760	520
L 2	1200	1920	2040	760	620
L 3	1160	1840	2080	720	560

Tabela de Formantes III B - F3 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais nasais

Inform.	[ẽ]	[ē]	[i]	[õ]	[ũ]
Z 1	2340	2460	3260	2340	2320
Z 2	2400	2500	2540 3200	2520	2480
Z 3	2500	2460	2700 3280	2460	2420
W 1	2180	2660	? -	? 2240	2280 2900
W 2	2320 2860	2800	3480? 2420?	? 3280	2960
W 3	2200 2980	2720	? 3500	2160 3020	2320 3040
E 1	?	2700	3220	2400 2840	2760
E 2	3000	2740	3720	2880	2720
E 3	2960	2700	3800	2900	2680
L 1	2400	2640	3160	2320	2480
L 2	2160	2520	3120	2960	2600
L 3	2240	2680	3080	? - 3320	2720

Tabela de Formantes IV B - F4 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais nasais

Inform.	[ẽ]	[ẽ]	[i]	[õ]	[ũ]
Z 1	3620	3680	3600	3420	3480
Z 2	3460	3540	3560	3400	3320
Z 3	3540	3440	3600	3360	3540
W 1	3560	3620	? 3500	3300	3720
W 2	3540	3500	3480	? 3280?	3620
W 3	3580	3580	? 3640	3520	? 3480
E 1	3780	3920	3880	3400	3620
E 2	3840	3880	3960	3800 3340	3480
E 3	3800 3960	3920	3800	3360	3500
L 1	3640	3520	3520	3480	3480
L 2	3400	3560	3480	3480	3440
L 3	3520	3480	3500	? 3320	3400

Tabela de Formantes V B - Fn1 x Vogal x Informante x Emissão: Vogais Nasais

Inform.	[ẽ]	[ẽ]	[i]	[õ]	[ũ]
Z 1	320	300	320	300	300
Z 2	340	300	320	280	340
Z 3	320	300	320	320	320
W 1	240	240	240	240	260
W 2	240	240	260	240	240
W 3	240	240	250	240	240
E 1	320	320	320	320	320
E 2	320	330	300	300	320
E 3	320	320	300	300	320
L 1	240	240	240	240	240
L 2	240	240	240	240	240
L 3	240	240	240	240	240

Tabela Comparativa I: [a] x [ã] (padrão de formantes 1)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[a] Z1	740	1200	2360	3520
[a] Z2	740	1180	2360	3440
[a] Z3	720	1180	2360	3660
[a] E1	700	1260	2520	3500
[a] E2	780	1320	2560	3760
[a] E3	720	1440	2600	3920
[a] W1	820	1380	2140	3580
[a] W2	800	1380	2160	3800
[a] W3	800	1420	2180	3520
[a] L1	660	1140	2460	3880
[a] L2	660	1180	2460	2960
[a] L3	720	1180	2380	3460
Média	738,33	1271,67	2378,33	3583,33
[ã] Z1	640	1220	2340	3620
[ã] Z2	620	1220	2400	3460
[ã] Z3	640	1240	2500	3540
[ã] E1	640	1420	?	3780
[ã] E2	680	1500	3000	3840
[ã] E3	640	1480	2960	3800
[ã] W1	700	1280	2180	3560
[ã] W2	600	1320	2320	3540
[ã] W3	680	1300	2200	3580
[ã] L1	640	1240	2400	3640
[ã] L2	560	1200	2160	3400
[ã] L3	520	1160	2240	3520
Média	630	1298,33	2427,27	3606,67

Tabela Comparativa I: [a] x [ɜ] (padrão de formantes 2)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[a] Z1	740	1200	2360	3520
[a] Z2	740	1180	2360	3440
[a] Z3	720	1180	2360	3660
[a] E1	840	1260	2520	3500
[a] E2	780	1320	2560	3760
[a] E3	880	1440	2600	3920
[a] W1	820	1380	2620	3580
[a] W2	800	1380	2600	3800
[a] W3	800	1420	2580	3520
[a] L1	660	1140	2460	3880
[a] L2	660	1180	2460	3440
[a] L3	720	1180	2380	3460
Média	763,33	1271,67	2488,33	3623,33
[ɜ] Z1	640	1220	2340	3620
[ɜ] Z2	620	1220	2400	3460
[ɜ] Z3	640	1240	2500	3540
[ɜ] E1	640	1420	?	3780
[ɜ] E2	680	1500	3000	3840
[ɜ] E3	640	1480	2960	3960
[ɜ] W1	700	1280	2180	3560
[ɜ] W2	600	1320	2860	3540
[ɜ] W3	680	1300	2980	3580
[ɜ] L1	640	1240	2400	3640
[ɜ] L2	560	1200	2160	3400
[ɜ] L3	520	1160	2240	3520
Média	630	1298,33	2547,27	3620

Tabela Comparativa II A: [ɛ] x [ẽ] (padrão de formantes 1)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[ɛ] Z1	560	1720	2280	3480
[ɛ] Z2	580	1720	2300	3620
[ɛ] Z3	580	1740	2300	3640
[ɛ] E1	540	1920	2600	3880
[ɛ] E2	600	1900	2640	3800
[ɛ] E3	580	1940	2640	3840
[ɛ] W1	480	1960	2580	3660
[ɛ] W2	540	1900	2540	3660
[ɛ] W3	540	1960	2580	3660
[ɛ] L1	520	1720	2340	3480
[ɛ] L2	560	1700	2400	3520
[ɛ] L3	520	1740	2360	3560
Média	550	1826,67	2463,33	3650
[ẽ] Z1	480	2000	2460	3680
[ẽ] Z2	440	1960	2500	3540
[ẽ] Z3	480	2000	2460	3440
[ẽ] E1	320	2220	2700	3920
[ẽ] E2	330	2280	2740	3880
[ẽ] E3	520	2260	2700	3920
[ẽ] W1	580	2060	2660	3620
[ẽ] W2	560	2220	2800	3500
[ẽ] W3	600	2100	2720	3580
[ẽ] L1	480	1880	2640	3520
[ẽ] L2	520	1920	2520	3560
[ẽ] L3	480	1840	2680	3480
Média	482,5	2061,67	2631,67	3636,67

Tabela Comparativa II B: [ɛ] x [ẽ] (padrão de formantes 2)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[ɛ] Z1	560	1720	2280	3480
[ɛ] Z2	580	1720	2300	3620
[ɛ] Z3	580	1740	2300	3640
[ɛ] E1	540	1920	2600	3880
[ɛ] E2	600	1900	2640	3800
[ɛ] E3	580	1940	2640	3980
[ɛ] W1	480	1960	2580	3660
[ɛ] W2	540	1900	2540	3660
[ɛ] W3	540	1960	2580	3660
[ɛ] L1	520	1720	2340	3960
[ɛ] L2	560	1700	2400	3520
[ɛ] L3	520	1740	2360	3560
Média	550	1826,67	2463,33	3701,67
[ẽ] Z1	480	2000	2460	3680
[ẽ] Z2	440	1960	2500	3540
[ẽ] Z3	480	2000	2460	3440
[ẽ] E1	320	2220	2700	3920
[ẽ] E2	330	2280	2740	3880
[ẽ] E3	520	2260	2700	3920
[ẽ] W1	580	2060	2660	3620
[ẽ] W2	560	2220	2800	3500
[ẽ] W3	600	2100	2720	3580
[ẽ] L1	480	1880	2640	3520
[ẽ] L2	520	1920	2520	3560
[ẽ] L3	480	1840	2680	3480
Média	482,5	2061,67	2631,67	3636,67

Tabela Comparativa III A: [e] x [ẽ] (padrão de formantes 1)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[e] Z1	440	1920	2320	3660
[e] Z2	420	1940	2440	3620
[e] Z3	440	1900	2380	3680
[e] E1	340	2060	2650	3880
[e] E2	300	2140	2760	3880
[e] E3	300	2240	2820	3900
[e] W1	300	2120	2760	3580
[e] W2	260	2200	2760	3600
[e] W3	280	2200	2820	3560
[e] L1	380	1820	2580	3360
[e] L2	360	1880	2680	3540
[e] L3	400	1860	2600	3520
Média	351,67	2023,33	2630,83	3648,33
[ẽ] Z1	480	2000	2460	3680
[ẽ] Z2	440	1960	2500	3540
[ẽ] Z3	480	2000	2460	3440
[ẽ] E1	320	2220	2700	3920
[ẽ] E2	330	2280	2740	3880
[ẽ] E3	520	2260	2700	3920
[ẽ] W1	580	2060	2660	3620
[ẽ] W2	560	2220	2800	3500
[ẽ] W3	600	2100	2720	3580
[ẽ] L1	480	1880	2640	3520
[ẽ] L2	520	1920	2520	3560
[ẽ] L3	480	1840	2680	3480
Média	482,5	2061,67	2631,67	3636,67

Tabela Comparativa III B: [e] x [ẽ] (padrão de formantes 2)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[e] Z1	440	1920	2320	3660
[e] Z2	420	1940	2440	3620
[e] Z3	440	1900	2380	3680
[e] E1	340	2060	2650	3880
[e] E2	300	2140	2760	3880
[e] E3	300	2240	2820	3900
[e] W1	300	2120	2760	3580
[e] W2	420	2200	2760	3600
[e] W3	280	2200	2820	3560
[e] L1	380	1820	2580	3360
[e] L2	360	1880	2680	3540
[e] L3	400	1860	2600	3720
Média	365	2023,33	2630,83	3665
[ẽ] Z1	480	2000	2460	3680
[ẽ] Z2	440	1960	2500	3540
[ẽ] Z3	480	2000	2460	3440
[ẽ] E1	320	2220	2700	3920
[ẽ] E2	330	2280	2740	3880
[ẽ] E3	520	2260	2700	3920
[ẽ] W1	580	2060	2660	3620
[ẽ] W2	560	2220	2800	3500
[ẽ] W3	600	2100	2720	3580
[ẽ] L1	480	1880	2640	3520
[ẽ] L2	520	1920	2520	3560
[ẽ] L3	480	1840	2680	3480
Média	482,5	2061,67	2631,67	3636,67

Tabela Comparativa IV A: [i] x [i] (padrão de formantes 1)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[i] Z1	320	2040	2760	3520
[i] Z2	320	2040	2980	3600
[i] Z3	320	2080	2880	3560
[i] E1	320	2140	3380	3700
[i] E2	320	2160	3200	3800
[i] E3	320	2260	3230	3760
[i] W1	260	2280	3180	3620
[i] W2	260	2220	3120	3660
[i] W3	260	2260	3200	3620
[i] L1	280	1980	2920	3520
[i] L2	260	1880	2960	3540
[i] L3	260	2000	3040	3540
Média	291,67	2111,67	3070,83	3620
[i] Z1	320	2080	3260	3600
[i] Z2	320	2100	2540	3560
[i] Z3	320	2220	2700	3600
[i] E1	320	2420	3220	3880
[i] E2	300	2380	3720	3960
[i] E3	300	2400	3800	3800
[i] W1	240	2400	3500	3500
[i] W2	260	2420	2420	3480
[i] W3	250	2440	3500	3640
[i] L1	240	2000	3160	3520
[i] L2	240	2040	3120	3480
[i] L3	240	2080	3080	3500
Média	279,17	2248,33	3168,33	3626,67

Tabela Comparativa IV B: [i] x [i] (padrão de formantes 2)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[i] Z1	320	2040	2760	3520
[i] Z2	320	2040	2980	3600
[i] Z3	320	2080	2880	3560
[i] E1	320	2140	3380	3700
[i] E2	320	2280	3200	3800
[i] E3	320	2260	3230	3760
[i] W1	260	2280	3180	3620
[i] W2	260	2220	3120	3660
[i] W3	260	2260	3200	3620
[i] L1	280	1980	2920	3520
[i] L2	260	1880	2960	3540
[i] L3	260	2000	3040	3540
Média	291,67	2121,67	3070,83	3620
[i] Z1	320	2080	3260	3600
[i] Z2	320	2100	3200	3560
[i] Z3	320	2220	3280	3600
[i] E1	320	2420	3220	3880
[i] E2	300	2380	3720	3960
[i] E3	300	2400	3800	3800
[i] W1	240	2400	3500	3500
[i] W2	260	2420	2420	3480
[i] W3	250	2440	3500	3640
[i] L1	240	2000	3160	3520
[i] L2	240	2040	3120	3480
[i] L3	240	2080	3080	3500
Média	279,17	2248,33	3271,67	3626,67

Tabela Comparativa I: [ɔ] x [õ] (padrão de formantes 1)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[ɔ] Z1	580	860	2480	3420
[ɔ] Z2	600	900	2520	3400
[ɔ] Z3	600	880	2460	3480
[ɔ] E1	580	900	2340	3520
[ɔ] E2	600	900	2340	3420
[ɔ] E3	600	920	2260	3420
[ɔ] W1	560	900	2460	3360
[ɔ] W2	580	820	2460	3360
[ɔ] W3	560	880	2420	3340
[ɔ] L1	540	840	2440	3680
[ɔ] L2	600	840	2520	3240
[ɔ] L3	520	800	2480	3520
Média	576,67	870	2431,67	3430
[õ] Z1	460	640	2340	3420
[õ] Z2	480	680	2520	3400
[õ] Z3	460	760	2460	3360
[õ] E1	640	640	2840	3400
[õ] E2	620	620	2880	3340
[õ] E3	640	640	2900	3360
[õ] W1	600	730	2240	3300
[õ] W2	500	640	3280	3280
[õ] W3	620	620	3020	3520
[õ] L1	500	760	2320	3480
[õ] L2	520	760	2960	3480
[õ] L3	480	720	3320	3320
Média	543,33	684,17	2756,67	3388,33

Tabela Comparativa V B: [ɔ] x [õ] (padrão de formantes 2)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[ɔ] Z1	580	860	2480	3420
[ɔ] Z2	600	900	2520	3400
[ɔ] Z3	600	880	2460	3480
[ɔ] E1	580	900	2340	3520
[ɔ] E2	600	900	2340	3420
[ɔ] E3	600	920	2260	3420
[ɔ] W1	560	900	2460	3360
[ɔ] W2	580	820	2460	3360
[ɔ] W3	560	880	2420	3340
[ɔ] L1	540	840	2440	3680
[ɔ] L2	480	840	2520	3120
[ɔ] L3	520	800	2480	3520
Média	566,67	870	2431,67	3420
[õ] Z1	460	640	2340	3420
[õ] Z2	480	680	2520	3400
[õ] Z3	460	760	2460	3360
[õ] E1	640	640	2400	3400
[õ] E2	620	620	2880	3800
[õ] E3	640	640	2900	3360
[õ] W1	600	730	2240	3300
[õ] W2	500	640	3280	3280
[õ] W3	620	620	2160	3520
[õ] L1	500	760	2320	3480
[õ] L2	520	760	2960	3480
[õ] L3	480	720	3320	3320
Média	543,33	684,17	2648,33	3426,67

Tabela Comparativa VI A: [o] x [õ] (padrão de formantes 1)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[o] Z1	440	760	2440	3640
[o] Z2	440	760	2540	3200
[o] Z3	460	760	2560	3640
[o] E1	420	740	2600	3560
[o] E2	480	760	2580	3480
[o] E3	320	760	2620	3720
[o] W1	360	700	2660	3300
[o] W2	400	760	2580	3220
[o] W3	360	720	2680	3160
[o] L1	400	760	2480	3660
[o] L2	420	740	2480	?
[o] L3	420	720	2460	3520
Média	410	745	2556,67	3463,64
[õ] Z1	460	640	2340	3420
[õ] Z2	480	680	2520	3400
[õ] Z3	460	760	2460	3360
[õ] E1	640	640	2840	3400
[õ] E2	620	620	2880	3340
[õ] E3	640	640	2900	3360
[õ] W1	600	730	2240	3300
[õ] W2	500	640	3280	3280
[õ] W3	620	620	3020	3520
[õ] L1	500	760	2320	3480
[õ] L2	520	760	2960	3480
[õ] L3	480	720	3320	3320
Média	543,33	684,17	2756,67	3388,33

Tabela Comparativa VI B: [o] x [õ] (padrão de formantes 2)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[o] Z1	440	760	2440	3160
[o] Z2	440	760	2540	3200
[o] Z3	460	760	2560	3300
[o] E1	420	740	2600	3560
[o] E2	280	760	2580	3480
[o] E3	320	760	2620	3720
[o] W1	360	700	2660	3300
[o] W2	400	760	2580	3220
[o] W3	360	720	2680	3160
[o] L1	400	760	2480	3660
[o] L2	420	740	2480	?
[o] L3	420	720	2460	3100
Média	393,33	745	2556,67	3350,91
[õ] Z1	460	640	2340	3420
[õ] Z2	480	680	2520	3400
[õ] Z3	460	760	2460	3360
[õ] E1	640	640	2400	3400
[õ] E2	620	620	2880	3800
[õ] E3	640	640	2900	3360
[õ] W1	600	730	2240	3300
[õ] W2	500	640	3280	3280
[õ] W3	620	620	2160	3520
[õ] L1	500	760	2320	3480
[õ] L2	520	760	2960	3480
[õ] L3	480	720	3320	3320
Média	543,33	684,17	2648,33	3426,67

Tabela Comparativa VII A: [u] x [ũ] (padrão de formantes 1)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[u] Z1	320	760	2280	3500
[u] Z2	320	680	2240	3160
[u] Z3	320	650	2260	3220
[u] E1	300	590	∅	3660
[u] E2	300	580	∅	3640
[u] E3	320	600	2620	3680
[u] W1	250	620	∅	3400
[u] W2	240	600	∅	3280
[u] W3	280	640	∅	3260
[u] L1	300	620	2420	3180
[u] L2	340	720	2400	3000
[u] L3	300	620	∅	3370
Média	299,17	640	2370	3362,5
[ũ] Z1	300	480	2320	3480
[ũ] Z2	340	520	2480	3320
[ũ] Z3	320	520	2420	3540
[ũ] E1	320	500	2760	3620
[ũ] E2	320	500	2720	3480
[ũ] E3	320	500	2680	3500
[ũ] W1	260	520	2280	3720
[ũ] W2	240	500	2960	3620
[ũ] W3	240	500	2320	3480
[ũ] L1	240	520	2480	3480
[ũ] L2	420	620	2600	3440
[ũ] L3	400	560	2720	3400
Média	310	520	2561,67	3506,67

Tabela Comparativa VII B: [u] x [ũ] (padrão de formantes 2)

Vogal / emissão	F1	F2	F3	F4
[u] Z1	320	760	2280	3500
[u] Z2	320	680	2240	3160
[u] Z3	320	650	2260	3220
[u] E1	300	590	∅	3660
[u] E2	300	580	∅	3640
[u] E3	320	600	2620	3680
[u] W1	250	620	∅	3400
[u] W2	240	600	∅	3280
[u] W3	280	640	∅	3600
[u] L1	300	620	2420	3180
[u] L2	340	720	2400	3000
[u] L3	300	620	∅	3370
Média	299,17	640	2370	3390,83
[ũ] Z1	300	480	2320	3480
[ũ] Z2	340	520	2480	3320
[ũ] Z3	320	520	2420	3540
[ũ] E1	320	500	2760	3620
[ũ] E2	320	500	2720	3480
[ũ] E3	320	500	2680	3500
[ũ] W1	260	520	2900	3720
[ũ] W2	240	500	2960	3620
[ũ] W3	240	500	3040	3480
[ũ] L1	240	520	2480	3480
[ũ] L2	420	620	2600	3440
[ũ] L3	400	560	2720	3400
Média	310	520	2673,33	3506,67

Comentários sobre as Tabelas de Formantes

Através das tabelas, podemos observar inicialmente as diferenças existentes entre os F1 das vogais orais entre si: [a] é a vogal cujo F1 mostrou-se mais alto (com frequência média de 738,33 Hz / 763,33 Hz), ao passo que [i] e [u] tiveram os F1 nas frequências mais baixas (com as respectivas médias em 291,67 Hz e 299,17 Hz). Notamos também que as vogais abertas apresentam um F1 relativamente alto, ao passo que, para as vogais fechadas, o F1 mostra-se comparativamente baixo, com médias de 351,67 / 365 Hz para [e], 410 / 393,33 Hz para [o] e 299,17 Hz para [u].

Em relação ao F1 das vogais nasais, notamos que a vogal [ã] apresentou os F1 mais altos, seguida por [õ] e [ê]. As vogais [i] e [ü] novamente apresentam os F1 mais baixos, o que condiz com o padrão para estas vogais descrito comumente na teoria acústica. Observemos que, aparentemente, a nasalidade não alterou a relação entre as vogais dentro de cada subsistema vocálico: a relação entre os formantes das vogais orais entre si e a dos formantes das vogais nasais entre si é consideravelmente simétrica. As diferenças começam a aparecer quando as vogais de cada subsistema são colocadas em correspondência, e comparadas entre si (v x \tilde{v}).

É interessante notar que o F1 de [ê] está mais próximo do de [ε] que do de [e], o mesmo ocorrendo com o F1 de [õ], que está mais próximo de [ɔ] que de [o]. Isto pode implicar em um grau de abertura maior do que o esperado para estas vogais, indicando que, dada a ausência de contraste distintivo [\pm aberta] para a vogal nasal alta medial e para a vogal nasal baixa medial, as realizações destas vogais nasais permitiriam maior flexibilidade, de modo a que o grau de abertura pudesse variar consideravelmente de vogal para vogal.

Em relação ao padrão observado nas vogais orais, notamos que o F1 de [i] foi mais baixo nas nasais (média de 279,17 Hz), enquanto o F1 de [ü] manteve-se comparativamente estável, com uma média de 310 Hz.

As seguintes vogais apresentaram leitura dupla para F1: [a] (falante E); [e] (falante W); [ɔ] (falante L) e [o] (falante E). O falante E apresentou duplicação dos formantes de [a] em duas emissões, apontando para uma tendência individual a um F1 de [a] bifurcado, derivada provavelmente da qualidade de voz do informante. Este ponto será melhor explorado quando da discussão em torno das diferenças individuais entre nossos falantes.

Ressaltaremos apenas que nenhuma vogal nasal apresentou leitura dupla para F1, embora por vezes fosse impossível dissociar F1 de Fn1.

Para F2, apenas a vogal [i] E2 apresentou formante duplo; aparentemente F2 é um formante vocálico bastante estável dentro da sua região de ocorrência, não apresentando grandes dificuldades para sua correta identificação, tanto para as orais quanto para as nasais. As maiores diferenças para F2 ocorrerão, como veremos, no âmbito da intensidade e da movimentação no tempo deste formante.

O F2 das vogais orais anteriores mostrou-se alto (por volta de 2000 Hz), enquanto o F2 das posteriores manteve-se sempre abaixo dos 1000 Hz. Este padrão foi mantido para as vogais nasais, com ligeiras oscilações em relação à frequência média das orais.

Notamos que a média dos F2 para vogais nasais foi sempre similar ou ligeiramente superior às médias para vogais orais, à exceção de [o] x [õ] e [u] x [û]. O F2 de [ẽ] foi superior ao F2 de [ɛ] e praticamente idêntico ao de [e], enquanto o de [õ] foi inferior aos de [ɔ] e [o]. Isto pode indicar, para [ẽ], uma tendência a uma elevação geral dos formantes vocálicos quando da interferência de ressonâncias nasais. A questão que se levanta é se esta elevação de F2 estaria restrita à vogal [ẽ].

Com base em nossos dados, podemos levantar a hipótese de que existiria uma certa tendência de as vogais nasais anteriores (e também [ẽ]) apresentarem F2 mais alto que o de suas contrapartes orais, enquanto as vogais nasais posteriores teriam um F2 comparativamente mais baixo que o das orais posteriores. Desta forma, para as vogais anteriores e para [ẽ] pode haver uma elevação dos formantes vocálicos; para as vogais posteriores, teríamos um abaixamento decorrente da nasalização.

Quanto a F3, vemos que [a] apresentou duplicação de formantes para todas as emissões do informante W, indicando uma possível interferência da qualidade de voz na frequência dos formantes. Além disso, todas as vogais [u] de W, e as vogais [u] para E2, E3 e L3 simplesmente não registraram a ocorrência de F3. Este parece ser um traço consistente com as observações efetuadas nos estudos anteriores, que apontam o F3 de [u] como muito fraco em relação aos demais formantes, quer para vogais orais, quer para vogais nasais.

Para as vogais nasais, notamos quanto a F3 a ocorrência de vários formantes "duvidosos" (anotados como "?"), especialmente os relativos às vogais [i] e [õ] de W. W apresenta também formantes duplos para [ẽ], [û] e [õ], enquanto Z os apresentou para [i] e E, para [õ]. Tivemos muitos problemas com F3 pois, como veremos a seguir, este mostrou ser um dos formantes mais afetados pela nasalidade; ao mesmo tempo em que normalmente mantinha sua intensidade praticamente

constante, F3 apresentava numerosas bifurcações e "clusters" de ressonâncias, o que dificultou sobremaneira o trabalho de medição do formante.

As médias de F3 para as vogais nasais foram sempre ligeiramente superiores às das vogais orais correspondentes, com diferenças mínimas da ordem de 30-40 Hz e máximas em torno de 300 Hz.

Convém salientar que as vogais nasais anteriores apresentam, quando comparadas a suas contrapartes orais, uma tendência à elevação do F3, de maneira semelhante ao que se observa para F2. O comportamento das vogais posteriores quanto a F3 é, porém, tremendamente irregular, o que inviabiliza maiores comentários. Apontaríamos porém, uma certa tendência à elevação do F3 de [û], quando comparado ao F3 de [u].

Para F4, notamos entre as vogais um número considerável de formantes duplos: para Z, [o] emissões 1 e 3; para E, [ɛ] emissão 3 e, para L, [a] emissão 2, [ɛ] emissão 1, [e] emissão 3 e [o] emissão 3. Tivemos também alguns formantes duvidosos, especialmente para L.

