

## ANÁLISE ACÚSTICA DAS CONSOANTES NASAIS BILABIAIS E ALVEOLARES DO INGLÊS

Acoustic Analysis of the English Bilabial and Alveolar Nasal Consonants

Marcia Regina BECKER, UTFPR<sup>1</sup>

**RESUMO:** A nasalização de sons consonantais, característica de certas línguas, ocorre também tanto em língua portuguesa quanto em língua inglesa, por exemplo, mas em ambientes distintos e se manifestando de formas diferentes. O objetivo deste artigo é discorrer sobre a análise acústica destes sons, com ênfase nas nasais bilabiais [m] e alveolares [n], comuns nestas duas línguas. A caracterização de outiva do contraste entre tais segmentos em posição de coda parece ser difícil até mesmo para falantes nativos de inglês, o que motivou o seu estudo através de análise acústica. Apresenta-se aqui também o resultado da pesquisa que resultou na definição do parâmetro acústico definidor das diferenças entre essas duas consoantes em posição de coda em palavras monossilábicas de língua inglesa – o F2 do murmúrio nasal. A distinção entre essas duas consoantes em posição de coda se constitui num problema de pronúncia para brasileiros aprendizes de inglês, visto que em português há ocorrência apenas dos correspondentes grafemas nesta posição.

**PALAVRAS-CHAVE:** consoantes nasais; análise acústica

**ABSTRACT:** Nasalization of consonants, typical of certain languages, happens both in Portuguese and English, too, but in different environments and with different outcomes. The objective of this article is to talk about the acoustic analysis of these sounds, emphasizing the bilabial [m] and alveolar [n] nasals, common in both of these languages. Acoustic analysis was preferred over auditory analysis because even English native speakers find it difficult to hear the contrast between final [m] and [n]. Also, it will be presented the results of a research which pointed out the defining parameter of such differences in coda position for monosyllables in English – F2 of the nasal murmur. The distinction between these two nasal consonants constitutes a pronunciation problem for Brazilian learners of English, since in Portuguese only the corresponding graphemes appear in coda position.

**KEY-WORDS:** nasal consonants; acoustic analysis

---

<sup>1</sup> Doutora em Estudos Linguísticos pela UFPR e professora Adjunta do Departamento de Línguas Estrangeiras Modernas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

## 1. INTRODUÇÃO

A nasalização de alguns sons é característica de certas línguas, ocorrendo tanto na língua portuguesa quanto na língua inglesa, porém em ambientes distintos e se manifestando de formas diferentes. Com relação ao português, constitui-se num dos aspectos mais desafiadores da língua (MATEUS & D'ANDRADE, 2000, p.130).

Um som consonantal nasal, por definição, ocorre quando o véu palatino ou *velum* encontra-se abaixado, forçando parte do ar que vem dos pulmões a dirigir-se à cavidade nasal. O restante do ar se encaminha à cavidade oral, onde dois articuladores produzem uma obstrução completa da passagem desta corrente de ar. Ladefoged (2001[b], p. 164), no entanto, pontua que “o ar não precisa realmente sair pelo nariz para um som ser nasal. Basta que o véu palatino esteja abaixado para que as ressonâncias das cavidades nasais afetem o som”.<sup>2</sup>

No português brasileiro, três são os tipos de obstrução dos articuladores, resultando nas suas três consoantes nasais: [m], [n] e [ɲ]. No caso da língua inglesa, as consoantes nasais também são três. As formas de obstrução que fazem com que o ar se propague pela cavidade nasal são similares às do português para o caso dos segmentos [m] e [n] (oclusivas bilabial e alveolar, respectivamente). Para o terceiro caso, ocorre a obstrução através da parte posterior da língua contra o palato mole ou também chamado véu palatino, e tem-se a nasal velar: [ŋ].

Este artigo tem por objetivo mostrar alguns estudos relacionados à análise acústica das consoantes nasais em língua inglesa, a língua estrangeira mais estudada no nosso país, com ênfase nas bilabiais e nas alveolares, que são comuns tanto em língua portuguesa quanto em língua inglesa. Preferiu-se a análise acústica ao invés de simplesmente a análise de outiva, pois a caracterização de outiva do contraste entre tais segmentos parece ser difícil até mesmo para falantes nativos: “...crianças cegas têm dificuldade em aprender contrastes fáceis de ver e difíceis de ouvir como os de [m] e [n]”<sup>3</sup> SCHWARTZ et al. (2002, p. 264). De 451 línguas estudadas por estes

---

<sup>2</sup> As traduções dos textos cujos originais estão em língua inglesa são responsabilidade da autora. Os originais aparecerão em nota de rodapé, em itálico.