Quanto às vogais nasais, apenas os F4 de [ẽ] E3 e [õ] E2 apresentaram-se duplicados; tivemos grande número de formantes duvidosos, especialmente para W (cinco formantes questionáveis). Dentre as vogais, [õ] foi o que apresentou maior irregularidade para F4, com três vogais contendo formantes questionáveis (W2, W3 e L3) e uma vogal com ressonâncias duplas (E2).

Para as vogais orais, o caso mais delicado para F4 foi igualmente [o], com três casos de duplicação do formante (Z1, Z3 e L3) e um formante duvidoso (L2).

As médias para \bar{F}_4 das vogais orais e das nasais foram muito semelhantes entre si, o que exclui aqui o possível padrão notado para F2 de elevação das anteriores e abaixamento das posteriores.

Notamos uma grande identidade entre os F1 das vogais nasais e seus F_{n1} correspondentes; com efeito, em várias vogais foi virtualmente impossível separar F_n e F1 quando da medição de picos efetuada; isto ocorreu principalmente com as vogais [ĩ] e [ũ], que apresentam o F1 baixo o bastante para que este se mescle irremediavelmente ao formante nasal que normalmente o acompanha.

3) Tabelas de Intensidade: Apresentação e Discussão

As tabelas de intensidade que apresentaremos a seguir permitirão considerações acerca da proeminência dos picos espectrais, e, o que é muito importante, da relação entre eles. A análise do parâmetro intensidade pode trazer assim contribuições bastante interessantes para a caracterização das vogais nasais estudadas.

Os valores de intensidade que constam de nossas tabelas encontram-se, como mencionamos anteriormente, normalizados em função dos valores de F1.

Convém ressaltar que, quando tivermos F1 com dois valores diferentes (como no caso de [pa] E1, em que $F1 = -35/-33$ dB), optamos por incluir ambos os valores na tabela, e efetuar os cálculos dos demais formantes em relação a cada um dos dois valores de F1. Teríamos assim, no caso de [pa] E1, um F2 absoluto de -37 dB que, colocado em relação aos valores de F1 produziria, respectivamente, os resultados $F2 = -37 - (-35) = -2$ e $F2 = -37 - (-33) = -4$; ambos os valores assim encontrados para F2 constam de nossa tabela. Por outro lado, quando F2, F3 ou F4 apresentavam valores duplos em nossos dados, enquanto que o F1 correspondente possuía um valor único (como em [po] Z3, em que $F1 = -28$ dB e $F4 = -60/-56$, em valores "absolutos"), efetuamos o cálculo para ambos os valores do formante em questão, incluindo a ambos em nossa tabela. Assim, o F4 de [po] Z3 seria expresso em valores relativos a F1 por $F4 = -60 - (-28) = -32$ e $F4 = -56 - (-28) = -28$.

Tabela de Intensidade dos Formantes I - Vogais Orais (falantes Z & E)

	In F1	In F2	In F3	In F4		In F1	In F2	In F3	In F4
[pa] Z1	(-33)	-2	-14	-29	[pa] E1	(-35) (-33)	-2 -4	-13 -15	-23 -25
[pɛ] Z1	(-31)	-8	-17	-24	[pɛ] E1	(-34)	-9	-15	-20
[pe] Z1	(-31)	-12	-17	-25	[pe] E1	(-39)	-9	-11	-15
[pi] Z1	(-33)	-19	-22	-22	[pi] E1	(-49)	-18	-9	-8
[pɔ] Z1	(-32)	-1	-19	-19	[pɔ] E1	(-34)	-2	-21	-22
[po] Z1	(-29)	-14	-32	-39	[po] E1	(-36)	-11	-32	-24
[pu] Z1	(-32)	-10	-38	-37	[pu] E1	(-42)	-14	∅	-32
[pa] Z2	(-29)	-3	-14	-29	[pa] E2	(-31)	-2	-15	-26
[pɛ] Z2	(-31)	-10	-16	-24	[pɛ] E2	(-35)	-2	-10	-12
[pe] Z2	(-33)	-19	-21	-30	[pe] E2	(-34)	-5	-8	-8
[pi] Z2	(-35)	-12	-17	-21	[pi] E2	(-42)	-17	-15	-10
[pɔ] Z2	(-31)	-10	-23	-23	[pɔ] E2	(-31)	-4	-20	-20
[po] Z2	(-27)	-12	-32	-41	[po] E2	(-36) (-37)	-5 -4	-24 -23	-16 -15
[pu] Z2	(-29)	-15	-35	-48	[pu] E2	(-38)	-14	∅	-30
[pa] Z3	(-31)	-4	-15	-23	[pa] E3	(-34) (-35)	-4 -3	-16 -15	-22 -21
[pɛ] Z3	(-32)	-6	-9	-18	[pɛ] E3	(-39)	-2	-10	-14
[pe] Z3	(-30)	-14	-18	-22	[pe] E3	(-38)	-8	-12	-6
[pi] Z3	(-32)	-21	-26	-22	[pi] E3	(-49)	-10	-11	-8
[pɔ] Z3	(-31)	-3	-23	-21	[pɔ] E3	(-33)	-5	-22	-23
[po] Z3	(-28)	-10	-38	-32 -28	[po] E3	(-38)	-9	-28	-23
[pu] Z3	(-30)	-14	-36	-37	[pu] E3	(-37)	-9	-40	-29

Tabela de Intensidade dos Formantes II - Vogais Orais (falantes W & L)

	In F1	In F2	In F3	In F4		In F1	In F2	In F3	In F4
[pa] W1	(-29)	-4	-20 -15	-15	[pa] L1	(-40)	-8	-20	-21
[pɛ] W1	(-22)	-15	-16	-23	[pɛ] L1	(-38)	-10	-18	-26 -25
[pe] W1	(-20)	-17	-13	-12	[pe] L1	(-42)	-14	-20	-18
[pi] W1	(-24)	-25	-19	-18	[pi] L1	(-36)	-24	-25	-20
[pɔ] W1	(-23)	-5	-17	-21	[pɔ] L1	(-36)	-7	-31	-26
[po] W1	(-22)	-10	-32	-28	[po] L1	(-36)	-8	-35	-36
[pu] W1	(-21)	-14	∅	-46	[pu] L1	(-39)	-17	-43	-44
[pa] W2	(-23)	-4	-17 -16	-14	[pa] L2	(-36)	-7	-24	-21 -18
[pɛ] W2	(-23)	-11	-12	-17	[pɛ] L2	(-37)	-12	-17	-22
[pe] W2	(-20)	-21	-20	-17	[pe] L2	(-32)	-19	-26	-28
	(-26)	-15	-14	-11					
[pi] W2	(-20)	-29	-19	-20	[pi] L2	(-32)	-24	-20	-18
[pɔ] W2	(-17)	-5	-30	-23	[pɔ] L2	(-36)	-7	-23	-29 -30
[po] W2	(-18)	-11	-36	-31	[po] L2	(-32)	-6	-34	?
[pu] W2	(-19)	-13	∅	-44	[pu] L2	(-33)	-13	-40	-37
[pa] W3	(-25)	-4	-18 -17	-17	[pa] L3	(-37)	-6	-20	-20
[pɛ] W3	(-23)	-13	-15	-14	[pɛ] L3	(-36)	-10	-17	-26
[pe] W3	(-17)	-23	-20	-17	[pe] L3	(-38)	-15	-24	-28
[pi] W3	(-24)	-26	-16	-15	[pi] L3	(-33)	-30	-27	-26
[pɔ] W3	(-18)	-4	-27	-22	[pɔ] L3	(-35)	-7	-30	-29
[po] W3	(-16)	-11	-36	-34	[po] L3	(-33)	-11	-39	-39 -43
[pu] W3	(-20)	-18	∅	-46	[pu] L3	(-33)	-15	∅	-41

 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
 INSTITUTO DE FÍSICA
 CAIXA DE CORREIO 20091-972
 RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL

Tabela de Intensidade dos Formantes III - Vogais Nasais (falantes Z & E)

	In F1	In F2	In F3	In F4	In Fn		In F1	In F2	In F3	In F4	In Fn
[p̃] Z1	(-25)	-3	-9	-11	+6	[p̃] E1	(-31)	-1	?	-10	+6
[p̄] Z1	(-25)	-2	-4	-7	+3	[p̄] E1	(-27)	-9	-13	-16	0
[pĩ] Z1	(-21)	-25	-14	-11	0	[pĩ] E1	(-28)	-17	-31	-28	0
[põ] Z1	(-22)	+1	-17	-14	+1	[põ] E1	(-25)	0	-26 -21	-28	-3
[pũ] Z1	(-18)	-8	-22	-43	0	[pũ] E1	(-27)	-4	-22	-39	0
[p̃] Z2	(-18)	-9	-16	-16	-4	[p̃] E2	(-28)	-1	-11	-2	+7
[p̄] Z2	(-24)	-10	-11	-9	+3	[p̄] E2	(-22)	-3	-3	-7	0
[pĩ] Z2	(-20)	-34	-25 -12	-12	0	[pĩ] E2	(-24)	-22	-22	-22	0
[põ] Z2	(-22)	0	-18	-14	-1	[põ] E2	(-22)	0	-15 -16	-26	-3
[pũ] Z2	(-20)	-7	-18	-34	0	[pu] E2	(-22)	-8	-20	-37	0
[p̃] Z3	(-24)	-2	-12	-10	+4	[p̃] E3	(-30)	0	-9 -2	-3	+8
[p̄] Z3	(-25)	-4	-8	-12	+3	[p̄] E3	(-33)	+9	+7	+6	+9
[pĩ] Z3	(-18)	-30	-27 -12	-13	0	[pĩ] E3	(-25)	-19	-21	-21	0
[põ] Z3	(-22)	+2	-14	-15	+2	[põ] E3	(-23)	0	-15	-18	-2
[pũ] Z3	(-18)	-7	-20	-39	0	[pũ] E3	(-23)	-7	-27	-38	0

Observações Sobre a Intensidade

É importante notar a diminuição no decaimento do espectro de todas as vogais nasais em relação ao de suas contrapartes orais. Ao contrário do que ocorre nas vogais orais, F2 tem considerável proeminência espectral, por vezes apresentando intensidade idêntica à de F1.

Em [pê] E3, tivemos um caso bastante curioso: o pico correspondente a F1 mostrou-se menos proeminente que todos os demais picos, inclusive o Fn. Acreditamos que, neste caso, o Fn seja mais importante para definir a vogal do que o F1 correspondente.

Das vogais nasais, aquela cujos formantes apresentam menos intensidade em relação a F1 é indubitavelmente [i]; aquela, por sua vez, que apresenta a intensidade de F2 mais próxima da de F1 é [õ], seguida de perto por [ũ].

Teríamos assim uma atuação muito pronunciada de formantes nasais e anti-ressonâncias na faixa acima de 1000 Hz, o que provocaria um "amortecimento" das ressonâncias na faixa superior do espectro das vogais nasais, diminuindo com isto a intensidade dos segundos formantes das vogais anteriores, que se localizam nesta faixa "difusa". Por outro lado, com o aumento das ressonâncias na faixa concentrada de F1/F2 das vogais posteriores (graças à poderosa influência de Fn1), teríamos para estas vogais um aumento na intensidade dos primeiros formantes em relação às suas contrapartes orais.

É interessante observar que o decaimento do espectro (padrão de declínio da intensidade dos harmônicos) das vogais orais está mais próximo ao decaimento observado no espectro da curva glotal; com efeito, as vogais orais caracterizam-se por uma queda mais abrupta dos formantes, especialmente de F2. Nas nasais, temos uma queda mais gradual, o que pode constituir um indício de que estas se apresentam mais amortecidas que as orais. As vogais nasais apresentam também maior quantidade de picos espectrais, em relação aos picos presentes nas vogais orais; este fato deve-se a formantes nasais de baixa intensidade que ocorrem juntamente com os formantes mais caracteristicamente vocálicos. Este maior número de formantes acaba por gerar um 'nivelamento' do espectro da vogal, tornando menos abrupta a queda de intensidade geral que se observa normalmente no espectro de sons vocálicos.

Notamos que, nas vogais posteriores, existe queda em F3 e F4, ao passo que nas vogais anteriores esta queda ocorre de maneira mais irregular.

Cabe ressaltar também a grande proeminência de F_{n1} nas vogais nasais, em relação ao $F1$ correspondente: na maior parte das vogais analisadas, F_{n1} apresentou intensidade maior ou igual a $F1$ ($F_n \geq 0$, nas medidas constantes da tabela, normalizadas segundo $F1$). Isto poderia inclusive justificar que as medidas de intensidade das vogais nasais fossem normalizadas em função de F_{n1} , e não de $F1$, o que seria um procedimento bastante viável. Mantivemos aqui a normalização por $F1$, porém, para que pudéssemos comparar sem problemas a intensidade das nasais à das orais. Aparentemente, F_{n1} seria no mínimo tão importante quanto $F1$ para a definição das vogais nasais.

Findas estas observações gerais sobre a intensidade, passaremos agora à análise do parâmetro duração. Sob muitos aspectos, a duração consistiu em um dos parâmetros mais interessantes deste nosso estudo.

4) Tabelas de Duração: Apresentação e Discussão

A duração mostrou-se um parâmetro bastante importante dentro de nosso trabalho. Na verdade, mais do que a frequência absoluta dos formantes, a duração, juntamente com a presença/ausência do murmúrio, pode vir a constituir um parâmetro robusto para a identificação de vogais nasais.

As observações iniciais efetuadas nos experimentos anteriores confirmaram-se, via de regra, também aqui: as vogais nasais apresentaram maior duração que as orais, e, salvo algumas variações inter-falantes, mostraram a presença de um murmúrio consideravelmente coarticulado à vogal, mas impossível de, ao ser isolado no espectrógrafo, ser reconhecido como uma vogal nasal.

Para as tabelas de duração deste quarto experimento, utilizamos procedimentos semelhantes aos empregados para os demais parâmetros. Ressaltamos que, para estas tabelas, a unidade de tempo empregada foi o milissegundo (ms).

Apresentaremos aqui um grupo de tabelas contendo todas as medidas de duração efetuadas especificadas para cada vogal, mencionando igualmente o falante e a emissão; estas tabelas contêm também a média de duração para cada vogal. A fim de viabilizar comparações entre as vogais orais e as nasais, as tabelas serão apresentadas em pares v x ã. Temos portanto sete tabelas, contendo:

- as medidas de duração da sílaba e duração da vogal para as vogais orais;
- as medidas de duração da sílaba, duração da vogal total, duração do murmúrio e duração da vogal - murmúrio para as vogais nasais.

Cabe ressaltar que, nas tabelas de duração a seguir, mostramos apenas uma casa decimal, com os valores arredondados segundo a convenção vigente; nossos cálculos estatísticos, porém, foram efetuados com duas casas decimais, para maior precisão dos resultados.

No caso de [pũ] E2, obtivemos, conforme comentamos anteriormente, duas medidas de duração de "sílabas". Calculamos assim duas médias para [ũ] com relação ao parâmetro em questão, incluindo os respectivos valores na mesma tabela.

Tabela I: Duração [a] x [ɜ]

Vogal / emissão	Dur. «sílabas»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur
[a] Z1	135,9	110,9	/	/
[a] Z2	146,9	110,9	/	/
[a] Z3	148,4	112,5	/	/
[a] E1	129,7	90,6	/	/
[a] E2	159,4	126,6	/	/
[a] E3	139,1	107,8	/	/
[a] W1	195,3	137,5	/	/
[a] W2	195,3	139,1	/	/
[a] W3	162,5	120,3	/	/
[a] L1	164,1	123,4	/	/
[a] L2	181,2	135,9	/	/
[a] L3	204,7	160,9	/	/
Média	163,54	123,03	/	/
[ɜ] Z1	190,6	156,3	70,3	86,0
[ɜ] Z2	195,3	160,9	50,0	110,9
[ɜ] Z3	187,5	142,2	45,3	96,9
[ɜ] E1	217,2	160,9	84,4	76,5
[ɜ] E2	243,7	200,0	107,8	92,2
[ɜ] E3	259,4	200,0	128,1	71,9
[ɜ] W1	237,5	181,2	54,7	126,5
[ɜ] W2	184,4	120,3	28,1	92,2
[ɜ] W3	232,8	175,0	28,1	146,9
[ɜ] L1	209,4	151,6	26,6	125,0
[ɜ] L2	234,4	164,1	∅	164,1
[ɜ] L3	217,2	150,0	∅	150
Média	217,45	163,54	62,64	111,59

Tabela II: Duração [ɛ] x [ẽ]

Vogal / emissão	Dur. «sílabas»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur
[ɛ] Z1	132,8	103,1	/	/
[ɛ] Z2	137,5	101,6	/	/
[ɛ] Z3	143,7	101,6	/	/
[ɛ] E1	132,8	95,3	/	/
[ɛ] E2	151,6	117,2	/	/
[ɛ] E3	146,9	109,4	/	/
[ɛ] W1	159,4	101,6	/	/
[ɛ] W2	150,0	98,4	/	/
[ɛ] W3	153,1	101,6	/	/
[ɛ] L1	156,3	103,1	/	/
[ɛ] L2	182,8	140,6	/	/
[ɛ] L3	190,6	143,7	/	/
Média	153,13	109,77	/	/
[ẽ] Z1	200,0	156,3	51,6	104,7
[ẽ] Z2	198,4	157,8	43,8	114,0
[ẽ] Z3	181,2	139,1	35,9	103,2
[ẽ] E1	198,4	143,7	29,7	114,0
[ẽ] E2	248,4	196,9	34,4	162,5
[ẽ] E3	278,1	217,2	84,4	132,8
[ẽ] W1	235,9	179,7	56,2	123,5
[ẽ] W2	231,2	173,4	34,4	139,0
[ẽ] W3	231,2	181,2	45,3	135,9
[ẽ] L1	210,9	137,5	32,8	104,7
[ẽ] L2	251,6	193,7	42,2	151,5
[ẽ] L3	240,6	164,1	29,7	134,4
Média	225,49	170,05	43,37	126,68

Tabela III: Duração [e] x [ê]

Vogal / emissão	Dur. «sílabas»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur
[e] Z1	142,2	106,2	/	/
[e] Z2	123,4	81,2	/	/
[e] Z3	121,9	81,2	/	/
[e] E1	112,5	79,7	/	/
[e] E2	132,8	98,4	/	/
[e] E3	118,7	84,4	/	/
[e] W1	134,4	89,1	/	/
[e] W2	137,5	101,6	/	/
[e] W3	129,7	95,3	/	/
[e] L1	146,9	106,3	/	/
[e] L2	189,1	131,2	/	/
[e] L3	182,8	123,4	/	/
Média	139,33	98,17	/	/
[ê] Z1	200,0	156,3	51,6	104,7
[ê] Z2	198,4	157,8	43,8	114,0
[ê] Z3	181,2	139,1	35,9	103,2
[ê] E1	198,4	143,7	29,7	114,0
[ê] E2	248,4	196,9	34,4	162,5
[ê] E3	278,1	217,2	84,4	132,8
[ê] W1	235,9	179,7	56,2	123,5
[ê] W2	231,2	173,4	34,4	139,0
[ê] W3	231,2	181,2	45,3	135,9
[ê] L1	210,9	137,5	32,8	104,7
[ê] L2	251,6	193,7	42,2	151,5
[ê] L3	240,6	164,1	29,7	134,4
Média	225,49	170,05	43,37	126,68

Tabela IV: Duração [i] x [i]

Vogal / emissão	Dur. «sílabas»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur
[i] Z1	114,1	81,2	/	/
[i] Z2	101,6	67,2	/	/
[i] Z3	104,7	57,8	/	/
[i] E1	128,1	89,1	/	/
[i] E2	126,6	96,9	/	/
[i] E3	107,8	73,4	/	/
[i] W1	131,2	82,8	/	/
[i] W2	137,5	87,5	/	/
[i] W3	134,4	92,2	/	/
[i] L1	143,7	93,8	/	/
[i] L2	164,1	110,9	/	/
[i] L3	157,8	109,4	/	/
Média	129,3	86,85	/	/
[i] Z1	173,4	139,1	56,3	82,8
[i] Z2	168,7	125,0	31,3	93,7
[i] Z3	171,9	135,9	45,3	90,6
[i] E1	171,9	134,4	71,9	62,5
[i] E2	229,7	184,4	115,6	68,8
[i] E3	245,3	195,3	142,2	53,1
[i] W1	217,2	171,9	101,6	70,3
[i] W2	210,9	160,9	76,6	84,3
[i] W3	201,6	153,1	42,2	110,9
[i] L1	203,1	140,6	68,8	71,8
[i] L2	223,4	150,0	12,5	137,5
[i] L3	228,1	176,6	54,7	121,9
Média	203,77	155,6	68,25	87,35

Tabela V: Duração [ɔ] x [õ]

Vogal / emissão	Dur. «silaba»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur
[ɔ] Z1	140,6	98,4	/	/
[ɔ] Z2	139,1	104,7	/	/
[ɔ] Z3	142,2	107,8	/	/
[ɔ] E1	146,9	104,7	/	/
[ɔ] E2	148,4	110,9	/	/
[ɔ] E3	139,1	98,4	/	/
[ɔ] W1	209,4	150,0	/	/
[ɔ] W2	187,5	125,0	/	/
[ɔ] W3	189,1	129,7	/	/
[ɔ] L1	207,8	145,3	/	/
[ɔ] L2	198,4	146,9	/	/
[ɔ] L3	204,7	157,8	/	/
Média	171,1	123,3	/	/
[õ] Z1	179,7	139,1	37,5	101,6
[õ] Z2	185,9	131,2	37,5	93,7
[õ] Z3	184,4	135,9	37,5	98,4
[õ] E1	173,4	131,2	42,2	89,0
[õ] E2	281,3	203,1	118,7	84,4
[õ] E3	284,4	217,2	110,9	106,3
[õ] W1	196,9	129,7	75,0	54,7
[õ] W2	248,4	190,6	62,5	128,1
[õ] W3	190,6	140,6	46,9	93,7
[õ] L1	200,0	150,0	31,3	118,7
[õ] L2	228,1	168,7	∅	168,7
[õ] L3	260,9	201,6	43,8	157,8
Média	217,83	161,58	58,53	107,93

Tabela VI: Duração [o] x [õ]

Vogal / emissão	Dur. «silaba»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur
[o] Z1	135,9	100,0	/	/
[o] Z2	131,2	93,7	/	/
[o] Z3	140,6	110,9	/	/
[o] E1	120,3	87,5	/	/
[o] E2	129,7	92,2	/	/
[o] E3	115,6	82,8	/	/
[o] W1	173,4	109,4	/	/
[o] W2	146,9	96,9	/	/
[o] W3	189,1	115,6	/	/
[o] L1	182,8	137,5	/	/
[o] L2	181,2	140,6	/	/
[o] L3	160,9	106,2	/	/
Média	150,63	106,11	/	/
[õ] Z1	179,7	139,1	37,5	101,6
[õ] Z2	185,9	131,2	37,5	93,7
[õ] Z3	184,4	135,9	37,5	98,4
[õ] E1	173,4	131,2	42,2	89,0
[õ] E2	281,3	203,1	118,7	84,4
[õ] E3	284,4	217,2	110,9	106,3
[õ] W1	196,9	129,7	75,0	54,7
[õ] W2	248,4	190,6	62,5	128,1
[õ] W3	190,6	140,6	46,9	93,7
[õ] L1	200,0	150,0	31,3	118,7
[õ] L2	228,1	168,7	∅	168,7
[õ] L3	260,9	201,6	43,8	157,8
Média	217,83	161,58	58,53	107,93

Tabela VII: Duração [u] x [ũ]

Vogal / emissão	Dur. «silaba»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur
[u] Z1	128,1	93,7	/	/
[u] Z2	125,0	87,5	/	/
[u] Z3	126,6	92,2	/	/
[u] E1	131,2	81,3	/	/
[u] E2	96,9	60,9	/	/
[u] E3	89,1	57,8	/	/
[u] W1	151,6	100,0	/	/
[u] W2	125,0	76,6	/	/
[u] W3	165,6	107,8	/	/
[u] L1	160,9	106,2	/	/
[u] L2	156,3	93,8	/	/
[u] L3	156,3	104,7	/	/
Média	134,38	88,54	/	/
[ũ] Z1	184,4	135,9	39,1	96,8
[ũ] Z2	193,7	159,4	40,6	118,8
[ũ] Z3	175,0	139,1	31,3	107,8
[ũ] E1	176,6	118,7	56,3	62,4
[ũ] E2	218,8 234,4	178,1	128,1	50
[ũ] E3	256,2	193,7	137,5	56,2
[ũ] W1	203,1	123,4	92,2	31,2
[ũ] W2	200,0	140,6	54,7	85,9
[ũ] W3	200,0	148,4	96,9	51,5
[ũ] L1	159,4	103,1	17,2	85,9
[ũ] L2	193,7	128,1	∅	128,1
[ũ] L3	223,4	164,1	45,3	118,8
Média	198,69 199,99	144,38	67,2	82,79

Observações sobre a Duração

Verificamos que as sílabas em que se encontram as vogais nasais são mais longas que as sílabas em que se encontram suas correspondentes orais, sem exceção aparente. Isto vem confirmar nossas observações efetuadas nos experimentos anteriores. Da mesma forma, quanto à vogal total (medida que, no caso das vogais nasais inclui também o murmúrio), as nasais revelaram-se sempre mais longas que as orais. Ainda com relação à duração da vogal total, notamos que [u] foi a vogal de menor duração entre as orais, enquanto [a] e [ɔ] constituíram as vogais mais longas. Entre as vogais nasais, [ẽ] foi a vogal de maior duração, seguida respectivamente por [ẽ̃] e [õ̃]. A vogal [ũ] apresentou-se como a vogal nasal com menor duração, sendo seguida de perto por [ĩ].

Constatamos para a maior parte das vogais nasais a presença do murmúrio mencionado em nossos experimentos anteriores, com duração variável segundo o informante, a vogal e a emissão. Convém ressaltar porém que em alguns casos não registramos a presença do murmúrio, notadamente em dados referentes ao falante L. Isto nos leva a postular que, apesar de ser uma característica bastante pronunciada nas vogais nasais até aqui analisadas, a presença e duração do murmúrio podem estar sujeitas a fatores dialetais e/ou individuais que caberia ainda determinar. Um estudo mais detalhado deste tópico superaria, porém, o escopo deste trabalho.

Com relação ao murmúrio, notamos que a vogal [ĩ] apresentou a maior média de duração, sendo seguida por [ũ] e [ẽ̃]. Estes resultados podem apontar na direção de uma maior duração do murmúrio para as vogais extremas dentro do triângulo que representa o sistema vocálico nasal do PB. Desta forma, os pontos em que o sistema se estrutura são aqueles em que o murmúrio seria mais marcado, o que parece argumentar em favor da grande importância do murmúrio na caracterização destas vogais. Cabe aqui porém uma ressalva quanto às medidas de duração para as vogais nasais: pelo que pudemos perceber em nosso trabalho, é muito difícil dissociar o murmúrio da vogal nasal em si, dado que a transição entre ambos é extremamente gradativa; embora a diferença entre os extremos deste contínuo seja nítida, o lugar exato em que deixamos de ter uma vogal nasal e passamos a ter um murmúrio nasal é praticamente impossível de ser delimitado com certeza. Isto ocorre especialmente no caso de [ũ], em que sequer o critério auditivo nos permite realizar uma segmentação acurada. Desta forma, torna-se necessária a realização de outros experimentos que possam confirmar esta hipótese para as

vogais extremas do triângulo vocálico nasal, experimentos estes que contribuam também no sentido do desenvolvimento de critérios o mais confiáveis possível para as medidas de duração dentro da vogal.

É interessante notar que, ao eliminarmos da duração total das nasais o valor correspondente à duração do murmúrio (Dur vogal - mur), observamos que a média dos valores assim obtidos apresenta-se via de regra menor ou igual à média do valor para a vogal oral total, o que implica em que, se excluirmos o murmúrio, não haverá grande diferença de duração entre vogais orais e vogais nasais. As exceções são a vogal [ê], que apresentou maior duração que [e] ou [ɛ] orais mesmo sem o murmúrio, e a vogal [õ], que apresentou maior duração que [ɔ]. Recordemos que as vogais [ê] e [õ] apresentam, segundo verificado também nos estudos-piloto iniciais, uma forte tendência à ditongação em PB, de tal forma que estes segmentos se apresentam não raro como [êi] e [õõ]. Caberia portanto a esta ditongação o ônus pela maior duração destas vogais em relação a suas contrapartes orais mesmo sem o murmúrio.

Os dados analisados suportam nossa hipótese inicial da divisão das vogais nasais em pelo menos duas fases diferentes, uma delas correspondendo à vogal nasal em si, e a outra, ao murmúrio. A questão da existência ou não de um onset oral, que antecederia a vogal nasal propriamente dita será discutida em maiores detalhes adiante, quando comentarmos as características gerais das vogais nasais.

Os dados apontam também para a importância crucial do murmúrio na definição das vogais nasais por oposição às orais quanto ao parâmetro duração: sem o murmúrio, as nasais mal seriam distinguíveis de suas contrapartes orais, como pudemos observar nas tabelas que acabamos de expor.

5) Análise Estatística dos Dados (Experimento 4)

A fim de verificar se os dados apresentados implicavam em um padrão realmente consistente, tornou-se necessário recorrer a procedimentos que pudessem oferecer uma certa margem de segurança no tratamento dos dados. Efetuamos, pois, algumas análises estatísticas, que nos permitiram tecer considerações mais confiáveis sobre as características dos segmentos analisados.

A parte estatística de nosso trabalho foi realizada com o auxílio do programa Labstat Statistical Analysis Package, versão 2.0, desenvolvido por Bruce B. Abbott (Ph.D.), e especialmente planejado para oferecer o ambiente mais simplificado possível, a fim de facilitar a interação do usuário com o programa.

Foram efetuadas análises de variância dos dados para F1, F2 e para o parâmetro duração, tanto da vogal com o murmúrio quanto da vogal sem o murmúrio, bem como testes-t de Student para verificar a diferença entre vogal oral e vogal nasal quanto aos parâmetros frequência dos dois primeiros formantes e duração. Não efetuamos análises estatísticas sobre os dados relativos à intensidade dos formantes, dado que havia dúvida quanto à normalidade da distribuição das intensidades (normalizadas em relação a F1).

Quando os valores para os formantes apresentavam-se duplicados, obedecemos ao mesmo procedimento citado anteriormente de elaborar duas tabelas diferentes, uma delas contendo o maior valor do formante e a outra o menor valor deste. Possuíamos assim, duas tabelas para F1 e duas tabelas para F2. Efetuamos uma análise estatística para cada uma das tabelas em questão.

A análise de variância não foi realizada para F3 e F4 devido à pouca consistência/regularidade dos dados, que não proporcionariam, em nosso entender, uma análise estatística confiável; note-se a esse respeito a grande quantidade de lacunas nos valores para estes formantes, bem como a grande quantidade de valores duplos.

Por outro lado, os dados para F1 e F2 apresentaram um padrão compatível com a realização das análises estatísticas em questão, sem grandes lacunas e com poucos valores duplos. O mesmo pode ser dito quanto aos dados de duração.

Quanto às tabelas de duração em que comparamos a duração da vogal total oral com a duração da vogal nasal - murmúrio, cabe ressaltar aqui que, nos casos em que não registramos a ocorrência do murmúrio, incluímos o valor da vogal nasal total em nossos dados, considerando que (vogal total - murmúrio) = (n - 0) = n. Isto foi feito a fim de não provocar distorções nos resultados estatísticos, que fatalmente ocorreriam se preservássemos as lacunas deixadas em nossos dados pela ausência do murmúrio.

Cabe ressaltar que os pares de vogais utilizados nas análises de variância aqui apresentados foram: [a] x [ã], [e] x [ê], [i] x [î], [o] x [ô] e [u] x [û]. Preferimos utilizar nestas análises os dados para as vogais orais [e] e [o] (e não [ɛ] e [ɔ]) dada sua maior semelhança, em termos perceptuais e acústicos, para com as suas correspondentes nasais [ẽ] e [õ].

Para fins comparativos, realizamos também análises de variância empregando as vogais orais [ɛ] e [ɔ]. Os resultados destas análises serão comentados após a discussão dos resultados das tabelas aqui apresentadas, que contêm os dados para [e] e [o]. As tabelas referentes às análises de variância efetuadas com os dados para [ɛ] e [ɔ] encontram-se anexadas ao final deste trabalho (Anexo 2, pág.).

Tabelas Relativas às Análises de Variância

Tabela I - Valores de F1 (A)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	3130859,167	119	-	-	-
Sujeitos	9629,167	3	-		
Vogal (A)	2468455,000	4	2468455,000	66,282 >	3,25
Erro de A	111725,000	12	9310,417		
Nasalidade (B)	35020,833	1	35020,833	3,805 <	10,128
Erro de B	27609,167	3	9203,056		
Emissão (C)	1806,667	2	1806,667	0,983 <	5,14
Erro de C	5513,333	6	918,889		
A x B	274741,667	4	274741,667	7,736 >	3,25
Erro de A x B	106545,000	12	8878,750		
A x C	10835,000	8	10835,000	1,172 <	2,35
Erro de A x C	27745,000	24	1156,042		
B x C	886,667	2	886,667	0,336 <	5,14
Erro de B x C	7913,333	6	1318,889		
A x B x C	8988,333	8	8988,333	0,806 <	2,35
Erro de A x B x C	33445,000	24	1393,542		

Tabela I - Valores de F1 (B)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	3289499,167	119	-	-	-
Sujeitos	13895,833	3	-		
Vogal (A)	2632478,333	4	2632478,333	54,891 >	3,25
Erro de A	143875,000	12	11989,583		
Nasalidade (B)	16100,833	1	16100,833	3,010 <	10,128
Erro de B	16049,167	3	5349,722		
Emissão (C)	686,667	2	686,667	0,828 <	5,14
Erro de C	2486,667	6	414,444		
A x B	281711,667	4	281711,667	11,526 >	3,25
Erro de A x B	73321,667	12	6110,139		
A x C	10121,667	8	10121,667	1,005 <	2,35
Erro de A x C	30205,000	24	1258,542		
B x C	1846,667	2	1846,667	0,434 <	5,14
Erro de B x C	12753,333	6	2125,556		
A x B x C	14128,333	8	14128,333	1,064 <	2,35
Erro de A x B x C	39838,333	24	1659,931		

Tabela II - Valores de F2 (A)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	53683479,167	119	-	-	-
Sujeitos	485935,833	3	-	-	-
Vogal (A)	52051033,334	4	52051033,334	232,974 >	3,25
Erro de A	670260,000	12	55855,000		
Nasalidade (B)	520,833	1	520,833	0,060 <	10,128
Erro de B	25835,833	3	8611,944		
Emissão (C)	11211,667	2	11211,667	2,399 <	5,14
Erro de C	14021,667	6	2336,944		
A x B'	233233,333	4	233233,333	9,764 >	3,25
Erro de A x B	71660,001	12	5971,667		
A x C	25771,666	8	25771,666	2,062 <	2,35
Erro de A x C	37495,000	24	1562,292		
B x C	2361,667	2	2361,667	0,329 <	5,14
Erro de B x C	21511,667	6	3585,278		
A x B x C	10821,667	8	10821,667	1,489 <	2,35
Erro de A x B x C	21804,999	24	908,542		

Tabela II - Valores de F2 (B)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	53889659,167	119	-	-	-
Sujeitos	502275,833	3	-		
Vogal (A)	52248213,334	4	52248213,334	229,521 >	3,25
Erro de A	682920,000	12	56910,000		
Nasalidade (B)	140,833	1	140,833	0,020 <	10,128
Erro de B	21025,833	3	7005,278		
Emissão (C)	12071,667	2	12071,667	2,702 <	5,14
Erro de C	13401,667	6	2233,611		
A x B	217813,333	4	217813,333	9,459 >	3,25
Erro de A x B	69080,001	12	5756,667		
A x C	20111,666	8	20111,666	1,433 <	2,35
Erro de A x C	42115,000	24	1754,792		
B x C	1421,667	2	1421,667	0,199 <	5,14
Erro de B x C	21411,667	6	3568,611		
A x B x C	10161,667	8	10161,667	1,108 <	2,35
Erro de A x B x C	27504,999	24	1146,042		

Tabela III - Valores de Duração: Vogal Total (O,N)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	171268,250	119	-	-	-
Sujeitos	6284,692	3	-		
Vogal (A)	11240,533	4	11240,533	11,338 >	3,25
Erro de A	2974,177	12	247,848		
Nasalidade (B)	102629,479	1	102629,479	26,019 >	10,128
Erro de B	11833,354	3	3944,451		
Emissão (C)	3428,474	2	3428,474	1,690 <	5,14
Erro de C	6087,354	6	1014,559		
A x B	3744,447	4	3744,447	4,894 >	3,25
Erro de A x B	2295,509	12	191,292		
A x C	974,494	8	974,494	0,859 <	2,35
Erro de A x C	3403,551	24	141,815		
B x C	3357,443	2	3357,443	2,330 <	5,14
Erro de B x C	4322,880	6	720,480		
A x B x C	2867,598	8	2867,598	1,477 <	2,35
Erro de A x B x C	5824,266	24	242,678		

Tabela IV - Valores para Duração: Vogal Total (O) x Vogal - Mur. (N)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	96804,028	119	-	-	-
Sujeitos	30109,369	3	-		
Vogal (A)	14125,540	4	14125,540	2,990 <	3,25
Erro de A	14173,178	12	1181,098		
Nasalidade (B)	94,839	1	94,839	2,242 <	10,128
Erro de B	126,915	3	42,305		
Emissão (C)	3444,311	2	3444,311	3,329 <	5,14
Erro de C	3103,631	6	517,272		
A x B	10591,880	4	10591,880	5,136 >	3,25
Erro de A x B	6187,041	12	515,587		
A x C	456,353	8	456,353	0,307 <	2,35
Erro de A x C	4453,118	24	185,547		
B x C	2771,839	2	2771,839	8,290 >	5,14
Erro de B x C	1003,069	6	167,178		
A x B x C	1164,093	8	1164,093	0,699 <	2,35
Erro de A x B x C	4998,850	24	208,285		

Comentários sobre os Resultados das Análises de Variância

No decorrer deste trabalho, pudemos observar que vários fatores afetam F1 e F2, entre eles: a qualidade da vogal, a emissão, a nasalidade e a identidade do falante. A análise de variância aqui realizada tem por finalidade separar as contribuições de alguns destes fatores com relação a F1, F2 e às medidas para duração.

Optamos por uma análise inter-sujeitos de três fatores: vogal, nasalidade e emissão (observação). A manipulação destes fatores foi efetuada como se segue:

- vogal (A) x nasalidade (B)
- vogal (A) x emissão (C)
- nasalidade (B) x emissão (C)
- vogal (A) x nasalidade (B) x emissão (C)

Para que um dado fator ou interação de fatores fosse considerado significativo, o valor de F deveria situá-lo numa faixa em que p (probabilidade de F ter sido encontrado aleatoriamente) fosse menor ou igual a 0.05 (ou seja, 5%). Isto nos garantiria uma probabilidade de que 95% dos valores para nossos dados estivessem situados dentro da faixa prevista pelos desvios-padrão.

Com relação a F1, notamos que a estimativa final da variância para os fatores vogal, nasalidade e emissão (e a dos respectivos erros), bem como o coeficiente F mostraram-se consideravelmente diferentes nas tabelas I A e I B. Com efeito, o F de vogal e observação foi maior em I B, e o de nasalidade, em I A. Os resultados finais, porém, não são muito diferentes para as duas tabelas. Isto mostra que as diferenças em frequência absoluta entre os valores para F1 presentes em cada tabela não se revelaram estatisticamente relevantes.

Para F1, notamos que a qualidade da vogal (A) constituiu um fator altamente significativo, ao passo que a nasalidade apresentou-se como não significativa na faixa de $p \leq 0,05$ (embora apresentasse significância num nível de 25 % , ou seja, $p \leq 0.25$). Nada obtivemos de significativo para o fator emissão, indicando que este fator não exerceu grande influência em nossos dados para F1.

A interação vogal x nasalidade mostrou-se, porém, consideravelmente significativa, embora melhor expressa nos dados da tabela I A que em I B. A interação vogal x emissão apresentou-se pouco significativa, o que era já esperado, o mesmo ocorrendo com nasalidade x emissão.

A interação de nossos três fatores para F1 mostrou também um baixo nível de significância, implicando com isto que as três classes não interagem cumulativamente entre si. Isto nos leva a concluir que o efeito conjunto destes fatores sobre o formante em questão não se mostrou relevante em nossa análise.

No que concerne especificamente à nasalidade, notamos que, em nossas duas tabelas, a interação vogal x nasalidade apresentou-se mais significativa que o fator nasalidade em si. Assim, a nasalidade não faria muito sentido em nossos dados como um fator isolado, mas variaria significativamente conforme a qualidade da vogal sobre a qual incide. Vemos com isto que o efeito de nasalidade sobre F1 encontra-se aparentemente condicionado à qualidade vocálica.

Para F2, notamos que, tanto na tabela A como na B, a qualidade da vogal mostrou-se um fator altamente significativo, ao passo que a nasalidade e a emissão não apresentaram significância. Novamente, a interação vogal x nasalidade mostrou-se bastante relevante, o que confirma nossa observação de que a importância do fator nasalidade está condicionada à qualidade da vogal. As demais interações analisadas mostraram-se também não-significativas para F2. A exemplo do que acontece com F1, portanto, vemos que os efeitos mais salientes sobre F2 referem-se à qualidade vocálica e à nasalidade, desde que esta esteja condicionada à qualidade da vogal.

Quanto à duração, verificamos que, para a vogal total, tanto oral quanto nasal, vogal e nasalidade apresentaram-se significativas, bem como a interação entre elas. Já para vogal total (oral) x vogal - mur (nasal), apenas a interação vogal x nasalidade mostrou um nível de significância compatível com nosso critério de $p \leq 0,05$. Além desta interação, o único fator a alcançar um nível de significância na análise para a duração da vogal nasal sem o murmúrio foi, estranhamente, a interação nasalidade x emissão, o que pode apontar para a influência de um fator de velocidade de fala dos informantes, ou para o fato de que a duração do murmúrio, e conseqüentemente a duração da vogal quando subtraímos desta este murmúrio, variou conforme o informante, e conforme a emissão, o que é um fato até certo ponto previsível num estudo acústico nos moldes daquele que realizamos.

Vemos assim que, ao subtraímos o murmúrio do valor total de duração da vogal nasal e compararmos a vogal "resultante" com a vogal oral total, acabamos por neutralizar as influências tanto dos fatores qualidade vocálica como nasalidade, mas não a da sua interação. Isto indica que a nasalidade possui sobre a vogal "resultante" uma influência limitada, condicionada à qualidade da vogal sobre a qual incide, implicando assim numa grande importância do murmúrio para a diferenciação das vogais orais e nasais quanto ao parâmetro duração.

Comentários Sobre as Análises de Variância com os Dados para [ɛ] e [ɔ]

As análises de variância efetuadas com os dados para as vogais [ɛ] e [ɔ] apresentaram algumas diferenças fundamentais em relação à análise aqui apresentada com as vogais [e] e [o], diferenças estas que se manifestaram para F1 e para a duração da vogal oral total x vogal nasal - mur.

Para F1, tanto a qualidade da vogal quanto a nasalidade alcançaram índices significativos enquanto fatores independentes, ao passo que a interação entre estes dois fatores, ao contrário do que havíamos constatado anteriormente, não se mostrou significativa o bastante, situando-se no limiar para o valor $p \leq 0,05$, ou abaixo dele. Cabe ressaltar que, em virtude do seu maior grau de abertura, as vogais [ɛ] e [ɔ] apresentam F1 mais altos que [e] e [o], e mais próximos de [ẽ] e [õ]; esta diferença entre os F1 destas vogais seria a responsável pelo maior destaque dado ao fator nasalidade na análise aqui examinada, que com estes novos valores, mais altos, para as vogais orais, seria ressaltada como um fator independente da vogal.

Com relação a F2, a análise para [ɛ] e [ɔ] confirmou nossa análise anterior (notamos porém nesta segunda análise uma interação vogal x nasalidade mais pronunciada), o mesmo acontecendo com relação à duração da vogal total.

Quanto à duração da vogal nasal sem o murmúrio comparada à vogal oral total, notamos que a nasalidade apresentou-se como um fator significativo, o mesmo ocorrendo, em escala bastante limitada, com a qualidade vocálica, que se encontra no limiar de significância para $p \leq 0,05$. Notamos que também as interações vogal x nasalidade e nasalidade x emissão foram apenas minimamente significativas. Neste caso, vemos que não é apenas o murmúrio em si que carrega o ônus pela distintividade orais x nasais: com os novos valores para as vogais orais, as diferenças de duração entre orais e nasais se apresentam mais salientes, apontando para uma influência comparativamente maior do fator nasalidade sobre a duração das vogais analisadas quando computamos os dados para [ɛ] e [ɔ].

Tabelas Relativas aos Testes-t de Student

Apresentaremos a seguir as tabelas resultantes da aplicação de testes-t de Student sobre os nossos dados. Estes testes visavam estabelecer uma comparação entre as vogais orais e as nasais aos pares, de modo que comparamos aqui [a] x [ã], [e] x [ẽ], [i] x [ĩ], [o] x [õ] e [u] x [ũ].

Tabela I - Valores de p para F1

Diferença Tabela I	Diferença	Graus de Liberdade	Valor de t	Valor de p	Diferença Tabela II	Diferença	Graus de Liberdade	Valor de t	Valor de p
[a] x [ã]	108.333	11	7.288	.0000	[a] x [ã]	133.333	11	7.281	.0000
[e] x [ẽ]	67.500	11	2.193	.0507	[e] x [ẽ]	67.500	11	2.193	.0507
[e] x [ẽ]	-130.833	11	-3.750	.0032	[e] x [ẽ]	-117.500	11	-3.744	.0032
[i] x [ĩ]	12.500	11	3.362	.0063	[i] x [ĩ]	12.500	11	3.362	.0063
[o] x [õ]	23.333	11	1.061	.3115	[o] x [õ]	33.333	11	1.540	.1519
[o] x [õ]	-150.000	11	-4.347	.0012	[o] x [õ]	-133.333	11	-4.462	.0010
[u] x [ũ]	-10.833	11	-0.841	.4181	[u] x [ũ]	-10.833	11	-0.841	.4181

Tabela II - Valores de p para F2

Diferença Tabela I	Diferença	Graus de Liberdade	Valor de t	Valor de p	Diferença Tabela II	Diferença	Graus de Liberdade	Valor de t	Valor de p
[a] x [ã]	-26.667	11	-0.992	.3427	[a] x [ã]	-26.667	11	-0.992	.3427
[ɛ] x [ẽ]	-235.000	11	-8.820	.0000	[ɛ] x [ẽ]	-235.000	11	-8.820	.0000
[e] x [ē]	-38.333	11	-1.736	.1105	[e] x [ē]	-38.333	11	-1.736	.1105
[i] x [ĩ]	-136.667	11	-6.100	.0001	[i] x [ĩ]	-126.667	11	-5.968	.0001
[ɔ] x [õ]	185.333	11	8.111	.0000	[ɔ] x [õ]	185.333	11	8.111	.0000
[o] x [ô]	60.833	11	3.255	.0077	[o] x [ô]	60.833	11	3.255	.0077
[u] x [ũ]	120.000	11	7.287	.0000	[u] x [ũ]	120.000	11	7.287	.0000

Tabela III - Valores de p para Duração da Vogal Total / Valores de p para Duração da Vogal - Mur

Diferença p/ Vogal Total	Diferença	Graus de Liberdade	Valor de t	Valor de p	Diferença p/ Vogal - Mur	Diferença	Graus de Liberdade	Valor de t	Valor de p
[a] x [ã]	-40.507	11	-4.331	.0012	[a] x [ã]	11.443	11	1.710	.1152
[ɛ] x [ẽ]	-60.283	11	-8.537	.0000	[ɛ] x [ẽ]	-16.924	11	-3.444	.0055
[e] x [ē]	-71.877	11	-8.989	.0000	[e] x [ē]	-28.518	11	-5.057	.0004
[i] x [ĩ]	-68.752	11	-10.279	.0000	[i] x [ĩ]	-0.522	11	-0.080	.9373
[ɔ] x [õ]	-38.275	11	-3.462	.0053	[ɔ] x [õ]	15.364	11	1.768	.1050
[o] x [ô]	-55.465	11	-4.650	.0007	[o] x [ô]	-1.826	11	-0.221	.8289
[u] x [ũ]	-55.846	11	-5.021	.0004	[u] x [ũ]	5.740	11	0.626	.5439

Comentários sobre os Resultados dos Testes-t

Para os testes-t, as três emissões de cada vogal oral de cada informante foram comparadas com as suas contrapartes nasais; as comparações foram feitas para cada parâmetro: F1, F2 e duração. Trabalhamos sempre com 11 graus de liberdade (3 emissões x 4 informantes = $n = 12$; $n-1 = 11$). Foram considerados significativos apenas os valores de t que apresentavam a probabilidade $p \leq 0,05$ de terem sido encontrados aleatoriamente.

Quanto a F1, assim, apresentaram-se como significativas as diferenças entre [a] x [ã]; [e] x [ê], [i] x [î] e [o] x [ô]. Aparentemente, [ɔ] x [õ] e [u] x [û] não constituiriam, quanto a F1, classes distintas, o que aponta para uma semelhança notável entre estas vogais orais e as nasais correspondentes, e, conseqüentemente, para uma pequena interferência da nasalidade, nestes casos, sobre o primeiro formante; [ɛ] x [ê] situou-se no limite para $p \leq 0,05$, indicando também que ambas as vogais são bastante semelhantes entre si quanto a F1. A diferença entre os valores das tabelas I e II não se revelou estatisticamente significativa quanto à distinção das classes, sendo o resultado da tabela I basicamente o mesmo da tabela II.

Quanto a F2, [ɛ] x [ê], [i] x [î], [ɔ] x [õ], [o] x [ô] e [u] x [û] apresentaram significância. Vemos aqui que, as vogais [ê], [ô] e [û], embora não se apresentassem distintas quanto a F1 em relação a [ɛ], [ɔ] e [u], foram consideradas como diferentes destas vogais quanto a F2. O inverso ocorreu, porém, com [a] x [ã] e [e] x [ê]. Apenas [i] x [î] e [o] x [ô] mantiveram-se constantes enquanto classes distintas para F1 e F2. Novamente, o fato de possuímos diferentes valores para as tabelas I e II não se refletiu fortemente nas estatísticas.

Os resultados até certo ponto díspares encontrados para as oposições vocálicas apontam para uma atuação bastante irregular da nasalidade em relação à frequência dos formantes vocálicos, modificando-os substancialmente em algumas vogais e deixando-os praticamente inalterados em outras. Isto justifica o resultado encontrado nas análises de variância, em que a nasalidade raramente se mostrou significativa enquanto um fator isolado, apresentando porém considerável relevância quando em relação à qualidade da vogal sobre a qual incidia.

A duração apresentou resultados comparativamente mais interessantes: todas as diferenças mostraram-se significativas para a duração da vogal total, mas apenas as diferenças [e] x [ê] e [ɛ] x [ê] persistiram quando subtraímos o murmúrio do valor total de duração das vogais nasais. Isto demonstra o papel crucial do

murmúrio na definição da vogal [ẽ] enquanto oposta às suas contrapartes orais; no caso de [ẽ], o parâmetro duração pode ter sofrido influência da ditongação [ẽi] constatada anteriormente para estas vogais: a ditongação da vogal pode ser aqui a responsável pela maior duração de [pẽ] em relação à duração das demais vogais nasais quando subtraímos o murmúrio, e em relação às suas contrapartes [e] e [ɛ].

6) Análise Qualitativa das Vogais Nasais (Experimento 4)

Passaremos agora a uma descrição de natureza qualitativa das vogais nasais. Em linhas gerais, nosso objetivo é fornecer nesta secção as principais características dos formantes vocálicos tais como visualizadas nos espectrogramas que fundamentaram nossa análise. Embora não tenhamos trabalhado diretamente com a movimentação destes formantes ao longo das faixas de frequência no tempo, procuramos fornecer um panorama razoável de suas principais características: se são interrompidos ou não, se os formantes terminam por fundir-se num ponto qualquer do espectrograma (ou seja, num dado momento do tempo), etc.

Os critérios utilizados na análise dos dados e confecção das tabelas foram os seguintes:

- Para considerarmos um formante como interrompido, em algum trecho da emissão da vogal deve ter havido energia acústica 0 ou muito próxima de 0 no formante em questão. Não consideramos como interrompidos os formantes cuja intensidade foi decaindo gradativamente até atingir 0, visto que a ausência de energia acústica aí é derivada de um processo de diminuição (queda) de intensidade, e não de uma interrupção brusca do formante.

- Consideramos como "cluster" qualquer aglomerado de ressonâncias, o que pode implicar em um formante ou com grande largura de banda ou cercado de ressonâncias de baixa intensidade muito próximas a ele (numa faixa de até 60 Hz). Não consideramos como "cluster" casos claros de bifurcação ou mesmo "trifurcação" de formantes. Os casos duvidosos estão assinalados tanto na coluna dos clusters como na coluna das bifurcações.

- Um formante foi considerado bifurcado quando, tendo ao início se apresentado como um único formante, foi, no decorrer da vogal, sendo separado em duas (ou mais) ressonâncias, distantes entre si pelo menos em 60 Hz. ①

- Consideramos que houve junção de formantes quando dois (ou mais) formantes que ao início da vogal se encontravam distantes entre si foram, no decorrer da vogal, se aproximando até uma fusão completa ou parcial (consideramos fusão parcial quando os formantes em questão ficaram a uma distância máxima de 60 Hz).

- Por "queda de intensidade", entendemos um processo de diminuição gradual da intensidade de um dado formante ao longo da vogal, tendendo ou não a intensidade a 0. Os casos em que a intensidade tendeu a 0 receberam, porém, marcação especial dentro desta categoria, sendo assinalados por "↘".

- Consideramos presença de ressonâncias nasais entre F1 e F2, e entre F2 e F3 quando registramos a ocorrência de energia acústica em quantidade considerável entre as medidas dos formantes supra-citados. Quando não nos foi possível asseverar a existência destas ressonâncias, embora todas as aparências indicassem a sua presença, assinalamos tais ocorrências com uma interrogação "?".

- Quando os eventos aqui mencionados ocorreram unicamente no âmbito do murmúrio, indicamos este fato com um "m".

Para as tabelas que iremos apresentar a seguir, utilizamos a seguinte notação:

! - interrupção do formante indicado em algum momento do tempo

≈ - cluster (denso aglomerado de ressonâncias) no formante indicado

◁ - bifurcação do formante indicado

⋈ - junção dos formantes especificados

dB ↓ - queda de intensidade do formante especificado

F₋-F_n- F₋ - presença de formantes nasais (F_{ns}) entre os formantes especificados

Para maior comodidade do leitor, acima de cada tabela acrescentaremos uma linha resumindo a nomenclatura que acabamos de explicitar.

A presença do traço em questão foi, em nossa tabela, assinalada com um "✓" e a sua ausência, com um "-"; quando havia dúvidas de qualquer espécie sobre a presença ou ausência de um certo traço, utilizamos a notação "?". Foram usadas como complementares as seguintes notações:

! - quando o traço em questão era muito pronunciado

o) - quando o evento ocorreu apenas no início da vogal

1/2 - quando o evento ocorreu no meio da vogal

m - quando o traço em questão só ocorreu no murmúrio

f - quando o traço ocorreu apenas no final da vogal. Utilizamos "f" nos casos em que murmúrio = \emptyset .

\varnothing - o formante assinalado tendeu a zero em intensidade

\varnothing_m - o formante assinalado tendeu a zero em intensidade apenas no murmúrio

\varnothing_f - o formante assinalado tendeu a zero em intensidade apenas no final. Este sinal foi utilizado nos casos em que murmúrio = \emptyset .

Passaremos agora à apresentação das tabelas relativas à análise qualitativa dos formantes.

vogais: itens	interrupção				cluster				bifurcação				junção			queda intensidade				Fns	
	F 1	F 2	F 3	F 4	≈ F 1	≈ F 2	≈ F 3	≈ F 4	< F 1	< F 2	< F 3	< F 4	F1 X F2	F2 X F3	F3 X F4	d B ↓ F 1	d B ↓ F2	d B ↓ F 3	d B ↓ F 4	F2- - Fn- -F1	F3- - Fn- -F2
[p̃] Z1	-	m	-	-	✓ ⊙	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	✓	m	m	✓	✓	
[p̂] Z1	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	m	m	m	✓	?	
[p̄] Z1	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	m	✓	✓	
[p̅] Z1	-	m	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	m	-	-	m	m	m	?	✓	
[p̆] Z1	-	-	-	✓	✓	?	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	m	m	?	✓	
[ṗ] Z2	-	✓	-	m	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	m	m	?	✓	
[p̈] Z2	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	-	m	-	m	✓	✓	
[p̉] Z2	-	✓	?	-	✓	✓	✓	✓	-	?	-	-	m	✓	-	-	?	✓	✓	✓	
[p̊] Z2	-	✓	-	-	-	-	✓	✓	-	-	?	-	✓	-	-	m	-	m	?	✓	
[p̋] Z2	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	?	-	-	?	✓
[p̌] Z3	?	✓	-	-	✓	-	✓	✓	-	-	?	-	-	-	✓	m	m	m	?	✓	
[p̍] Z3	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	-	m	m	m	✓	?	
[p̎] Z3	-	-	-	m	✓	-	-	✓	-	-	-	-	m	✓	-	✓	m	m	✓	✓	
[p̏] Z3	-	m	m	m	-	-	✓	✓	-	-	?	-	?	-	-	m	m	m	?	✓	
[p̐] Z3	-	✓	-	-	?	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	?	-	-	?	✓
[p̑] E1	-	✓	?	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	?	-	-	?	∅	1/2	✓	?	✓	
[p̒] E1	-	m	✓	-	✓	-	?	✓	-	-	-	-	✓	-	-	m	m	m	✓	?	
[p̓] E1	-	-	✓	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	?	-	i	∅	∅	✓	✓	
[p̔] E1	?	?	-	✓	✓	✓	?	?	-	-	✓	?	✓	-	?	m	m	-	?	✓	
[p̕] E1	-	-	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	?	✓
[p̖] E2	-	?	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	?	✓	-	✓	✓	✓	
[p̗] E2	-	-	-	m	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	m	-	✓	✓	-	m	✓	?	
[p̘] E2	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	1/2	∅	∅	✓	-	
[p̙] E2	?	?	-	✓	✓	?	-	?	-	-	?	✓	✓	-	?	✓	✓	m	m	✓	
[p̚] E2	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	?	✓
[p̛] E3	-	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	∅	1/2	✓	✓	✓	
[p̜] E3	-	-	?	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	m	-	?	-	-	∅ _m	✓	?	
[p̝] E3	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	∅	∅	✓	-	
[p̞] E3	-	-	-	?	✓	?	-	✓	-	-	-	?	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	
[p̟] E3	-	-	✓	✓	✓	?	-	-	-	-	m	-	✓	-	-	-	-	m	-	✓	
Totais ✓	-	8	7	10	26	9	14	19	-	-	11	1	10	4	6	5	11	5	9	15	23
Totais m	-	4	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	1	9	11	17	-	-

vogais: itens	interrupção				cluster				bifurcação				junção			queda intensidade				Fns	
	F 1	F 2	F 3	F 4	≈ F 1	≈ F 2	≈ F 3	≈ F 4	◀ F 1	◀ F 2	◀ F 3	◀ F 4	F1 X F2	F2 X F3	F3 X F4	d B ↓ F 1	d B ↓ F 2	d B ↓ F 3	d B ↓ F 4	F2- - Fn- -F1	F3- - Fn- -F2
[p̃] L1	-	-	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	m	∅ _m	m	∅ _m	?	-
[p̃ê] L1	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	?	-	m	-	-	∅ _m	✓	∅ _m	?	-
[p̃í] L1	-	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	-	∅	m	m	✓	✓
[p̃ô] L1	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	?	-	m	-	-	✓	✓	-	m	?	✓
[p̃ú] L1	-	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	m	-	-	-	m	-	∅	?	?
[p̃] L2	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	∅ _f	✓	✓	?	✓
[p̃ê] L2	-	✓	m	m	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	m	-	-	✓	✓	∅ _m	✓	✓
[p̃í] L2	-	✓	?	-	✓	-	?	✓	-	3	-	-	-	m	✓	-	✓	✓	m	✓	✓
[p̃ô] L2	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	f	f	f	f	?	✓
[p̃ú] L2	-	?	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	?	-	f	-	-	f	f	-	∅	?	✓
[p̃] L3	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	f	f	f	f	?	✓
[p̃ê] L3	-	-	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	m	-	-	m	m	∅ _m	✓	✓
[p̃í] L3	-	✓	✓	-	✓	3	-	✓	-	3	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	∅ _m	✓	✓
[p̃ô] L3	-	-	-	-	✓	-	?	-	-	-	-	?	✓	-	✓	m	m	∅ _m	∅ _m	?	✓
[p̃ú] L3	-	-	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	?	-	m	-	-	m	m	m	∅ _m	?	✓
[p̃] W1	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	?	?	m	-	✓	✓	✓	∅ _m	✓	-	✓
[p̃ê] W1	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	m	m	m	✓	?
[p̃í] W1	-	✓	?	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓!	-	m	m	m	✓	✓
[p̃ô] W1	-	-	✓	-	✓	✓	-	✓	-	-	?	✓	✓	-	-	✓	✓	∅	m	?	✓
[p̃ú] W1	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	∅	m	?	✓
[p̃] W2	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	?	-	-	-	✓	✓	✓	✓	?	✓
[p̃ê] W2	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	m	m	m	✓	?
[p̃í] W2	-	-	?	-	-	✓	✓	✓	-	✓	?	-	-	-	✓	-	m	m	m	✓	?
[p̃ô] W2	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	?	-	-	✓	✓	?	✓
[p̃ú] W2	-	-	✓	✓	✓	✓	?	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	✓	?	✓
[p̃] W3	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	✓	?	?	-	-	✓	✓	✓	✓	?	✓
[p̃ê] W3	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	m	m	✓	?
[p̃í] W3	-	-	?	-	✓	✓	✓	✓	-	-	?	?	-	-	✓	-	m	m	m	✓	?
[p̃ô] W3	-	?	?	?	✓	?	-	✓	-	-	✓	?	✓	-	?	?	?	✓	✓	?	✓
[p̃ú] W3	-	?	?	?	✓	✓	?	✓	-	-	✓	?	✓	-	?	-	?	?	?	?	✓
Totais ✓	-	7	10	6	23	11	9	22	-	1	7	2	9	3	9	9	14	14	11	11	22
Totais m	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-	3	11	12	18	-	-

Comentários sobre a Tabela Qualitativa de Formantes

Observamos que F1 praticamente jamais se apresenta interrompido, embora a ocorrência de clusters para F1 seja bastante elevada. Isto acontece provavelmente devido à influência de um Fn intenso na região de F1, que dificulta a separação das ressonâncias dos dois formantes ao mesmo tempo em que mantém constante a intensidade de ambos. A presença de ressonâncias nasais (possíveis Fn) entre F1 e F2 foi constatada com certeza em 43,3% das vogais analisadas, com 95,8% de ocorrência entre as vogais anteriores e nenhum caso comprovado entre as posteriores. A baixíssima ocorrência registrada para as nasais posteriores deve-se ao fato de, para estas vogais, F1 e F2 se apresentarem muito juntos o que, somado à interferência de um formante nasal na região de F1 (prevista pela teoria acústica, conforme examinamos na primeira parte deste trabalho), gerou grande densidade de ressonâncias numa faixa espectral muito reduzida, dificultando em muito a medição e classificação das ressonâncias aí encontradas. Poderíamos supor que, para as vogais nasais posteriores poderia existir uma substituição de F1 por um Fn, ou uma maciça interferência dos Fn, de modo a que, perceptualmente, o emaranhado de ressonâncias encontrado nesta região constitua a pista para a identificação da vogal. Com efeito, 83,3% dos dados para vogais posteriores quanto à presença de Fns entre F1 e F2 aparecem marcados com um "?".

A vogal [ẽ] registrou 25% de ocorrências de Fn entre F1 e F2, e 66,6% de casos "duvidosos" ("?"). No caso de [ẽ], a ressonância nasal mais marcada, em torno de 1000 Hz incidiu exatamente na região do segundo formante da vogal, somando forças a este e aumentando sua intensidade (ver tabelas de intensidade).

F2 apresentou um comportamento irregular ao longo de nossa análise, comportamento este que se refletiu em todos os parâmetros. Notamos certa tendência de F2 de [pĩ] apresentar-se interrompido (50% das ocorrências de [pĩ]). F2 apresentou maior tendência aos clusters nas vogais posteriores (47,6% das ocorrências de clusters para F2), o que é um reflexo da densidade de ressonâncias verificada na faixa de F1-F2 para as vogais posteriores, que acabamos de comentar.

Convém ressaltar que, para [pĩ] L2 e L3, tivemos a ocorrência de três ressonâncias distinguíveis entre si na região de F2, que partiam de uma bifurcação do formante ocorrida aproximadamente no meio da vogal. [i]

mostrou-se, assim, uma vogal cujo F2 é visivelmente afetado pela nasalidade. [i] responde também, juntamente com [ẽ] Z2, pelos únicos casos de bifurcação de F2 encontrados em nossos dados.

A intensidade de F2 diminuiu sensivelmente ao longo da realização das vogais, com 75% de queda para as vogais analisadas, 44,4% das quais foram registradas apenas no murmúrio ("m")

F3, por sua vez, apresentou um baixo percentual de interrupção (28,3%), tendo sido registrados também numerosos casos de clusters na altura deste formante (38,3%), o que significa um número proporcional ao de casos de clusters registrados para F2.

F3 apresentou, contudo, muitos casos de bifurcação, com um índice de 30 % de ocorrências comprovadas (31,6%, se incluirmos o único caso de bifurcação de F3 registrado apenas para o murmúrio); juntamente com esta tendência à bifurcação, verificamos um alto índice de queda de intensidade para F3, com 70% de ocorrência nas vogais analisadas, sendo que 54,8% dos casos ocorreram apenas no murmúrio.

Tivemos uma ocorrência maciça de ressonâncias entre F2 e F3 (75%), indicando que a nasalidade possui efetivamente considerável influência também na faixa acima dos 1000 - 1200 Hz. Cabe ressaltar, porém, a baixa energia acústica presente nestas ressonâncias "intermediárias", que se apresentavam bastante fracas nos espectrogramas vocálicos.

Note-se que o relativamente alto número de casos de interrupção de F4 (35 % das vogais) deveu-se principalmente ao falante E, que responde por 47,6% destes casos. A interrupção de F4 parece dever-se assim mais à influência de fatores idiossincráticos que propriamente a uma provável peculiaridade das vogais nasais. A ocorrência de clusters para F4, porém, parece ser característica às vogais nasais, tendo ocorrido em 68,3% das vogais analisadas, e com considerável equilíbrio no número de casos para cada falante. O mesmo pode ser dito quanto à tendência à queda de intensidade em F4; com efeito, as vogais analisadas apresentaram o altíssimo percentual de 91,6% de queda de intensidade, sendo 63,6% deste percentual representado por quedas exclusivamente no murmúrio.

Finalmente, quanto à junção dos formantes vocálicos, observamos que F1 e F2 apresentam forte tendência a unir-se durante a realização das vogais posteriores; na verdade, 96 % dos casos de junção F1-F2 ocorrem em vogais posteriores, sendo que, para estas vogais, tivemos 23 casos comprovados de

junção F1-F2 em 24 casos possíveis (tendo 21,7% destes casos ocorrido somente no murmúrio).

F2 e F3 apresentaram considerável tendência à junção nas vogais anteriores (62,5% das ocorrências destas vogais), tendo a vogal [ẽ] apresentado o espantoso índice de 100% de junção F2-F3. Destes 62,5% de ocorrências, 53,3% tiveram lugar apenas no murmúrio. Estes resultados são até certo ponto esperados, se levarmos em conta que a proximidade dos formantes citados ocorre também nas vogais orais anteriores; tal proximidade, somada aos efeitos decorrentes da nasalidade, entre os quais o amortecimento dos formantes vocálicos, poderia levar os formantes das vogais nasais anteriores a se unirem.

Os casos de junção F3-F4 praticamente limitaram-se às vogais [i] e [õ], com 93,3% das ocorrências de junção (a exceção é [ĩ] W1, em que F3 e F4 também uniram-se em algum ponto da vogal). À exceção de [i] E1, em que temos um caso duvidoso, todas as demais realizações de [i] apresentaram junção comprovada destes dois formantes. A junção F3-F4 parece ser, assim, uma característica forte para a vogal nasal [i], e pode constituir uma pista acústica que auxilie na identificação desta vogal em oposição à sua contraparte oral.

Após esta análise qualitativa das vogais nasais, iremos finalmente explorar em maiores detalhes as diferenças individuais notadas entre os diferentes falantes que contribuíram para esta pesquisa.

7) Diferenças entre Sujeitos

Nossa intenção inicial neste trabalho era dedicar uma pequena secção dentro da descrição dos resultados do experimento quatro às diferenças notadas entre os quatro sujeitos de nossa pesquisa. À medida que o trabalho prosseguia, porém, tornou-se claro que o material de que dispúnhamos era mais pródigo em termos de caracterização de falantes do que poderíamos supor.

Com efeito, existem entre os falantes diferenças consideráveis na faixa de localização dos formantes vocálicos e em sua intensidade, mas as diferenças mais interessantes, sob este ponto de vista, poderão ser encontradas dentro do parâmetro duração, em especial relacionada à presença/ausência do murmúrio e à sua maior ou menor duração.

As diferenças começam a partir da qualidade de voz de nossos informantes. O falante Z, por exemplo, apresenta uma qualidade de voz extremamente próxima à voz modal, e uma grande familiaridade com os procedimentos de gravação de um corpus linguístico, o que facilitou em muito o seu controle de velocidade de fala e de entonação durante a realização do experimento.

O falante L, por sua vez, apresenta uma voz de intensidade naturalmente mais baixa, sendo também a mais grave das vozes aqui analisadas. Sua qualidade de voz é muito ligeiramente murmurada, e em geral, os espectrogramas para este falante revelaram formantes consideravelmente bem definidos, especialmente para as vogais nasais.

Já o falante E possui uma qualidade de voz que tende à voz rangida ("creaky voice"), com certa quantidade de ruído (proveniente de um ligeiro murmúrio ou sussurro) que prejudicou um pouco a definição dos formantes.

A qualidade de voz do falante W é um pouco semelhante à do falante E: ligeiramente rangida, mas aparentemente um pouco mais anasalada. As gravações de W tiveram de ser refeitas, devido a um problema de controle de velocidade de fala encontrado nas gravações iniciais.

Quanto às peculiaridades do padrão-F apresentadas para cada informante, convém primeiramente comentar o número considerável de formantes "duplos" encontrados nas emissões de nossos falantes. Estes formantes se devem muito provavelmente às características específicas da qualidade de voz do indivíduo; características estas que se manifestariam mais para algumas vogais que para outras, variando também conforme o formante envolvido. Vemos assim que os falantes E e W, que apresentam graus variáveis de "rangido" na voz, apresentam o maior número

de formantes duplos, ao passo que Z possui o menor índice de duplicação de formantes vocálicos.

Com efeito, para as vogais orais, W e E foram os únicos responsáveis pela ocorrência de formantes duplos em F1 (W = 1, E = 3), F2 (E = 1) e F3 (W = 3). Para F4, porém, a distribuição dos formantes duplos foi mais equilibrada, embora com predomínio de L: Z = 2, W = 1, E = 1 e L = 4. Isto pode indicar uma possível tendência, pouco saliente, é verdade, de duplicação de F4 quando da realização de vogais orais, especialmente de [o] (que responde por três dos oito casos de duplicação do formante).

Entre as vogais nasais, todas as ocorrências de duplicação registradas referem-se unicamente a F3 e F4: os dois primeiros formantes não apresentaram nenhum caso de formantes duplos. W e E, novamente, são os responsáveis pelo maior número de duplicações, sendo que, para F3, estes falantes detêm o percentual de 75% das duplicações (W = 5, Z = 2, E = 1) e para F4, apenas E apresentou formantes duplos (E = 2). O falante L não apresentou nenhum caso de duplicação de formantes para as vogais nasais.

De uma maneira geral, o falante L foi quem apresentou os formantes localizados numa faixa de frequência mais baixa que a dos demais informantes, enquanto W e E apresentaram os formantes nas faixas de frequência mais altas. Estes fatos podem ser atribuídos a diferenças de frequência fundamental (F0) entre os falantes, bem como às características particulares do filtro (trato vocal), naturalmente bastante variáveis segundo os indivíduos.

Notemos que o falante Z₁ apresentou poucos casos de interrupção para F3 e F4, mas teve o maior índice de interrupção de F2 entre os falantes (9 em 15 vogais mostraram interrupção em F2), o que indica, da parte deste falante, uma clara tendência a oscilações de intensidade no F2 das vogais nasais, confirmada também pelo elevado índice de queda de intensidade de F2 (10 em 15 vogais, 7 das quais caíram apenas no murmúrio). F2, porém, é para Z o formante em que menos ocorrem clusters de ressonâncias, clusters estes abundantes em F1, F3 e F4. Estes fatos podem indicar a interferência de um anti-formante na região de F2, que diminuiria em muito a influência dos fracos Fns presentes nesta posição, ao mesmo tempo em que atuaria negativamente sobre a intensidade do próprio F2. Observemos, porém, que Z, juntamente com E, apresentou o maior número de casos comprovados da presença de um formante nasal entre F1 e F2 (Z = 7, E = 8), o que indica a ocorrência de um Fn2, para Z, na altura de 1000 Hz, ou um pouco abaixo desta frequência; o anti-formante correspondente estaria assim situado na faixa

imediatamente acima de F_{n2} , e teríamos assim aqui um par formante nasal/anti-formante nos moldes típicos descritos pela teoria acústica (ver Parte I deste trabalho).

O falante L, porém, apresentou a maior quantidade de casos duvidosos quanto à presença de um F_n entre F_1 e F_2 (10 casos em 15 vogais), embora tenha apresentado baixos índices de interrupção de formantes: o maior índice, de 40%, pertence a F_3 . L apresentou também queda de intensidade altamente pronunciada para F_2 , F_3 e F_4 ($F_2 = 15$ ocorrências em 15 casos possíveis; $F_3 = 12$; $F_4 = 15$), registrada normalmente na porção final da vogal que, no falante L, como veremos adiante, nem sempre corresponde ao murmúrio. Vemos com isto que os formantes de L tendem a apresentar energia acústica constante durante a emissão da vogal nasal, perdendo intensidade porém ao final desta, local em que predominam as ressonâncias nasais. Ao mesmo tempo, os casos duvidosos quanto à presença de F_{n2} indicam a baixíssima energia acústica presente nesta região; isto pode implicar na presença de um anti-formante bastante forte, que praticamente anularia as ressonâncias nasais geralmente encontráveis nessa região, e, provavelmente, também F_{n2} .

É interessante notar que os falantes W e E tiveram o maior índice de clusters em F_2 ($W = 7$, $E = 7$), e também o maior número de casos de bifurcação de formantes ($E = 8$, $W = 10$). Podemos supor assim que a influência da nasalidade é bastante pronunciada para estes falantes, manifestando-se especialmente através de um grande número de pequenas ressonâncias nasais espalhadas ao longo do espectro da vogal, semelhantes a pequenas "manchinhas" quando observadas ao espectrógrafo. Recordemos a este respeito que, como mencionado, E apresenta juntamente com Z ($E = 8$, $Z = 7$) o maior número de casos comprovados de um F_n entre F_1 e F_2 , enquanto W, embora confirme a presença deste F_n para as vogais anteriores (que possuem F_1 e F_2 mais separados), apresentou tamanha sobreposição de ressonâncias nesta região para as demais vogais que foi-nos impossível ajuizar se os fenômenos observados eram devidos à influência de F_n s ou não.

Cabe a W, também, o maior número de clusters em F_4 , bem como os maiores índices de queda de intensidade para F_2 e F_3 (título que divide com L), especialmente no murmúrio. Isto indica que, juntamente com a forte influência da nasalidade através de um padrão com numerosos formantes nasais e anti-formantes, pode existir igualmente a influência de fatores inerentes à qualidade de voz do indivíduo sobre as vogais nasais. Caso contrário, as diferenças existentes entre as emissões dos falantes W e E em relação aos falantes Z e L seriam dificilmente

explicadas. Podemos assim supor que, no caso de W e, talvez, de E, os efeitos decorrentes da qualidade de voz e da nasalidade aparentemente se mesclam a tal ponto que dificultam a obtenção de um padrão-F consistente. Seriam necessários estudos com um maior número de falantes que nos permitissem ajuizar sobre a possível influência de dialetos regionais sobre os padrões verificados para cada informante.

Com relação ao parâmetro duração, vemos que as diferenças existentes entre os falantes se tornam ainda mais acentuadas.

Notamos que, nas vogais nasais que apresentaram murmúrio, este correspondeu a cerca de 20 a 65 % da vogal nasal total, variando muito este índice segundo o falante. Assim, o falante L apresentou os murmúrios menos significativos em termos de duração, enquanto que o falante E apresentou os índices mais significativos do murmúrio em relação à vogal nasal total.

Notamos que o falante E apresentou as vogais nasais mais longas em média, enquanto Z (à exceção de [ũ]) tendeu a apresentar a média mais baixa de duração geral das vogais. Este fato pode dever-se à interferência da variável velocidade de fala, que infelizmente não conseguimos neutralizar completamente em nossos dados devido à pouca familiaridade de nossos informantes com experimentos linguísticos. Isto não aconteceu, porém, com o falante Z, que manteve a velocidade de fala constante ao longo de todo o experimento.

Vemos por outro lado que os murmúrios de menor duração pertenceram aos falantes L e Z, ao passo que E foi o falante que realizou os murmúrios mais longos, com larga margem em relação aos demais falantes.

Quando subtraímos a duração do murmúrio da duração da vogal nasal total, os resultados naturalmente devêriam se inverter: L e Z apresentariam as vogais mais longas e E, as mais curtas. Contudo, não é exatamente o que acontece: L apresenta com efeito as vogais mais longas, mas apenas [ẽ], [ĩ] e [ũ] de E são mais curtas que as vogais dos demais falantes, enquanto Z apresentou vogais de pouca duração para [ẽ], [ê] e [ĩ].

Cabe notar aqui que foram precisamente as vogais [ê] e [õ] de E que quebraram a regularidade esperada. Recordemos, porém, que o falante E é paulista, e que a ditongação das vogais nasais [ê] e [õ] é uma característica deste dialeto. Com efeito, E apresenta uma ditongação pronunciada para estas vogais, e o efeito de duração aqui levantado deve-se certamente a esta característica, ao mesmo tempo dialetal e idiossincrática.

Para o efeito que notamos em Z, porém, devemos buscar uma explicação diferente. A tendência à ditongação não seria tão pronunciada para Z como para E. Notemos porém que Z apresentou, como comentamos acima, as menores durações para as vogais nasais em geral; foi também um dos falantes que apresentou os murmúrios menos longos. Poderíamos assim levantar a hipótese de que o murmúrio representaria um maior percentual em relação à duração total da vogal para as vogais [ẽ], [ê] e [i] que para as demais. Na verdade, é isto o que aparentemente acontece: para as vogais acima especificadas, o murmúrio representa, nas emissões do falante Z, 36 % da duração total da vogal para [ẽ], 28,9% para [ê] e 33,2% para [i], índices estes superiores aos verificados para as vogais nasais posteriores ([õ] = 27,7% e [û] = 25,5%).^Q Vemos assim que o fato de tais vogais se apresentarem mais curtas do que poderíamos esperar pode dever-se à maior importância atribuída ao murmúrio para estas vogais pelo falante em questão, bem como à menor duração das vogais de Z como um todo.

Como pudemos verificar, a influência de características individuais dos falantes sobre os segmentos analisados revelou-se bastante destacada. Convém salientar contudo que isto não inviabilizou de forma alguma a apreensão do padrão geral das vogais em questão, pois procuramos sempre no decorrer deste trabalho neutralizar ao máximo as diferenças inter-falantes, realçando o que as suas emissões possuíam em comum. Cobia não esquecer, por outro lado, que, apesar de buscarmos as possíveis invariâncias, estávamos lidando basicamente com falantes únicos, cada qual diferente do outro e com suas próprias peculiaridades. Esta secção é fruto desta segunda perspectiva.

8) Características das Vogais Nasais

De uma maneira geral, as características das vogais nasais por nós apontadas nos experimentos anteriores confirmaram-se também em nosso quarto experimento, que nos permitiu também levantar outras características adicionais.

A realização das vogais nasais em fases distintas foi aqui atestada; com efeito, encontramos evidências suficientes para comprovar a existência de pelo menos duas fases: a vogal nasal e o murmúrio. A fase 1, que corresponderia ao onset oral destas vogais, embora visível nos espectrogramas (especialmente nas vogais nasais posteriores) e comprovada auditivamente através de diferentes janelamentos efetuados com o auxílio da função C do espectrógrafo, não foi tematizada neste trabalho com a mesma ênfase que as demais fases das vogais nasais.

Isto ocorreu por verificarmos que esta fase inicial da vogal encontra-se muito imbricada às transições consoante-vogal, sendo necessário o desenvolvimento de critérios que permitam a maior precisão possível das medidas neste trecho, se possível isolando ao máximo a vogal dos efeitos da explosão do [p], ou dos efeitos de qualquer outra consoante que venha a ocorrer antes da vogal nasal estudada. Esta é uma tarefa difícil e delicada o bastante para inviabilizá-la no atual estágio da pesquisa que desenvolvemos. Pretendemos, contudo, abordar este tema num estágio posterior de nosso trabalho, e assim completar o panorama geral das diferentes fases das vogais nasais.

Realizaremos assim uma exposição resumida das características gerais das vogais nasais segundo nos foi possível apreender a partir deste quarto experimento.

1) As vogais nasais apresentam maior duração que suas contrapartes orais, aparentemente em qualquer ambiente. Esta maior duração tende a refletir-se também ao nível da sílaba, sendo as sílabas que apresentam vogais nasais geralmente mais longas que aquelas que apresentam as vogais orais correspondentes.

2) A maior parte das vogais nasais analisadas registrou a presença de um murmúrio nasal, que consideramos aqui como constituindo a terceira fase de realização destas vogais. Este murmúrio seria consideravelmente coarticulado à vogal, e não apresenta sinais aparentes de transições para um ponto de articulação consonantal. Caso estas observações sejam confirmadas em trabalhos posteriores, estaria assim descartada a hipótese da realização de uma consoante nasal [ŋ] em posição anterior a uma oclusiva velar (como na palavra "canga", por exemplo): o

que teríamos foneticamente seria um murmúrio coarticulado à vogal nasal, e sem existência consonantal autônoma em relação a esta vogal. A duração desta fase de murmúrio das vogais nasais pode ser condicionada por fatores dialetais e idiossincráticos.

3) A partir dos resultados verificados para o parâmetro duração, já apresentados, podemos concluir que a responsabilidade pela maior duração das vogais nasais em relação às suas contrapartes orais caberia ao murmúrio. Isto se relaciona ao fenômeno observado no experimento 2, em que trabalhamos justamente com dissílabos. No caso dos dissílabos, conforme mencionado anteriormente, existiria uma tendência de o murmúrio "roubar" o tempo de oclusão da consoante seguinte à vogal nasal.

4) A nasalidade atua de maneira complexa em relação à frequência (Hz) e intensidade dos formantes das vogais, sendo muito difícil o estabelecimento de um padrão único de atuação das ressonâncias nasais que seja independente da vogal. Na verdade, segundo mostra a análise estatística realizada, a influência da nasalidade enquanto fator independente é consideravelmente limitada, só se revelando consistentemente significativa ao interagir com a qualidade vocálica.

5) A nasalidade não alteraria as relações entre as vogais dentro do subsistema nasal, quando em comparação ao subsistema oral. As diferenças aparecerão, porém, quando as vogais de cada subsistema forem colocadas em correspondência e comparadas entre si; neste caso, as alterações acarretadas pela nasalidade serão bastante significativas.

6) As vogais nasais apresentam um padrão geral de intensidade dos formantes vocálicos mais nivelado que as vogais orais, com picos menos abruptos e vales menos pronunciados.

7) As vogais nasais apresentariam um formante nasal de grande intensidade próximo a F1 (Fn1), responsável pela grande quantidade de energia presente nesta região do espectro vocálico. Este formante possuiria energia acústica constante durante toda a vogal, apresentando, via de regra, energia acústica equivalente ou maior que F1.

8) As vogais nasais apresentariam também formantes nasais de menor intensidade em regiões mais altas do espectro, especialmente entre F2 e F3 e entre F3 e F4.

9) As vogais [ē] e [õ]-teriam certa liberdade de realização, podendo variar o grau de abertura sem prejudicar sua distintividade em relação às orais correspondentes. Estas vogais apresentariam também grande tendência à ditongação

em PB, tendência contudo mais pronunciada em alguns dialetos que em outros, realizando-se como [ẽĩ] e [õõ], respectivamente.

10) As vogais extremas do subsistema nasal, [ẽ], [ĩ] e [ũ] manifestaram uma tendência a murmúrios mais longos, o que pode implicar num forte papel do murmúrio para a distinção destas vogais em relação às suas contrapartes orais. Ressaltemos também que, para as vogais [ĩ] e [ũ] é praticamente impossível separar F1 de Fn1, o que acarreta um formante único de grande intensidade e largura de banda, que provavelmente constitui também uma pista acústica para a identificação destas vogais.

11) Quanto ao comportamento geral dos formantes vocálicos das vogais nasais, destacaríamos as seguintes características:

- Haveria uma elevação de F2 e F3 para as vogais nasais anteriores em geral, em relação às vogais orais correspondentes.

- Da mesma forma, as vogais nasais posteriores teriam um F2 mais baixo que as vogais orais posteriores.

- F3 é um formante muito influenciado pela nasalidade, bem como F4. Com efeito, estes foram os formantes que apresentaram maior queda de intensidade, especialmente no murmúrio, bem como o maior número de bifurcações.

- F1 apresenta intensidade praticamente constante ao longo da vogal, unindo-se a F2 nas vogais posteriores.

- De maneira semelhante, F2 se uniria a F3 para [ẽ] e, em menor escala, para [ĩ], e F3 se uniria a F4 para [ũ].

12) Finalmente, apontaríamos a existência de grande influência da qualidade de voz do indivíduo quanto à maior ou menor saliência das possíveis pistas acústicas que permitiriam identificar as vogais nasais. Esta característica pode revelar-se bastante importante do ponto de vista da identificação de falantes.

As afirmações efetuadas acerca das características das vogais e consoantes nasais em PB aqui apresentadas não podem ser categóricas: como vimos, vários são os fatores que podem afetar a realização destes sons. Isolar a influência de cada um destes fatores sobre os segmentos em questão constitui tarefa metodologicamente muito difícil, e extremamente árdua, demandando, além de um profundo conhecimento da atuação de cada possível fator sobre estes segmentos

(possível talvez de ser obtido, a longo prazo, através de experimentos com vogais sintéticas, cujos parâmetros podem ser variados sistematicamente), recursos de planejamento e análise experimentais que não se encontram disponíveis atualmente.

A título de um comentário final sobre as vogais nasais, convém mencionar que constatamos a presença do murmúrio também diante das fricativas [s] e [ʃ], num estudo-piloto de dimensões reduzidas realizado sobre dados do falante Z. Em razão do caráter informal deste estudo, optamos por não incluí-lo na discussão precedente; este é, contudo, um tópico que merece ser tratado com todo o rigor possível, dadas as implicações que pode trazer em termos da generalização do murmúrio para contextos não-oclusivos ③

Conclusão

O trabalho aqui realizado, embora consideravelmente abrangente, encontra-se longe de constituir um estudo completo das consoantes e vogais nasais no Português do Brasil. Em termos experimentais, muito haveria a ser feito.

A realização de estudos com um maior número de sujeitos seria, assim, necessária a fim de testar as hipóteses aqui formuladas, e formular novas hipóteses a partir dos resultados obtidos. Neste novo grupo de sujeitos, seria importante, para fins comparativos, incluir um conjunto formado por dados de falantes do sexo feminino e, talvez, de crianças.

As consoantes nasais, em especial a palatal [ɲ], merecem um estudo mais detalhado, ampliando a análise de seus contextos de realização. Faz-se igualmente necessário concentrar esforços num possível padrão de influência das vogais adjacentes sobre a disposição e movimentação dos formantes das consoantes nasais no espectro, com vistas principalmente a futuros experimentos de síntese destas consoantes.

Ainda em se tratando de consoantes nasais, um estudo complementar dos problemas acústicos representados pela natureza da suposta palatal [ɲ] apresenta enorme interesse, tanto por seu valor descritivo intrínseco como pelo que representaria em termos de possíveis linhas de pesquisa em percepção/síntese/reconhecimento de fala aplicados ao Português do Brasil. Neste estudo complementar, seria de grande interesse a comparação entre as emissões de falantes de diferentes regiões/dialetos brasileiros, a fim de determinar, dentro do possível, as influências dialetais pertinentes.

Gostaríamos aqui de levantar uma hipótese que nos pareceu de grande interesse: tendo sido obtidos, para um único indivíduo, um dado padrão de ressonâncias para as consoantes nasais e um padrão-F das vogais orais, seria possível prever (com relativa acuidade) os efeitos do acoplamento das cavidades nasais para a produção de vogais nasais e/ou nasalizadas para este indivíduo? Torna-se neste caso necessário verificar a viabilidade teórica de tal hipótese, bem como promover a realização de experimentos voltados ao esclarecimento unicamente desta questão; tal trabalho poderia apresentar considerável relevância para pesquisas futuras, especialmente na área de percepção e síntese dos efeitos da nasalidade.

Tendo por base o trabalho experimental aqui descrito e levando em conta as hipóteses anteriormente apresentadas, tornou-se necessário verificar como

se realiza a percepção das vogais nasais do PB, a fim de ajuizar sobre a validade de nossas observações, em especial quanto à divisão de tais vogais em diferentes fases. Este é um estudo que temos grande interesse em realizar, mas que devemos deixar para uma etapa posterior, principalmente devido a dificuldades de natureza metodológica, dado que os sintetizadores de fala aplicados ao português existentes até o momento, e indispensáveis para a realização de um experimento perceptual adequado, não são ainda capazes de distinções tão sofisticadas, especialmente com relação à nasalidade.

Com base em nossos resultados, poder-se-ia à primeira vista argumentar em favor da hipótese de Câmara Jr. de que a vogal nasal constituiria, no nível funcional, um agrupamento V + N, onde N seria um arquifonema nasal subespecificado ④. Este arquifonema poderia, em tese, realizar-se como o murmúrio cuja existência constatamos neste trabalho.

É necessário, porém, grande cautela ao efetuarmos inferências fonológicas a partir de estudos fonéticos. Com efeito, vimos neste trabalho que fatores como a emissão e a identidade dos sujeitos tiveram influências consideráveis sobre nossos dados, bem como fatores de natureza dialetal. Mesmo o parâmetro que se revelou mais robusto no sentido da distinção oral/nasal, o parâmetro duração, está sujeito à influência dos fatores acima mencionados, bem como a possíveis influências de natureza prosódica (como ritmo e entoação) e da própria velocidade de fala.

A esse respeito caberia lembrar também a existência dos chamados "segmentos de contorno", como as consoantes africadas e as pré-nasalizadas, que, embora sejam constituídas por eventos articulatórios diferentes (oclusão + fricção para as africadas; nasalidade + oclusão para as oclusivas pré-nasalizadas) não costumam ser tratados na literatura fonológica como constituindo dois segmentos, dado comportarem-se, nas línguas em que ocorrem, como uma unidade. Da mesma forma, poderia ser argumentado que a vogal nasal aqui descrita, composta aparentemente por três fases distintas, estaria se comportando como uma unidade, dado que nenhuma das três fases apresenta um comportamento autônomo. Esta unidade tripartida poderia igualmente possuir uma representação única, constituindo também um segmento de contorno. Os argumentos fonológicos que sustentariam

essa hipótese são os mesmos que até hoje mantiveram as posições dos autores que favorecem a interpretação monofonêmica (Pontes, 1972; Head 1964).

Convém igualmente ressaltar que não se sabe até onde as diferentes fases das vogais nasais em PB poderiam dever-se à complexidade articulatória inerente à própria realização de uma forte nasalidade. Machado (1993), num estudo articulatório realizado sobre a fala de um informante carioca, aponta que o movimento do véu palatino varia segundo o grau de abertura da vogal nasal, o contexto fônico e a posição que a vogal nasal ocupa na sílaba. Segundo a autora, nas vogais nasais do português do Rio de Janeiro, o abaixamento do véu palatino viria acompanhado de uma redução da cavidade bucal, bem como de um movimento de contração das paredes da faringe. Estes fatos articulatórios poderiam explicar os efeitos acústicos aqui observados para estas vogais. Machado aponta também evidências que poderiam confirmar articulatóriamente nossa hipótese acústica das três fases de realização dessas vogais em PB, salientando a existência de uma "nasal homorgânica", que ocorreria no contexto entre oclusivas e, com menor consistência, diante de pausa.

A esse respeito podemos supor que, sendo o véu palatino um articulador mais lento, a fase oral da vogal nasal poderia dever-se a essa lentidão relativa, sendo necessário um tempo maior para que a abertura velo-faríngea alcance níveis suficientemente significativos para excitar os formantes e anti-ressonâncias do trato nasal através da passagem de ar. Da mesma maneira, a fase final do murmúrio pode dever-se a uma maior lentidão do véu palatino em voltar à posição de fechamento da cavidade nasal. Esta última suposição encontra aparente objeção nos resultados do experimento 2, que mostrou a ausência deste murmúrio para vogais nasalizadas, nas quais também existe um abaixamento do véu palatino. Ressaltemos, porém, que podemos ter aqui diferentes graus de abertura velo-faríngea para os dois segmentos; assim, para uma abertura moderada do tipo requerido para a coarticulação consoante nasal/vogal nasalizada, o véu pode voltar mais rapidamente à posição inicial, acarretando a ausência do murmúrio. Da mesma forma, como a abertura seria menor, a vogal nasalizada não apresentaria as fases características da vogal nasal.

É interessante notar a este respeito que estudos realizados sobre línguas que contêm vogais nasais fonologicamente distintivas apontam sempre uma maior duração das vogais nasais em relação às suas contrapartes orais. Num estudo realizado sobre a duração das vogais nasais do francês, Delattre e Monnot (ed. 1981) apontam que estas vogais são mais longas que as orais em todas as posições

em que ocorrem. Da mesma forma, Jha (1986) reporta que na língua Maithili, falada em regiões da Índia e do Nepal, as oito vogais nasais distintas presentes no sistema fonológico tendem a apresentar duração maior que as vogais orais correspondentes. Em português, Machado (1993) e Moraes & Wetzels (1992) apontam também uma maior duração das vogais nasais no dialeto carioca. O fato de as vogais nasais apresentarem características semelhantes em línguas diferentes pode indicar que a maior duração destes segmentos poderia dever-se principalmente às peculiaridades articulatórias inerentes à sua realização.

Quanto à considerável proeminência do primeiro formante nasal no espectro dos sons nasalizados, convém ressaltar que, comparando os resultados do experimento 3 (consoantes nasais) aos do experimento 4, podemos observar certa proximidade nas medidas de F_{n1} para as consoantes nasais e para as vogais nasais. O fato de os experimentos 3 e 4 terem sido realizados com falantes diferentes por um lado dificulta conclusões mais definitivas e, por outro, permite-nos abstrair a diferença entre os sujeitos, revelando o que parece ser um padrão geral. Esse padrão poderia, em princípio, representar a realização do traço [+nasal] em português, independentemente de o segmento em questão ser uma consoante ou uma vogal.

Num estudo realizado sobre as oclusivas pré-nasalizadas em Moru, uma língua falada no Sudão, Burton, Blumstein & Stevens (1992) concluem que as evidências fonéticas apresentadas no trabalho por eles realizado⁵ poderiam ser usadas para argumentar tanto em favor de uma hipótese bifonêmica quanto de uma hipótese monofonêmica para estes segmentos.

Nosso estudo nos leva a conclusões semelhantes: fornecemos aqui argumentos que podem sustentar ambas as principais interpretações fonológicas das vogais nasais. Assim, estas poderiam constituir tanto um único fonema, que se realizaria em diferentes fases devido (completamente ou em parte) às suas características articulatórias, como um cluster V + N, em que N se realizaria como um murmúrio coarticulado à vogal nasal.

A continuidade dos trabalhos nesta linha experimental parece-nos crucial para fornecer maiores dados que possam, num futuro próximo, auxiliar no sentido de esclarecer esta questão que há tanto tempo se prolonga no domínio da Fonologia do Português do Brasil. Como este estudo demonstrou, porém, grande cautela se faz necessária a fim de chegar a dados realmente conclusivos a este respeito.

Notas

① (pág. 114) Bifurcação e duplicação de formantes possuem significados diferentes neste trabalho. Por bifurcação de formantes, entendemos que um dado formante, a princípio uno, dividiu-se em duas ressonâncias principais, podendo tais ressonâncias apresentar consideráveis diferenças de intensidade entre si. No caso da bifurcação, a separação dos formantes pode ter ocorrido em qualquer momento da vogal, não precisando necessariamente prolongar-se até o final da emissão.

Por duplicação de formantes, entendemos que o formante em questão apresentou duas ressonâncias de intensidade muito semelhante no ponto ótimo para o janelamento da vogal, sendo impossível decidir com certeza qual das duas ressonâncias seria o formante analisado. Optamos nestes casos por considerar ambas as ressonâncias como parte do mesmo formante, de onde a denominação "formantes duplos" para estes formantes.

② (pág. 126) Para maiores detalhes, vide anexo 3.

③ (pág. 130) Moraes & Wetzels (1992), num estudo realizado com dois falantes do dialeto carioca sobre a duração das vogais nasais em PB não encontraram evidências de um alongamento da vogal nasal diante de consoantes fricativas. Seria necessário verificar se os fenômenos verificados por Moraes & Wetzels e os verificados em nosso estudo-piloto "informal" com o falante Z poderiam dever-se à influência de fatores idiossincráticos ou dialetais. Um estudo extensivo no sentido de averiguar a ocorrência ou não deste alongamento diante de fricativas seria recomendável num momento futuro de nosso trabalho.

④ (pág. 132) Uma argumentação nessa linha é encontrada em Moraes & Wetzels (1992). A partir de experimentos sobre duração realizados com dois falantes do dialeto carioca, que mostraram uma maior duração das vogais nasais em relação às suas contrapartes orais em contexto diante de oclusivas (mas, contraditoriamente, como vimos na nota acima, não diante de fricativas), os autores concluem, de maneira a nosso ver um tanto apressada, pela existência do arquifonema nasal já mencionado no Português do Brasil.

⑤ (pág. 134) Estas evidências seriam, resumidamente: 1) as oclusivas pré-nasalizadas não são sistematicamente distinguidas das consoantes nasais ou oclusivas sonoras em termos de duração; 2) as oclusivas pré-nasalizadas apresentam características articulatórias e propriedades acústicas semelhantes a grupos de consoante nasal + oclusiva; seu mecanismo de produção assemelha-se porém também a segmentos tratados fonologicamente como uma unidade, como oclusivas pré-vozeadas e consoantes africadas; 3) a principal distinção entre as oclusivas pré-nasalizadas, por um lado, e as oclusivas orais e consoantes nasais, por outro, seria uma queda de amplitude registrada para as primeiras da ordem de 10 a 20 dB no intervalo de oclusão que precede a explosão. Segundo os autores, esta queda de intensidade seria motivada pelo timing do fechamento velo-faríngeo antes da explosão oral da consoante.

ps

Bibliografia

- Abaurre, Maria B. M., Cagliari, L.C., Pagotto, Emílio G. & Lima, Sérgio C.L. "Nasalização vocálica no Português do Brasil: o comportamento da vogal baixa". VII Seminário Projeto de Gramática do Português Falado, outubro 1993 (mimeo).

- Behlau, M.S. Uma Análise do Português Brasileiro Falado em São Paulo: Perceptual, Espectrográfica de Formantes e Computadorizada de Frequência Fundamental. Dissertação de mestrado inédita. EPM, 1984.

- Brito, Gelda. "The perception of nasal vowels in Brazilian Portuguese: a pilot study" in Nasálfest - Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization. Special Publication, Department of Linguistics - Stanford University, Stanford - California, November 1975, pp. 49-66.

- Burton, Martha W., Blumstein, Sheila E. & Stevens, Kenneth N. "A phonetic analysis of prenasalized stops in Moru". Journal of Phonetics 20, 1992, pp. 127-142.

- Cagliari, L.C. An experimental study of nasality with particular reference to Brazilian Portuguese. Tese de Doutorado inédita. University of Edinburgh, 1977.

- _____ Elementos de Fonética do Português Brasileiro. Tese de Livre Docência inédita. UNICAMP, 1981.

- Câmara Júnior, J. Mattoso. "Os Fonemas em Português" in Para o Estudo da Fonêmica Portuguesa. Padrão - Livraria e Editora, segunda edição, 1977.

- _____ Problemas de Linguística Descritiva. Petrópolis, Ed. Vozes, 1962.

- Chambers, E. G. Statistical Calculation for Beginners, Cambridge, University Press, 2ª edição, 1964.

- Curtis, James F. "The acoustics of nasalized speech". *Cleft Palate Journal* 7, 1970, pp. 380-396.

- Delattre, Pierre & Monnot, Michel. "The role of duration in the identification of French nasal vowels" in Delattre, Pierre (ed. por Bertil Malmberg), Studies in Comparative Phonetics, Heidelberg, J. Groos, 1981, pp. 17-38.

- DSP Sonar-Graph Model 5500 - Instruction Manual. Kay Elemetrics Corporation, May 1989.

- Entenman, George. The Development of Nasal Vowels. Texas Linguistic Forum 7, Austin, Texas, 1977.

- Ferguson, C. A. "Universal Tendencies and 'Normal' Nasalization", in *Nasálfest - Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization*. Special Publication, Department of Linguistics - Stanford University, Stanford - California, November 1975, pp. 175-196.

- Fry, D. The Physics of Speech, Cambridge, University Press, 1979.

- Fujimura, Osamu. "Analysis of Nasal Consonants". *Journal of the Acoustical Society of America* 34, 1962, pp. 1865-1875.

- Gay, Thomas. "Mechanisms in the control of speech rate". *Phonetica* 38, 1981, pp. 148-158.

- Hawkins, Sarah & Stevens, K.N. "Acoustic and perceptual correlates of the non-nasal/nasal distinction for vowels". *Journal of the Acoustical Society of America* 77 (4), April 1985, pp. 1560-1574.

- Head, Brian F. A comparison of the segmental phonology of Lisbon and Rio de Janeiro. University of Texas, Austin, 1963.

- House, A. S. & Stevens, K. N. "Analog studies of the nasalization of vowels". *Journal of Speech and Hearing Disorders* 21, 1956, pp. 218-232.

- Jha, Sunil Kumar. "The nasal vowels in Maithili: an acoustic study". *Journal of Phonetics* 14 (2), 1986, pp. 223-230.

- Kent, Ray D. & Read, Charles. The Acoustic Analysis of Speech. San Diego, Singular Publishing Group, 1992.

- Krakow, Rena A., Beddor, P.S., Goldstein, Louis M. & Fowler, Carol A. "Coarticulatory influences on the perceived height of nasal vowels". *Journal of the Acoustical Society of America* 83 (3), March 1988, pp. 1146-1158.

- Lindqvist-Gauffin, J. & Sundberg, J. "Acoustic properties of the nasal tract". *Phonetica* 33, 1976, pp. 161-168.

- Machado, Mirian da Matta. "Fenômenos de nasalização vocálica em Português: Estudo Cine-Radiográfico". *Caderno de Estudos Linguísticos* 25, Julho/Dezembro 1993, pp. 113-128.

- Maia, Eleonora M. No Reino da Fala, São Paulo, Ed. Ática, 1983.

- Massini, Gladis. A duração no estudo do acento e do ritmo em Português. Tese de mestrado inédita. Universidade Estadual de Campinas, 1991.

- Mira Mateus, Maria Helena. Aspectos da Fonologia Portuguesa. Instituto Nacional de Investigação Científica, Centro de Linguística da Universidade de Lisboa, segunda edição, Lisboa, 1983.

- Moraes, João A. "Índices acústicos do acento lexical em português. Um estudo instrumental". Versão integral em português de "Correlats acoustiques de l'accent de mot em portugais brésilien" in *Proceedings of the XI International Congress of Phonetic Sciences*, vol.3, Tallin, Estônia, 1987, pp. 313-316. (versão em Português em mimeo).

- Moraes, João A., Leite, Yonne & Callou, Dinah. "Caracterização das vogais tônicas do Português culto". VII Encontro da Gramática do Português Falado, outubro 1993 (mimeo).

- Moraes, João A. & Wetzels, Leo. "Sobre a duração dos segmentos vocálicos nasais e nasalizados em Português. Um exercício de fonologia experimental". *Cadernos de Estudos Linguísticos* 23, julho/dezembro 1992, pp. 153-166.

- Ohala, Manjari & Ohala, John J. "Nasal epenthesis in Hindi". *Phonetica* 48, 1991, pp. 207-220.

- Pickett, J. M. "Consonants: Nasal, stop and fricative manners of articulation" in: Readings in Clinical Spectrography of Speech. San Diego, a Joint Publication from Singular Publishing Group Inc. and Kay Elemetrics Corp., 1991, pp. 113-123.

- Pisoni, David B. & Luce, Paul A. "Acoustic-phonetic representations in word-recognition". *Cognition* 25, 1987, pp. 21-52.

- Pontes, Eunice. Estrutura do Verbo no Português Coloquial. Petrópolis, Ed. Vozes, 1972.

- Repp, Bruno H. & Svastikula, Katyanee. "Perception of the [m]-[n] distinction in VC syllables". *Journal of the Acoustical Society of America* 83 (1), Jan 1988, pp. 237-247.

- Robson, Colin. Experiment, Design and Statistics in Psychology. Penguin Education, 1973.

- Stevens, Kenneth N. "On the quantal nature of speech". *Journal of Phonetics* 17, 1989, pp. 3-45.

Anexo I

Tabela Matriz - Experimento 4

Nossa tabela matriz divide-se, conforme mencionado, em oito tabelas, dispostas segundo a nasalidade da vogal (oral x nasal) e o número de informantes. Temos portanto uma tabela com os resultados relativos às vogais orais e outra com os resultados para as vogais nasais para cada informante. Na confecção destas tabelas, empregamos uma série de símbolos que proporcionaram uma visão mais detalhada do comportamento das vogais analisadas, quando tal se fez necessário.

Os símbolos utilizados, e seus respectivos significados, encontram-se especificados abaixo:

- + - formante com grande largura de banda
- () - ressonância menos provável para a definição do formante
- ∅ - ausência do formante
- ? - frequência do formante duvidosa e/ou impossível de precisar
- i- o valor refere-se unicamente ao início da vogal
- ↑ - o formante em questão movimentou-se em direção ascendente
- ↓ - o formante em questão movimentou-se em direção descendente
- ⋈ - junção com o formante seguinte
- /// - cluster de grandes proporções (?)
- * - grande movimentação do formante ao longo do espectro

Os símbolos ↑ e ↓ referem-se unicamente à posição dos formantes no início da vogal; as medidas realizadas no ponto de janelamento são as que acompanham estas primeiras, e não se encontram assim assinaladas.

Tabela Vogais Orais - Informante Z

	Sfl Tot	Vogal	F1	F2	F3	F4	In F1	In F2	In F3	In F4
[pa] Z1	135,9	110,9	740	1200	2360	3520	-33	-35	-47	-62
[pe] Z1	132,8	103,1	560	1720	2280	3480	-31	-39	-48	-55
[pe] Z1	142,2	106,2	440	1920	2320	3660	-31	-43	-48	-56
[pi] Z1	114,1	81,2	320	2040	2760	3520	-33	-52	-55	-55
[po] Z1	140,6	98,4	580	860	2480	3420	-32	-33	-51	-51
[po] Z1	135,9	100,0	440	760	2440	3160 (3640)	-29	-43	-61	-68
[pu] Z1	128,1	93,7	320	760	2280	3500	-32	-42	-70	-69
[pa] Z2	146,9	110,9	740	1180	2360	3440	-29	-32	-43	-58
[pe] Z2	137,5	101,6	580	1720	2300	3620	-31	-41	-47	-55
[pe] Z2	123,4	81,2	420	1940	2440	3620	-33	-52	-54	-63
[pi] Z2	101,6	67,2	320	2040	2980	3600	-35	-47	-52	-56
[po] Z2	139,1	104,7	600	900	2520	3400	-31	-41	-54	-54
[po] Z2	131,2	93,7	440	760	2540	3200	-27	-39	-59	-68
[pu] Z2	125,0	87,5	320	680*	2240	3160*	-29	-44	-64	-77
[pa] Z3	148,4	112,5	720	1180	2360	3660	-31	-35	-46	-54
[pe] Z3	143,7	101,6	580	1740	2300	3640	-32	-38	-41	-50
[pe] Z3	121,9	81,2	440	1900	2380	3680	-30	-44	-48	-52
[pi] Z3	104,7	57,8	320	2080	2880	3560	-32	-53	-58	-54
[po] Z3	142,2	107,8	600	880	2460	3480	-31	-34	-54	-52
[po] Z3	140,6	110,9	460	760	2560	3300 (3640)	-28	-38	-66	-60 (-56)
[pu] Z3	126,6	92,2	320	650	2260	3220	-30	-44	-66	-67

Tabela Vogais Orais - Informante E

	Sil Tot	Vogal	F1	F2	F3	F4	In F1	In F2	In F3	In F4
[pa] E1	129,7	90,6	700 (840)	1260	2520	3500*	-35 (-33)	-37	-48	-58
[pɛ] E1	132,8	95,3	540	1920	2600	3880	-34	-43	-49	-54
[pɐ] E1	112,5	79,6	340	2060	2650	3880	-39	-48	-50	-54
[pi] E1	128,1	89,0	320	2140	3380* +	3700	-49	-67	-58	-57
[pɔ] E1	146,9	104,7	580	900	2340	3520	-34	-36	-55	-56
[po] E1	120,3	87,5	420	740	2600 +	3560	-36	-47	-68	-60
[pu] E1	131,2	81,2	300	590	∅	3660	-42	-56	∅	-74
[pa] E2	159,4	126,6	780	1320	2560	3760	-31	-33	-46	-57
[pɛ] E2	151,6	117,2	600	1900	2640	3800	-35	-37	-45	-47
[pɐ] E2	132,8	98,4	300	2140	2760	3880	-34	-39	-42	-42
[pi] E2	126,6	96,8	320	2160 2280	3200* +	3800	-42	-59	-57	-52
[pɔ] E2	148,4	110,9	600	900	2340	3420	-31	-35	-51	-51
[po] E2	129,7	92,2	280 480	760	2580	3480	-36 -37	-41	-60	-52
[pu] E2	96,8	60,9	300	580	∅	3640	-38	-52	∅	-68
[pa] E3	139,1	107,8	720 880	1440	2600	3920	-34 -35	-38	-50	-56
[pɛ] E3	146,9	109,4	580	1940	2640	3840 3980	-39	-41	-49	-55
[pɐ] E3	118,7	84,3	300	2240	2820	3900	-38	-46	-50	-44
[pi] E3	107,8	73,4	320	2260	3230	3760	-49	-59	-60	-57
[pɔ] E3	139,1	98,4	600	920	2260	3420	-33	-38	-55	-56
[po] E3	115,6	82,8	320	760	2620	3720 + x	-38	-47	-66	-61
[pu] E3	89,0	57,8	320	600	2620	3680 +	-37	-46	-77	-66

Tabela Vogais Orais - Informante W

	Sil Tot	Vogal	F1	F2	F3	F4	In F1	In F2	In F3	In F4
[pa] W1	195,3	137,5	820	1380	(2140) 2620	3580	-29	-33	(-49) -44	-44
[pɛ] W1	159,4	101,6	480	1960	2580	3660	-22	-37	-38	-45
[pɛ] W1	134,4	89,0	300	2120	2760	3580	-20	-37	-33	-32
[pi] W1	131,2	82,8	260	2280	3180	3620	-24	-49	-43	-42
[pɔ] W1	209,4	150,0	560	900	2460	3360	-23	-28	-40	-44
[po] W1	173,4	109,4	360	700	2660	3300	-22	-32	-54	-50
[pu] W1	151,6	100,0	250	620	∅	3400	-21	-35	∅	-67
[pa] W2	195,3	139,1	800	1380	2160 2600	3800	-23	-27	-40 -39	-37
[pɛ] W2	150,0	98,4	540	1900	2540	3660	-23	-34	-35	-40
[pɛ] W2	137,5	101,6	260 420	2200	2760	3600	-20 -26	-41	-40	-37
[pi] W2	137,5	87,5	260	2220	3120	3660	-20	-49	-39	-40
[pɔ] W2	187,5	125,0	580	820	2460	3360	-17	-22	-47	-40
[po] W2	146,9	96,8	400	760	2580	3220	-18	-29	-54	-49
[pu] W2	125,0	76,5	240	600	∅	3280 +	-19	-32	∅	-63
[pa] W3	162,5	120,3	800	1420	2180 2580	2520	-25	-29	-43 -42	-42
[pɛ] W3	153,1	101,6	540	1960	2580	3660	-23	-36	-38	-37
[pɛ] W3	129,7	95,3	280	2200	2820	3560	-17	-40	-37	-34
[pi] W3	134,4	92,2	260	2260	3200	3620	-24	-50	-40	-39
[pɔ] W3	189,1	129,7	560	880	2420	3340	-18	-22	-45	-40
[po] W3	189,1	115,6	360	720	2680	3160	-16	-27	-52	-50
[pu] W3	165,6	107,8	280	640	∅	3260 3600	-20	-38	∅	-66

Tabela Vogais Orais - Informante L

	Sil Tot	Vogal	F1	F2	F3	F4	In F1	In F2	In F3	In F4
[pa] L1	164,1	123,4	660	1140	2460	3880 +	-40	-48	-60	-61
[pɛ] L1	156,3	103,1	520	1720	2340	3480 3960	-38	-48	-56	-64 -63
[pɛ] L1	146,9	106,3	380	1820	2580	3360	-42	-56	-62	-60
[pi] L1	143,7	93,7	280	1980	2920	3520	-36	-60	-61	-56
[pɔ] L1	207,8	145,3	540	840	2440	3680	-36	-43	-67	-62
[po] L1	182,8	137,5	400	760	2480	3660	-36	-44	-71	-72
[pu] L1	160,9	106,2	300	620	2420	3180	-39	-56	-82	-83
[pa] L2	181,2	135,9	660	1180	2460	2960 * 3440 +	-36	-43	-60	-57 -54
[pɛ] L2	182,8	140,6	560	1700	2400	3520?	-37	-49	-54	-59?
[pɛ] L2	189,1	131,2	360	1880	2680	3540	-32	-51	-58	-60
[pi] L2	164,1	110,9	260	1880	2960	3540 +	-32	-56	-52	-50
[pɔ] L2	198,4	146,9	480 600	840	2520	3120 3240	-36	-43	-59	-65 -66
[po] L2	181,2	140,6	420	740	2480	?	-32	-38	-66	?
[pu] L2	156,3	93,7	340	720	2400	3000	-33	-46	-73	-70
[pa] L3	204,7	160,9	720	1180	2380	3460	-37	-43	-57	-57
[pɛ] L3	190,6	143,7	520	1740	2360	3560	-36	-46	-53	-62
[pɛ] L3	182,8	123,4	400	1860	2600	3520 3720	-38	-53	-62	-66
[pi] L3	157,8	109,4	260	2000	3040	3540	-33	-63	-60	-59
[pɔ] L3	204,7	157,8	520	800	2480	3520	-35	-42	-65	-64
[po] L3	160,9	106,2	420	720	2460	3100 3520	-33	-44	-72	-72 -76
[pu] L3	156,3	104,7	300	620	∅	3370	-33	-48	∅	-74

Tabela Vogais Nasais - Informante Z

	Síl tot	Vogal	Murm	Fn	F1	F2	F3	F4	In Fn	In F1	In F2	In F3	In F4
[pɔ̃] Z1	190,6	156,3	70,3	320	640	1220	2340	3620	-19	-25	-28	-34	-36
[pe] Z1	200,0	156,3	51,5	300	480	2000	2460	3680	-22	-25	-27	-29	-32
[pĩ] Z1	173,4	139,1	56,2	320	320	2080	3260 ϕ	3600	-21	-21	-46	-35	-32
[põ] Z1	179,7	139,1	37,5	300	460	640	2340 * +	3420	-21	-22	-21	-39	-36
[pũ] Z1	184,4	135,9	39,0	300	300	480	2320	3480	-18	-18	-26	-40	-61
[pɔ̃] Z2	195,3	160,9	50,0	340	620	1220	2400	3460+	-22	-18	-27	-34	-34
[pẽ] Z2	198,4	157,8	43,7	300	440	1960	2500	3540	-21	-24	-34	-35	-33
[pĩ] Z2	168,7	125,0	31,2	320	320	2100	2540 3200	3560	-20	-20	-54	(-45) -32'	-32
[põ] Z2	185,9	131,2	37,5	280	480	680	2520	3400	-23	-22	-22	-40	-36
[pu] Z2	193,7	159,4	40,6	340	340	520	2480	3320	-20	-20	-27	-38	-54
[pɔ̃] Z3	187,5	142,2	45,3	320	640	1240	2500	3540	-20	-24	-26	-36	-34
[pẽ] Z3	181,2	139,1	35,9	300	480	2000	2460	3440	-22	-25	-29	-33	-37
[pĩ] Z3	171,9	135,9	45,3	320	320	2220	2700 3280	3600	-18	-18	-48	-45 -30	-31
[põ] Z3	184,4	135,9	37,5	320	460	760	2460	3360	-20	-22	-20	-36	-37
[pũ] Z3	175,0	139,1	31,2	320	320	760↓ 520	2420	3540	-18	-18	-25	-38	-57

Tabela Vogais Nasais - Informante E

	Sil tot	Vogal	Murm	Fn	F1	F2	F3	F4	In Fn	In F1	In F2	In F3	In F4
[p̃] E1	217,2	160,9	84,3	320	640	1420	?	3780	-25	-31	-32	?	-41
[p̄] E1	198,4	143,7	29,6	320	320	2220	2700	3920	-27	-27	-36	-40	-43
[p̄i] E1	171,9	134,4	71,8	320	320	2420	3220	3880	-28	-28	-45	-59	-56
[p̄õ] E1	173,4	131,2	42,1	320	460↑ 640	780↓ 640	2400 2840	3400+	-28	-25	-25	-51 -46	-53
[p̄u] E1	176,6	118,7	56,2	320	320	640↓ 500	2760	3620	-27	-27	-31	-49	-66
[p̃] E2	243,7	200,0	107,8	320	680	1500	3000	3840	-21	-28	-29	-39	-30
[p̄] E2	248,4	196,9	34,3	330	330	2280	2740	3880	-22	-22	-25	-25	-29
[p̄i] E2	229,7	184,4	115,6	300	300	2380	3720 X	3960	-24	-24	-46	-46	-46
[p̄õ] E2	281,3	203,1	118,7	300	440↑ 620	760↓ 620	2880	(3800) 3340	-25	-22	-22	-37	(-48) -38
[p̄u] E2	218,8 234,4	178,1	128,1	320	320	640↓ 500	2720	3480	-22	-22	-30	-42	-59
[p̃] E3	259,4	200,0	128,1	320	640	1480	2960	3800 3960	-22	-30	-30	-39	-33 -32
[p̄] E3	278,1	217,2	84,3	320	520	2260	2700	3920	-24	-33	-24	-26	-27
[p̄i] E3	245,3	195,3	142,2	300	300	2400	3800 X	3800	-25	-25	-44	-46	-46
[p̄õ] E3	284,4	217,2	110,9	300	420↑ 640	760↓ 640	2900	3360 X	-25	-23	-23	-38	-41
[p̄u] E3	256,2	193,7	137,5	320	320	680↓ 500	2680	3500	-23	-23	-30	-50	-61

Tabela Vogais Nasais - Informante W

	Síl tot	Vogal	Murm	Fn	F1	F2	F3	F4	In Fn	In F1	In F2	In F3	In F4
[p̃] W1	237,5	181,2	54,6	240	700	1280	2180	3560+	-30	-44	-46	-55	-56
[p̄] W1	235,9	179,7	56,2	240	580	2060*	2660	3620	-32	-47	-47	-45	-47
[p̄] W1	217,2	171,9	101,6	240	240	2400	3500 X	3500	-27	-27	-54	-52	-52
[p̄] W1	196,9	129,7	75,0	240	600 X	730	2240?	3300*	-32	-34	-36	-65	-56
[p̄] W1	203,1	123,4	92,1	260	260	640↓ 520	2280 2900	3720	-29	-29	-46	-71 -68	-71
[p̃] W2	184,4	120,3	28,1	240	600	1320	2320 2860	3540	-28	-41	-48	-61 -67	-55
[p̄] W2	231,2	173,4	34,3	240	560	2220	2800	3500	-31	-42	-52	-46	-46
[p̄] W2	210,9	160,9	76,5	260	260	2420+	2420? 3480?	3480?	-29	-29	-57	-57	-52
[p̄] W2	248,4	190,6	62,5	240	400↑ 500	800↓ 640	3280	3280	-31	-39	-42	-67	-67
[p̄] W2	200,0	140,6	54,6	240	240	500	2960	3620	-27	-27	-44	-69	-71
[p̃] W3	232,8	175,0	28,1 Ø	240	680	1300	2200 2980	3580	-29	-39	-42	-55 -63	-50
[p̄] W3	231,2	181,2	45,3	240	600	2100	2720	3580	-31	-41	-46	-44	-45
[p̄] W3	201,6	153,1	42,1	250	250	2440+	3500 X	3640	-27	-27	-52	-45	-47
[p̄] W3	190,6	140,6	46,8	240	620	620	2160 3020	3520+	-30	-42	-42	-65 -62	-61
[p̄] W3	200,0	148,4	96,8	240	240	500	2320? 3040?	3480?	-28	-28	-43	-68 -67	-71

Tabela Vogais Nasais - Informante L

	Síl tot	Vogal	Murm	Fn	F1	F2	F3	F4	In Fn	In F1	In F2	In F3	In F4
[p̃] L1	209,4	151,6	26,5	240	640	1240	2400	3640	-27	-31	-41	-55	-56
[p̃e] L1	210,9	137,5	32,8	240	480	1880	2640	3520+	-27	-30	-47	-53	-52
[p̃i] L1	203,1	140,6	68,7	240	240	2000	3160 ɣ	3520	-25	-25	-63	-53	-49
[p̃o] L1	200,0	150,0	31,2	240	500	760	2320	3480	-29	-24	-29	-60	-52
[p̃u] L1	159,4	103,1	17,1	240	240	520	2480+	3480	-26	-26	-35	-64	-72
[p̃] L2	234,4	164,1	∅	240	560	1200	2160	3400+	-27	-24	-37	-53	-46
[p̃e] L2	251,6	193,7	42,1	240	520	1920	2520	3560	-26	-28	-40	-46	-46
[p̃i] L2	223,4	150,0	12,5	240	240	2040	3120	3480	-23	-23	-57	-50	-45
[p̃o] L2	228,1	168,7	∅	240	520	760	2960	3480	-27	-20	-21	-52	-44
[p̃u] L2	193,7	128,1	∅	240	420	620	2600	3440	-27	-29	-32	-64	-55
[p̃] L3	217,2	150,0	∅	240	520	1160	2240	3520+	-28	-27	-33	-53	-49
[p̃e] L3	240,6	164,1	29,6	240	480	1840	2680	3480	-28	-30	-45	-61	-53
[p̃i] L3	228,1	176,6	54,6	240	240	2080	3080	3500	-29	-29	-64	-58	-50
[p̃o] L3	260,9	201,6	43,7	240	480	720	3320?	3320?	-26	-20	-22	-52	-52
[p̃u] L3	223,4	164,1	45,3	240	400	560	2720	3400	-29	-29	-32	-64	-64

Anexo 2

Tabelas Complementares para as Análises de Variância - Experimento 4

Tabela Análise de Variância para [ɛ] e [ɔ]
Frequência de F1 (A)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	3206399,167	119	-	-	-
Sujeitos	22075,833	3	-		
Vogal (A)	2799861,667	4	2799861,667	73,889 >	3,25
Erro de A	113678,333	12	9473,194		
Nasalidade (B)	48400,833	1	48400,833	15,531 >	10,128
Erro de B	9349,167	3	3116,389		
Emissão (C)	2426,667	2	2426,667	1,154 <	5,14
Erro de C	6306,667	6	1051,111		
A x B	54261,667	4	54261,667	2,383 <	3,25
Erro de A x B	68305,000	12	5692,083		
A x C	10448,333	8	10448,333	1,117 <	2,35
Erro de A x C	28051,667	24	1168,819		
B x C	1606,667	2	1606,667	0,693 <	5,14
Erro de B x C	6953,333	6	1158,889		
A x B x C	9568,333	8	9568,333	1,143 <	2,35
Erro de A x B x C	25105,000	24	1046,042		

Tabela Análise de Variância para [ε] e [ɔ]
Frequência de F1 (B)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	3412099,167	119	-	-	-
Sujeitos	27055,833	3	-		
Vogal (A)	2952411,667	4	2952411,667	76,588 >	3,25
Erro de A	115648,333	12	9637,361		
Nasalidade (B)	66740,833	1	66740,833	17,549 >	10,128
Erro de B	11409,167	3	3803,056		
Emissão (C)	2686,667	2	2686,667	0,751 <	5,14
Erro de C	10726,667	6	1787,778		
A x B	75571,667	4	75571,667	3,258 ≥	3,25
Erro de A x B	69595,000	12	5799,583		
A x C	12488,333	8	12488,333	1,756 <	2,35
Erro de A x C	21331,667	24	888,819		
B x C	1306,667	2	1306,667	1,220 <	5,14
Erro de B x C	3213,333	6	535,556		
A x B x C	11568,333	8	11568,333	1,144 <	2,35
Erro de A x B x C	30345,000	24	1264,375		

Tabela Análise de Variância para [ɛ] e [ɔ]
 Frequência de F2 (A)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	49242432,500	119	-	-	-
Sujeitos	466449,167	3	-		
Vogal (A)	47213753,333	4	47213753,333	248,502 >	3,25
Erro de A	569980,000	12	47498,333		
Nasalidade (B)	10267,500	1	10267,500	1,317 <	10,128
Erro de B	23382,500	3	7794,167		
Emissão (C)	6405,000	2	6405,000	1,808 <	5,14
Erro de C	10628,333	6	1771,389		
A x B	731020,000	4	731020,000	22,186 >	3,25
Erro de A x B	98846,667	12	8237,222		
A x C	18411,667	8	18411,667	1,567 <	2,35
Erro de A x C	35255,000	24	1468,958		
B x C	6315,000	2	6315,000	1,126 <	5,14
Erro de B x C	16825,000	6	2804,167		
A x B x C	10435,000	8	10435,000	1,280 <	2,35
Erro de A x B x C	24458,333	24	1019,097		

Tabela Análise de Variância para [ɛ] e [ɔ]
Frequência de F2 (B)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	49450332,500	119	-	-	-
Sujeitos	482749,167	3	-		
Vogal (A)	47412653,334	4	47412653,334	244,110 >	3,25
Erro de A	582680,000	12	48556,667		
Nasalidade (B)	8167,500	1	8167,500	1,323 <	10,128
Erro de B	18522,500	3	6174,167		
Emissão (C)	5985,000	2	5985,000	1,686 <	5,14
Erro de C	10648,333	6	1774,722		
A x B	717320,000	4	717320,000	22,345 >	3,25
Erro de A x B	96306,667	12	8025,556		
A x C	14031,667	8	14031,667	1,073 <	2,35
Erro de A x C	39235,000	24	1634,792		
B x C	4095,000	2	4095,000	0,707 <	5,14
Erro de B x C	17365,000	6	2894,167		
A x B x C	11055,000	8	11055,000	1,124 <	2,35
Erro de A x B x C	29518,333	24	1229,931		

Tabela Análise de Variância para [ɛ] e [ɔ]
Duração da Vogal Total (v, ã)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	158312,501	119	-	-	-
Sujeitos	7633,552	3	-		
Vogal (A)	15703,297	4	15703,297	12,375 >	3,25
Erro de A	3806,861	12	317,238		
Nasalidade (B)	83421,497	1	83421,497	22,799 >	10,128
Erro de B	10976,811	3	3658,937		
Emissão (C)	4193,564	2	4193,564	1,799 <	5,14
Erro de C	6991,560	6	1165,260		
A x B	4090,872	4	4090,872	4,584 >	3,25
Erro de A x B	2677,366	12	223,114		
A x C	1049,868	8	1049,868	0,993 <	2,35
Erro de A x C	3171,721	24	132,155		
B x C	2651,636	2	2651,636	1,952 <	5,14
Erro de B x C	4075,137	6	679,190		
A x B x C	3040,070	8	3040,070	1,889 <	2,35
Erro de A x B x C	4828,690	24	201,195		

Tabela Análise de Variância para [ɛ] e [ɔ]
 Duração da Vogal Total (v) x Duração da Vogal - murmúrio (ṽ)

Fatores	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Estim. Final da Variância	Valor de F	Valor crítico para 0.05
Total	101370,990	119	-	-	-
Sujeitos	29808,385	3	-		
Vogal (A)	19222,080	4	19222,080	3,628 >	3,25
Erro de A	15894,614	12	1324,551		
Nasalidade (B)	1727,332	1	1727,332	15,180 >	10,128
Erro de B	341,374	3	113,791		
Emissão (C)	3903,662	2	3903,662	3,475 <	5,14
Erro de C	3370,317	6	561,719		
A x B	7106,359	4	7106,359	3,443 >	3,25
Erro de A x B	6192,281	12	516,023		
A x C	537,823	8	537,823	0,449 <	2,35
Erro de A x C	3590,910	24	149,621		
B x C	2353,727	2	2353,727	5,340 >	5,14
Erro de B x C	1322,329	6	220,388		
A x B x C	1331,200	8	1331,200	0,855 <	2,35
Erro de A x B x C	4668,598	24	194,525		

Anexo 3

Tabelas Relativas às Diferenças entre Falantes

Tabela Médias das Emissões x Sujeitos : Padrão-F (Vogais Nasais)

Vogal	Z	W	E	L	
F1	633,33	660	653,33	573,33	
[ẽ]	F2	1226,67	1300	1466,67	1200
F3	2413,33	2233,33	2980	2266,67	
F4	3540	2673,33	3806,67	3520	
F1	3540	3560	3860	3520	
F1	466,67	580	390	493,33	
[ê]	F2	1986,67	2126,67	2253,33	1880
F3	2473,33	2726,67	2713,33	2613,33	
F4	3553,33	3566,67	3906,67	3520	
F1	320	250	306,67	240	
[i]	F2	2133,33	2420	2400	2040
F3	2833,33	2960	3580	3120	
F4	3246,67	3540	3880	3500	
F1	3586,67	3540	3880	3500	
F1	466,67	573,33	633,33	500	
[õ]	F2	693,33	663,33	633,33	746,67
F3	2440	2560	2726,67	2866,67	
F4	3393,33	2846,67	2873,33	2866,67	
F1	320	3366,67	3520	3426,67	
F2	320	3366,67	3366,67	3426,67	
F1	320	246,67	320	353,33	
[û]	F2	506,67	506,67	500	566,67
F3	2406,67	2520	2720	2600	
F4	2966,67	2966,67	2720	2600	
F1	3446,67	3606,67	3533,33	3440	

Vogais Nasais: Duração da Vogal Total x Informante

Vogal	Z	W	E	L
	156,3	181,2	160,9	151,6
ẽ	160,9	120,3	200,0	164,1
	142,2	175,0	200,0	150,0
Média	153,13	158,83	186,97	155,23
	156,3	179,7	143,7	137,5
ẽ	157,8	173,4	196,9	193,7
	139,1	181,2	217,2	164,1
Média	151,07	178,1	185,93	165,1
	139,1	171,9	134,4	140,6
ĩ	125,0	160,9	184,4	150,0
	135,9	153,1	195,3	176,6
Média	133,33	161,97	171,37	155,73
	139,1	129,7	131,2	150,0
õ	131,2	190,6	203,1	168,7
	135,9	140,6	217,2	201,6
Média	135,4	153,63	183,83	173,43
	135,9	123,4	118,7	103,1
ũ	159,4	140,6	178,1	128,1
	139,1	148,4	193,7	164,1
Média	144,8	137,47	163,5	131,77

Vogais Nasais: Duração do Murmúrio x Informante

Vogal	Z	W	E	L
	70,3	54,6	84,3	26,5
ã	50,0	28,1	107,8	Ø
	45,3	28,1	128,1	Ø
Média	55,2	36,93	106,73	26,5
	51,5	56,2	29,6	32,8
ê	43,7	34,3	34,3	42,1
	35,9	45,3	84,3	29,6
Média	43,7	45,27	49,4	34,83
	56,2	101,6	71,8	68,7
î	31,2	76,5	115,6	12,5
	45,3	42,1	142,2	54,6
Média	44,23	73,4	109,87	45,27
	37,5	75,0	42,1	31,2
õ	37,5	62,5	118,7	Ø
	37,5	46,8	110,9	43,7
Média	37,5	61,43	90,57	37,45
	39,0	92,1	56,2	17,1
û	40,6	54,6	128,1	Ø
	31,2	96,8	137,5	45,3
Média	36,93	81,17	107,27	31,2

Vogais Nasais: Vogal - Mur. x Informante

Vogal	Z	W	E	L
	86,0	126,5	76,5	125,0
ẽ	110,9	92,2	92,2	164,1
	96,9	146,9	71,9	150
Média	97,93	121,87	80,2	146,37
	104,74	123,4	114,0	104,7
ē	114,05	139,0	162,5	151,5
	103,16	135,9	132,8	134,4
Média	107,32	132,77	136,43	130,2
	82,8	70,3	62,5	71,8
ĩ	93,7	84,3	68,8	137,5
	90,6	110,9	53,1	121,9
Média	89,03	88,5	61,47	110,4
	101,6	54,7	89,0	118,7
õ	93,7	128,1	84,4	168,7
	98,4	93,7	106,3	157,8
Média	97,9	92,17	93,23	148,4
	96,8	31,2	62,4	85,9
ũ	118,78	85,9	50	128,1
	107,85	51,5	56,2	118,8
Média	107,81	56,2	56,2	110,93

Tabela Médias de Duração para Vogais Orais
Incluindo % da vogal em relação à sílaba

Vogal / média das emissões	Dur. «sílaba»	Dur. Vogal Total	% Vog./Síl.
[a] med Z	143,733	111,433	77,5%
[a] med E	142,733	108,333	75,9%
[a] med W	184,366	132,3	71,7%
[a] med L	183,333	140,066	76,4%
[ɛ] med Z	138	102,1	74%
[ɛ] med E	143,766	107,3	74,6%
[ɛ] med W	154,166	100,533	65,2%
[ɛ] med L	176,566	129,133	73,1%
[e] med Z	129,166	89,533	69,3%
[e] med E	121,333	87,466	72%
[e] med W	133,866	95,3	71,2%
[e] med L	172,933	120,3	69,5%
[i] med Z	106,6	68,733	64,4%
[i] med E	120,833	86,4	71,5%
[i] med W	134,366	87,5	65,1%
[i] med L	155,2	104,666	67,4%
[ɔ] med Z	140,633	103,633	73,7%
[ɔ] med E	144,8	104,666	72,3%
[ɔ] med W	195,333	134,9	69%
[ɔ] med L	203,633	150	73,6%
[o] med Z	135,9	101,533	74,7%
[o] med E	121,866	87,5	71,8%
[o] med W	169,8	107,266	63,1%
[o] med L	174,966	128,1	73,2%
[u] med Z	126,566	91,133	76,7%
[u] med E	105,666	66,633	63%
[u] med W	147,4	94,766	64,3%
[u] med L	157,833	101,533	64,3%

Tabela Médias de Duração para Vogais Nasais
 Incluindo: % da vogal em relação à sílaba e % do murmúrio em relação à vogal total

Vogal / média das emissões	Dur. «sílaba»	Dur. Vogal Total	Dur. Murmúrio	Dur. Vogal- mur	% Vog./Sil.	% Mur / V.Tot
[ɜ̃] med Z	191,13	153,13	55,2	97,93	80,1 %	36,0 %
[ɜ̃] med E	240,1	186,97	106,73	80,2	77,9 %	57,0 %
[ɜ̃] med W	218,23	158,83	36,93	121,87	72,8 %	23,2 %
[ɜ̃] med L	220,33	155,23	-	-	70,4 %	-
[ẽ] med Z	193,2	151,07	43,7	103,32	78,2 %	28,9 %
[ẽ] med E	241,63	185,93	49,4	136,43	76,9 %	26,5 %
[ẽ] med W	232,77	178,1	45,27	132,77	76,6 %	25,4 %
[ẽ] med L	234,37	165,1	34,83	130,2	70,4 %	21,1 %
[ĩ] med Z	171,33	133,33	44,23	89,03	77,8 %	33,2 %
[ĩ] med E	215,63	171,37	109,87	61,47	79,4 %	64,1 %
[ĩ] med W	209,9	161,97	73,4	88,5	77,1 %	45,3 %
[ĩ] med L	218,2	155,73	45,27	110,4	71,4 %	29,0 %
[õ] med Z	183,33	135,4	37,5	97,9	73,8 %	27,7 %
[õ] med E	246,37	183,83	90,57	93,23	74,6 %	49,2 %
[õ] med W	211,97	153,63	61,43	92,17	72,5 %	40,0 %
[õ] med L	229,67	173,43	-	-	75,5 %	-
[ũ] med Z	184,37	144,8	36,93	107,81	78,5 %	25,5 %
[ũ] med E	217,2	163,5	107,27	56,2	75,3 %	65,6 %
[ũ] med W	201,03	137,47	81,17	56,2	73,8 %	59,0 %
[ũ] med L	192,17	131,77	-	-	68,4 %	-
					68,5 %	-

Anexo 4

Espectrogramas de Vogais e Consoantes Nasais

Apresentaremos aqui alguns espectrogramas de sons nasais, a fim de melhor ilustrar os resultados por nós alcançados nos experimentos realizados.

As páginas 163 e 164 estão configuradas segundo o padrão exibido na tela do espectrógrafo para o set-up 04, que, como já mencionado, foi o que empregamos em nossa análise acústica de vogais e consoantes nasais.

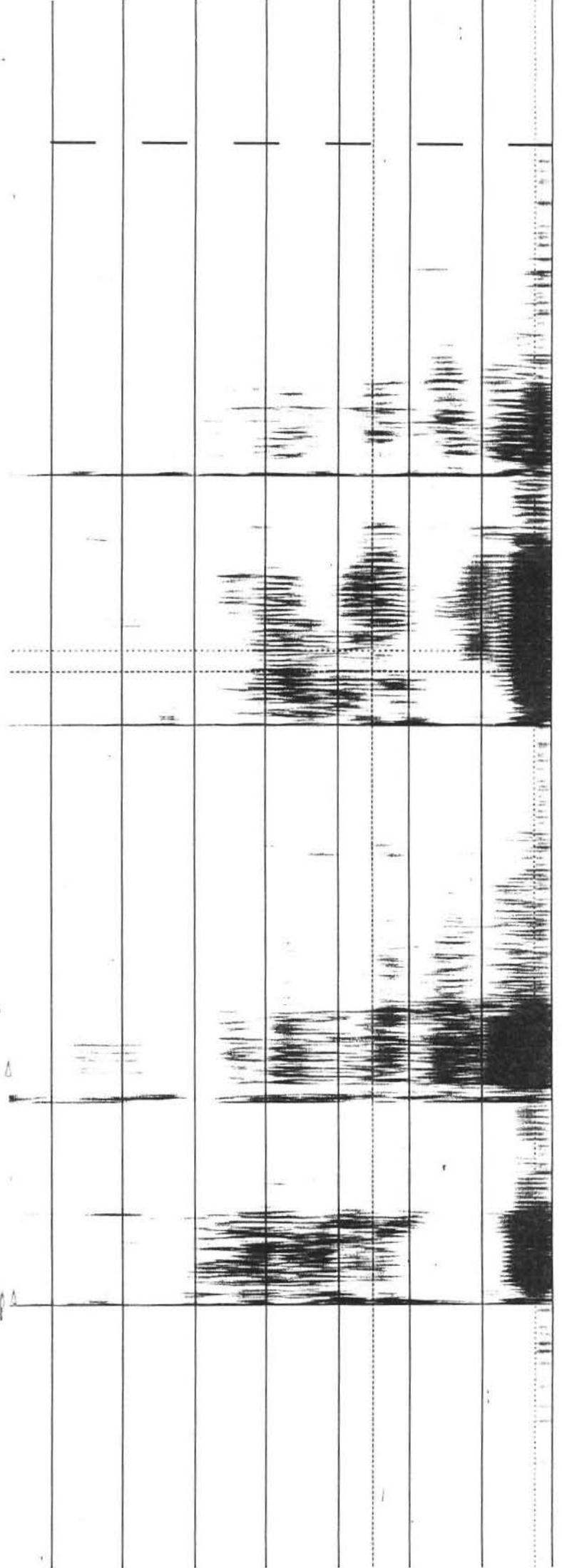
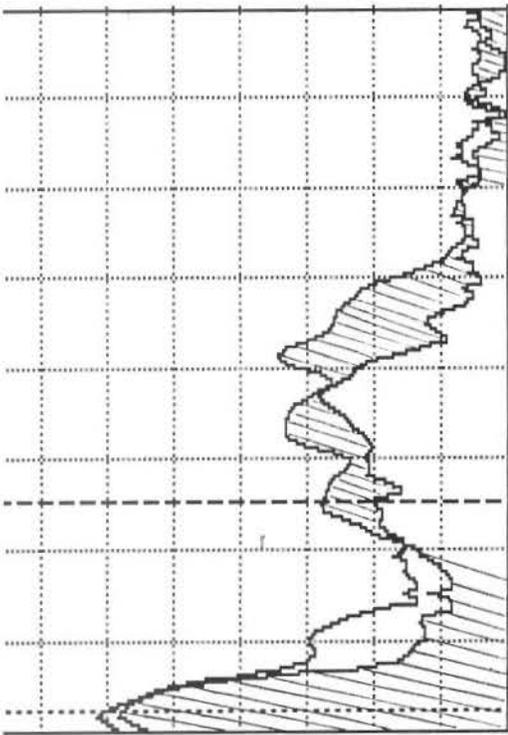
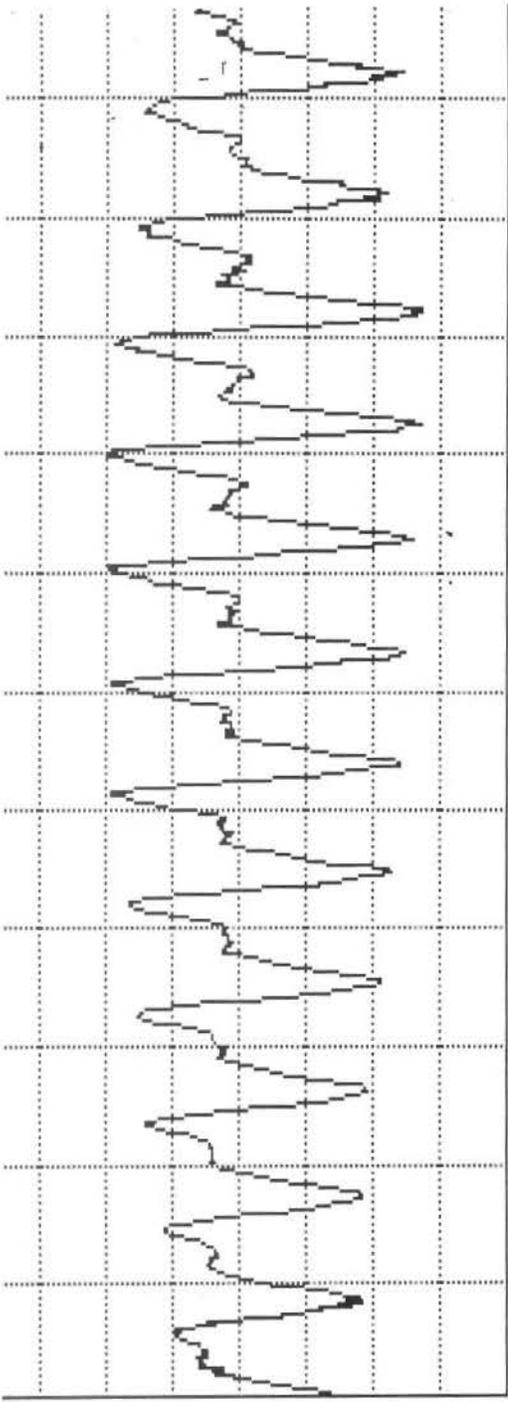
Na página 163, temos um espectrograma das palavras [pita] e [pĩta] (posição inferior da página), representadas no tempo (abscissa) e frequência (ordenada), sendo a intensidade dada por matizes de cinza. À esquerda, temos o espectro de frequência (Hz) x amplitude (dB) de [i] (em sombreado) e de [ĩ]. À direita, vemos a forma de onda da vogal [ĩ], extraída a partir da localização dos cursores (que aparecem como retas verticais em pontilhado no espectrograma da parte inferior).

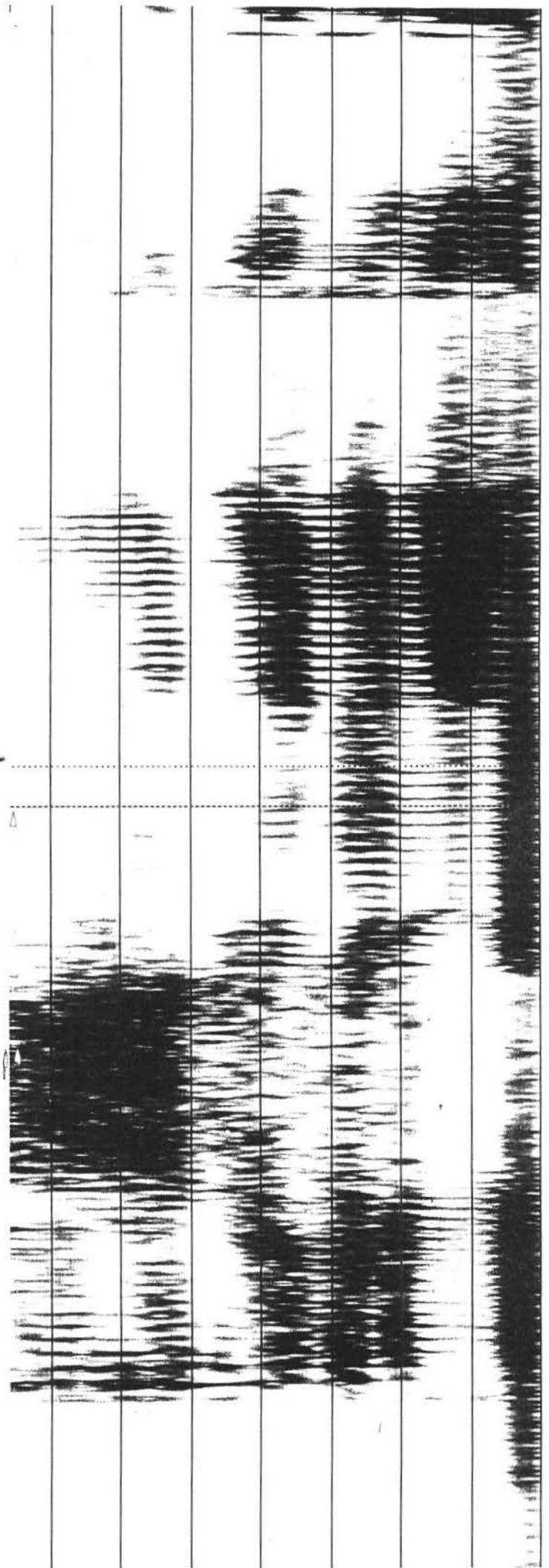
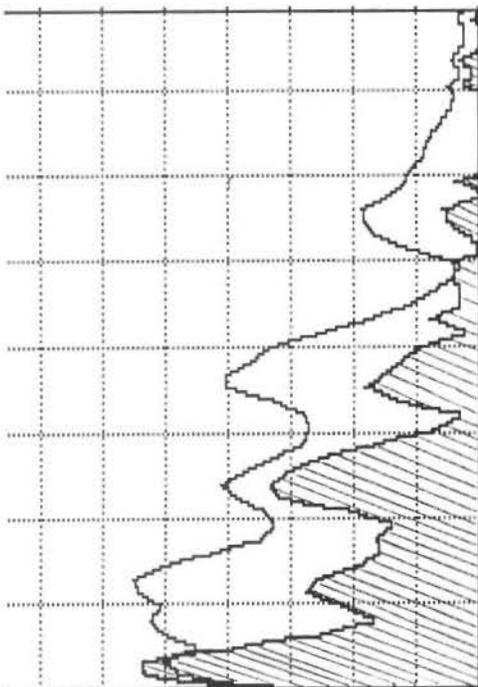
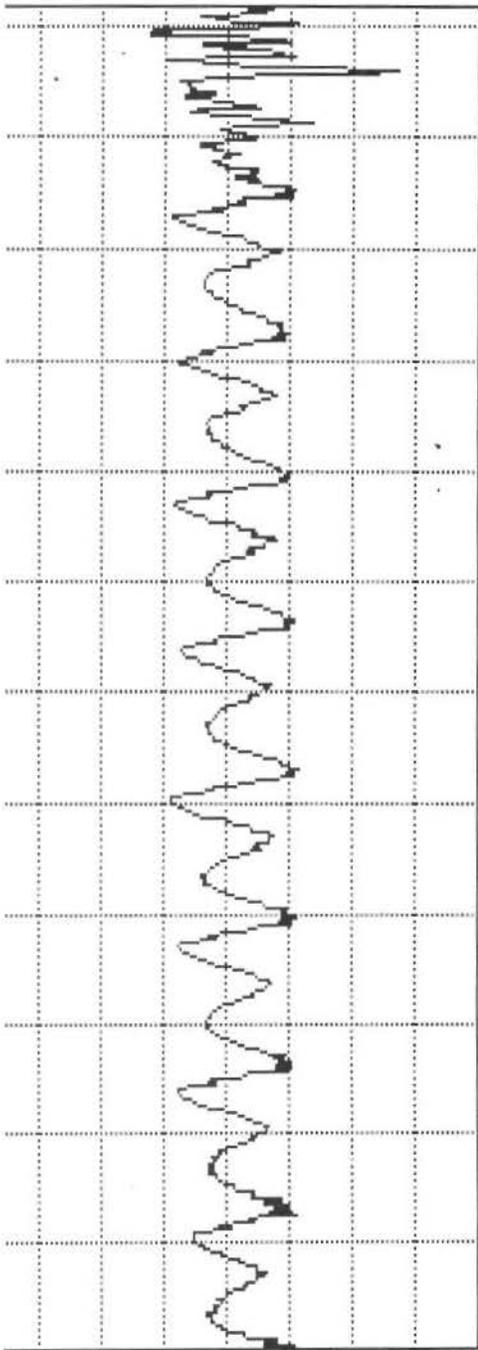
À página 164 temos, na parte inferior, o espectrograma do enunciado "Disse mata p[ra ele]" do informante Z (experimento 2); os cursores (linhas pontilhadas verticais) delimitam aqui 25 ms da consoante nasal. Na parte superior, temos à direita a forma de onda correspondente ao final da consoante nasal, no momento em que esta se coarticula à vogal seguinte; à esquerda, temos o espectro de frequência x amplitude da vogal nasalizada total em relação ao espectro de 25 ms de [m] (em sombreado).

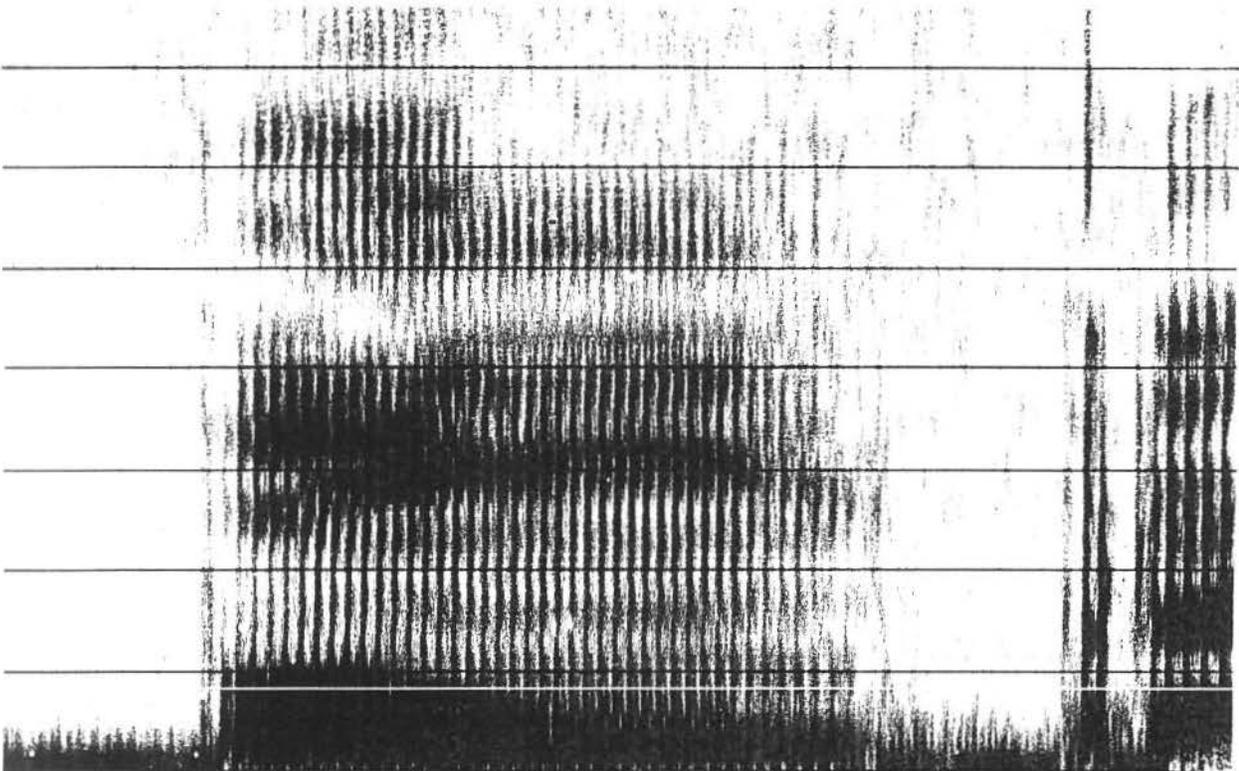
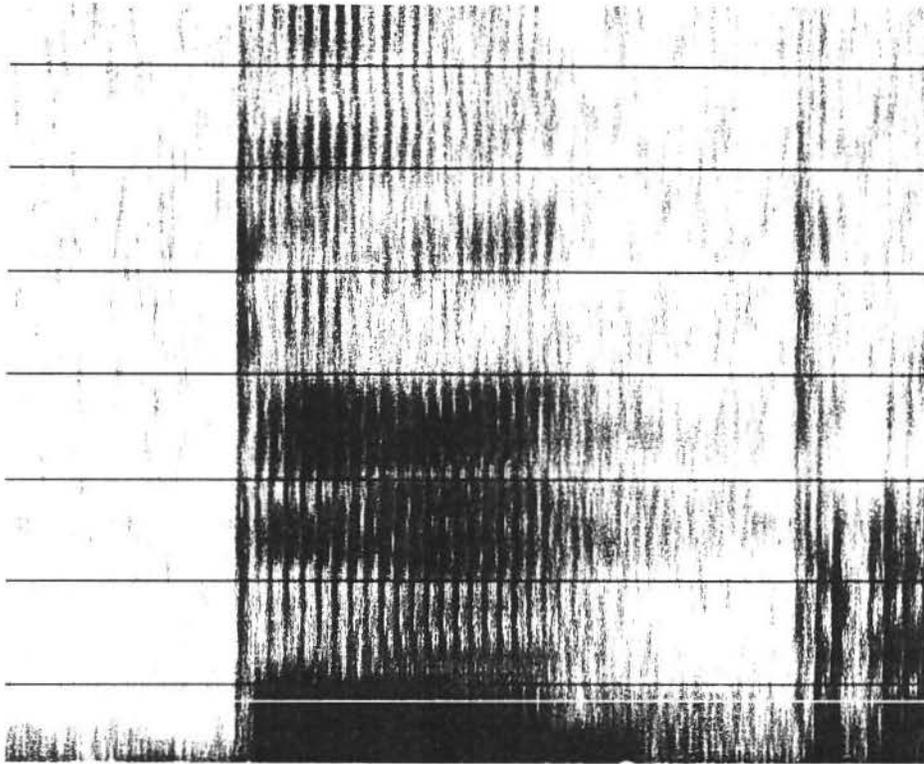
Nas páginas 165 e 166, temos os espectrogramas do monossílabo [põ] para os quatro falantes que participaram do experimento 4. Assim, à página 165 temos o espectrograma de [põ] Z1 (acima) e de [põ] E2 (abaixo). À página 166, temos os espectrogramas de [põ] L2 (acima) e de [põ] W1 (abaixo).

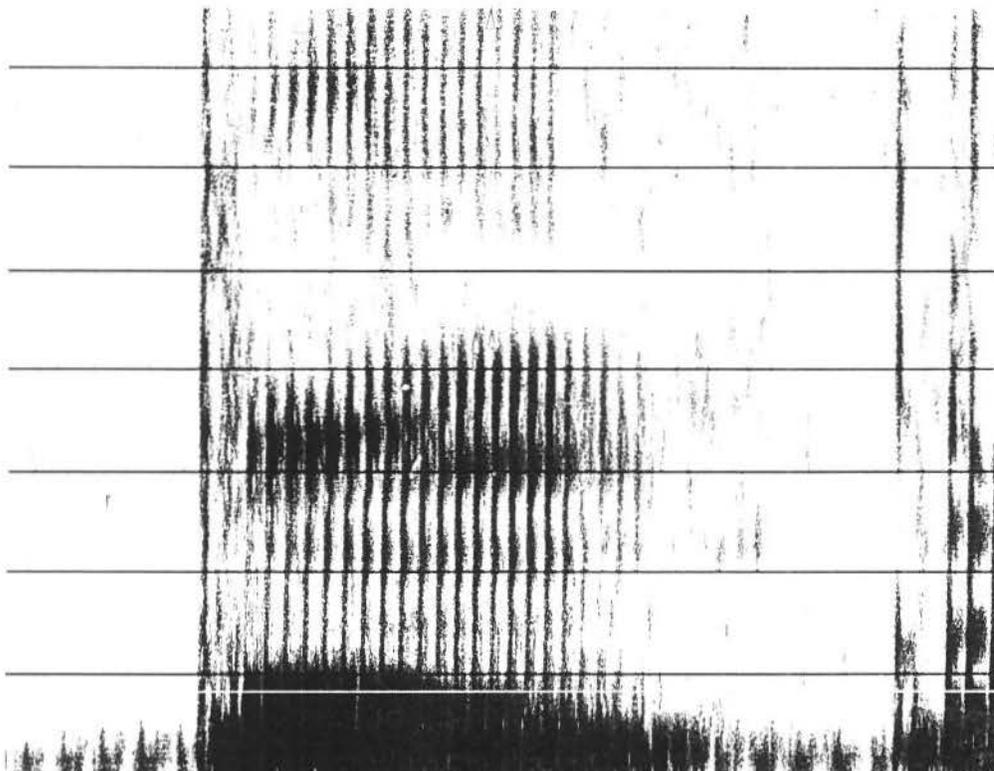
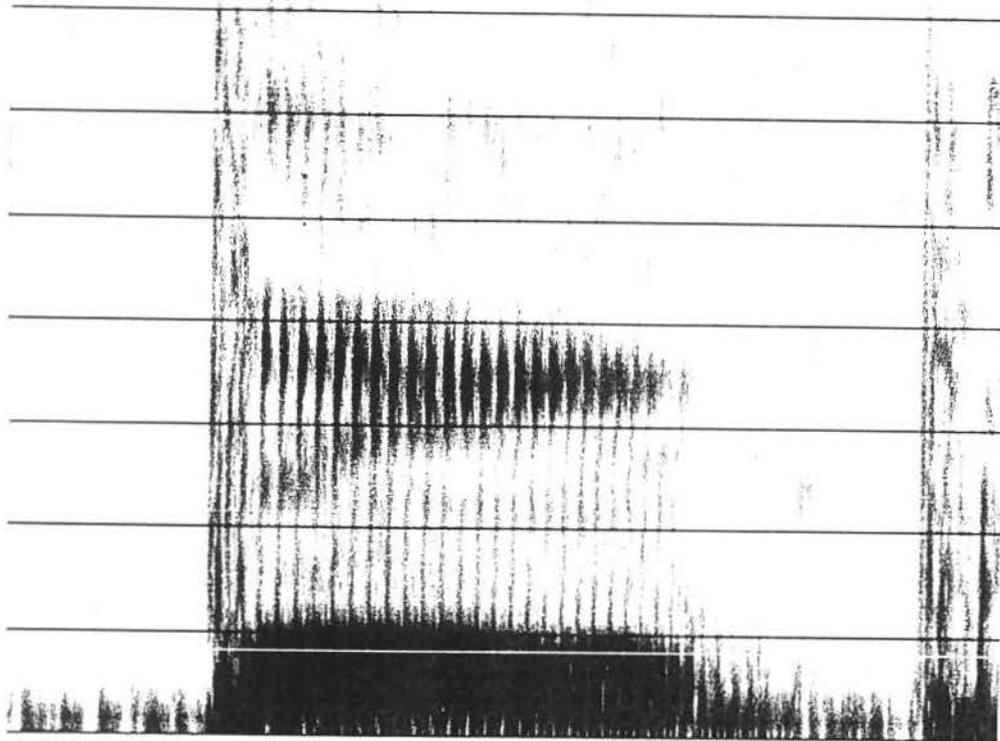
Nas páginas seguintes, incluímos espectros de frequência x amplitude e/ou formas de onda que permitem uma comparação visual adequada entre:

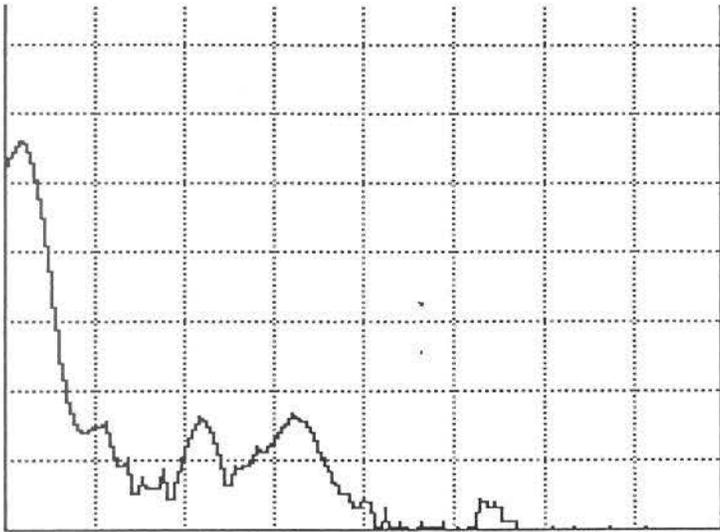
- 1) as diferentes realizações de [ɲ], segundo o informante (pág. 167)
- 2) por um lado, a vogal nasalizada por consoante em [mata] e o murmúrio correspondente ao [m] que a precede (em sombreado); por outro, o espectro da vogal nasal em [põ] Z3 e do murmúrio final correspondente (em sombreado).
- 3) as diferentes fases das vogais nasais (no caso, [põ] Z3).



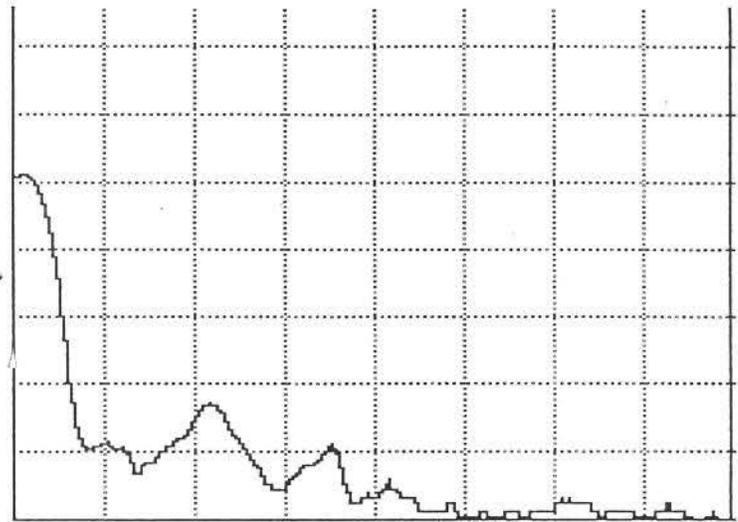




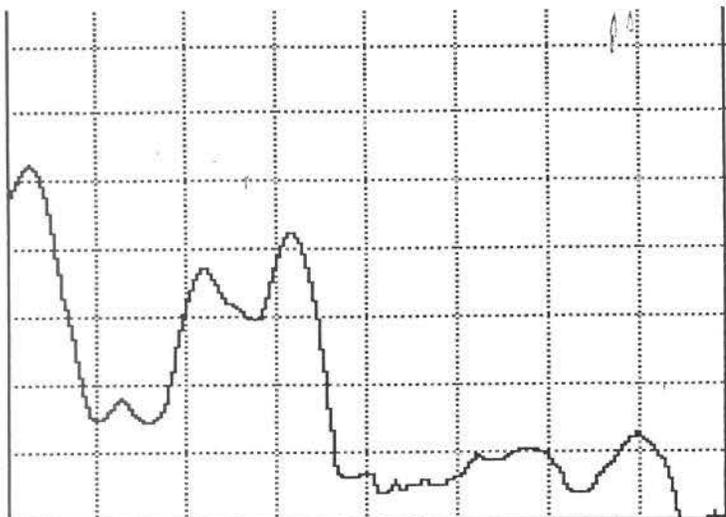




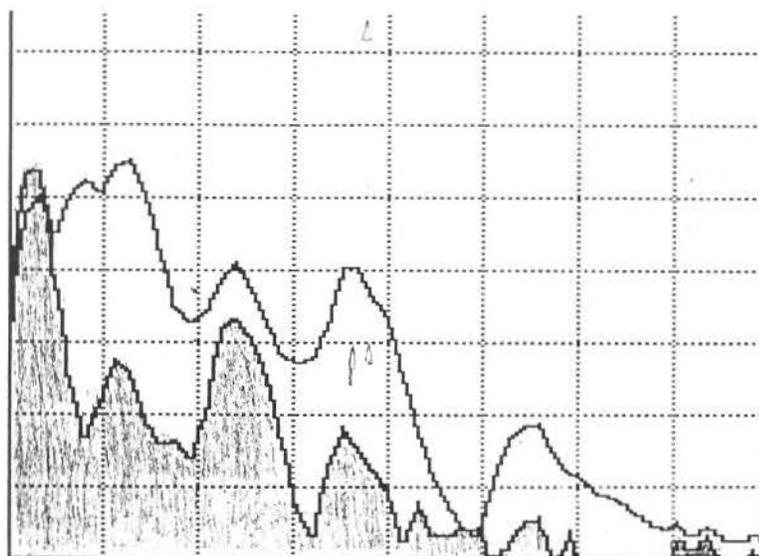
Experimento 3
Espectro frequência (Hz)
x
amplitude (dB)
de [ɲ]
Informante 1 (I1)



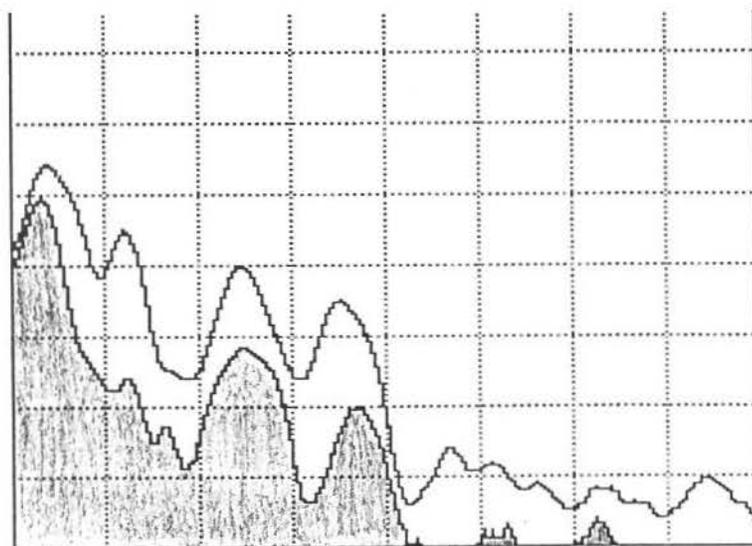
Experimento 3
Espectro frequência (Hz)
x
amplitude (dB)
de [ɲ]
Informante 2 (I2)



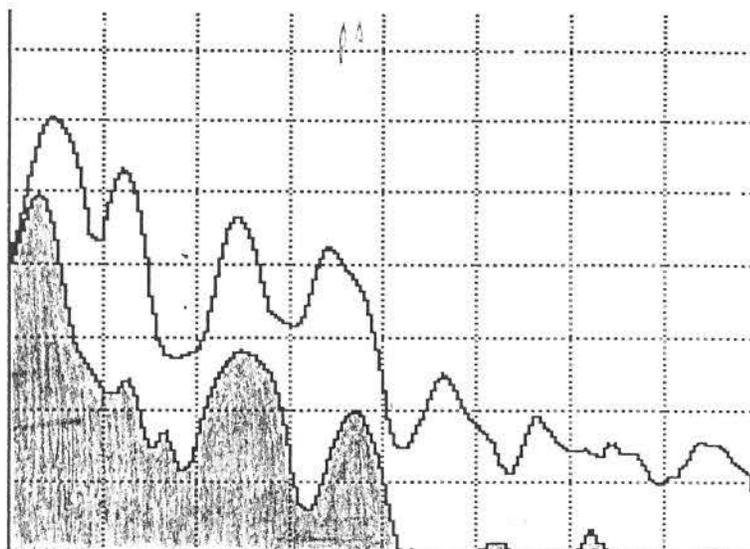
Experimento 3
Espectro frequência (Hz)
x
amplitude (dB)
de [ɲ]
Informante 3 (I3)



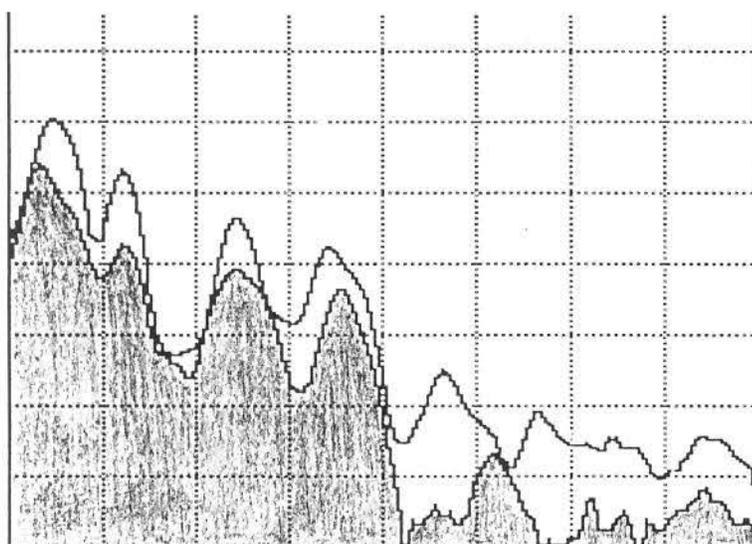
Experimento 2 - Espectro frequência (Hz) x amplitude (dB) de [m] (em sombreado) e de [a] na palavra [mata].



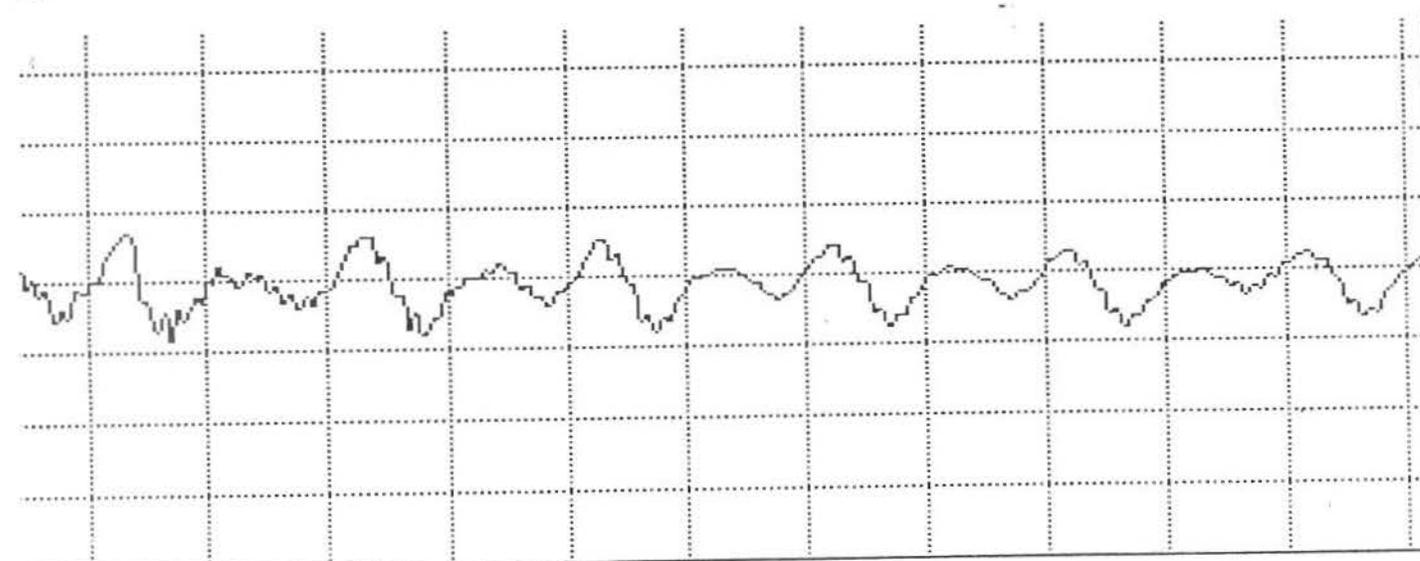
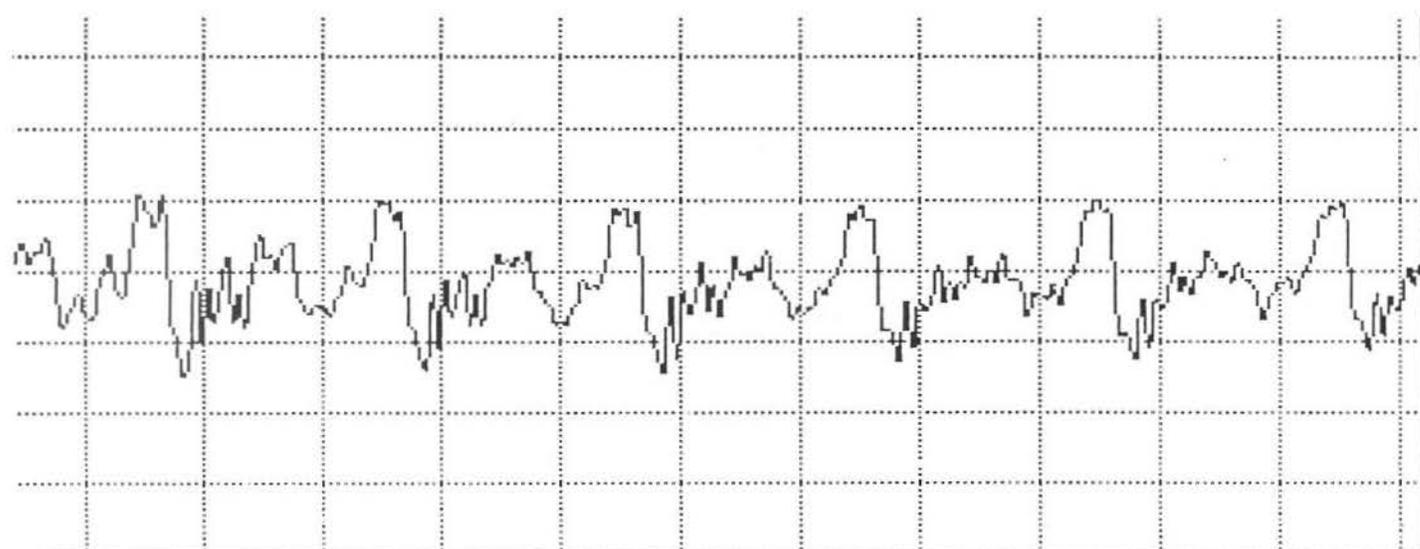
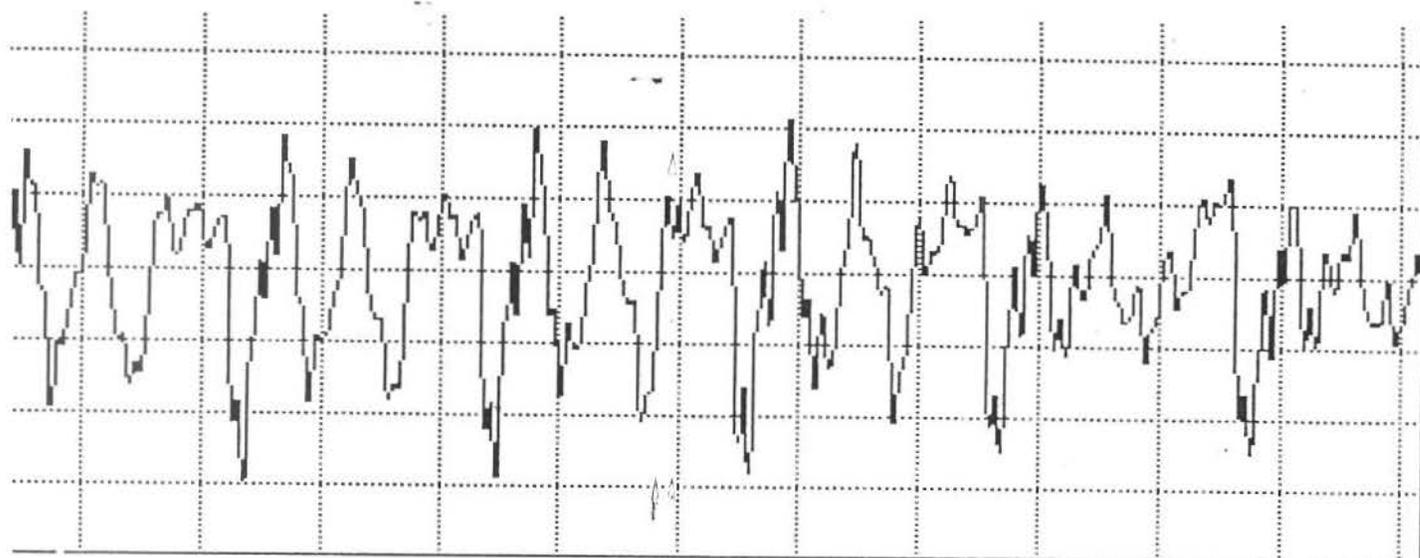
Experimento 4 - Espectro frequência (Hz) x amplitude (db) de [pã] Z3: vogal total x murmúrio (em sombreado).



Experimento 4 - Espectro frequência (Hz) x amplitude (db) de [põ] Z3:
início da vogal (31,25 ms) x murmúrio (em sombreado)



Experimento 4 - Espectro frequência (Hz) x amplitude (db) de [põ] Z3:
início da vogal (31,25 ms) x meio da vogal (31,25 ms - em sombreado)



Experimento 4 - Formas de onda de [ɜ] Z3: início da vogal (acima),
meio da vogal (ao centro) e murmúrio (abaixo).