*Air does not actually have to come out of the nose for a sound to be nasal. It is just that the soft palate has to be down so that the resonances of the nasal cavity affect the sound.*

<sup>3</sup> *...blind children have difficulty in learning easy-to-see and hard-to-hear contrasts such as [m] vs. [n]*

pesquisadores (UPSID-451 Database), 94% têm um contraste entre [m] e [n], porém eles concluem que é a alta “visibilidade” do contraste o que desempenha um papel importante no fato de que está presente na grande maioria das línguas (Ibid, p.279). O artigo propõe-se também a mostrar a pesquisa que resultou na determinação do parâmetro acústico definidor das diferenças entre essas consoantes, medidas em posição de coda em palavras monossilábicas de língua inglesa (BECKER, 2007).

## 2. PROPRIEDADES ACÚSTICAS DA FALA

Os principais componentes do aparelho fonador são os pulmões, responsáveis pelo fluxo de ar que se move para cima, passando pela traquéia, a laringe (onde se encontram as pregas vocais), a faringe (garganta) e a cavidade oral - estas últimas duas usualmente agrupadas em uma unidade chamada de trato oral, e a cavidade nasal ou trato nasal, que se inicia no véu palatino e termina nas narinas.

Quando falamos, produzimos ondas sonoras, que são variações na pressão de ar ao nosso redor. Estas ondas são complexas, isto é, são formadas a partir da combinação de diversas outras ondas (tons puros). As ondas sonoras são iniciadas nas pregas vocais, e o papel da laringe, faringe e cavidades oral e nasal é de ressonadores (SOUZA, 2003, p.22-23).

A produção do som da fala humana pode ser considerada consequência da geração de uma ou mais fontes de som, e da filtração destas fontes pelo trato vocal e/ou nasal (STEVENS, 1998, p.56). O espectro<sup>4</sup> de um som oral, por exemplo, compõe-se de formantes, que são o produto do espectro da fonte do som (as pregas vocais), e as propriedades de ressonância do trato vocal (o filtro), que pode atenuar ou ampliar certos componentes. “Um formante ou pico de ressonância no espectro é uma faixa de frequências que são seletivamente amplificadas pelo trato vocal. O pico desta ressonância é mais pontiagudo (a largura da faixa é mais estreita) se a maior parte da energia acústica se irradia da boca e pouca é absorvida pelas paredes do trato vocal.”<sup>5</sup> (OHALA; OHALA, 1993, p.233).

---

<sup>4</sup> O espectro é um gráfico que traz informação sobre a amplitude (eixo vertical) em relação à frequência (eixo horizontal) das ondas sonoras.

<sup>5</sup> *A formant or resonance peak in the spectrum is a band of frequencies which are selectively amplified by the vocal tract. The sharpness of this resonance is greater (i.e., bandwidth is narrower) if most of the acoustic energy radiates from the mouth and little of it is absorbed by the walls of the vocal tract.*

Kent e Read (1992, p.11) esclarecem que o estudo da acústica da fala envolve a análise de um sinal (o sinal acústico vem a ser a contraparte física – as ondas sonoras – dos eventos articulatórios que produzem a fala) cuja energia está distribuída por uma faixa de frequência de aproximadamente 10 kHz, tem uma faixa de energia (“dynamic range”) de aproximadamente 60 dB (decibéis) – o que quer dizer que os sons mais fracos são mais ou menos 60 dB menos intensos que os sons mais fortes, e tem variações significativas no tempo que ocorrem em 10 ms (milisegundos, ou milésimos de segundo) ou menos.

O sinal acústico da fala é, no entanto, um contínuo, devido a fenômenos co-articulatórios presentes na sua produção (o movimento dos articuladores é contínuo, existindo articulações de transição), e extremamente variável no tempo. Conclui-se daí que os limites do que se convencionou chamar de fonos ou segmentos fonéticos não são fáceis de detectar (SOUSA, 1994, p.2-3).

### 3. ANÁLISE ACÚSTICA DAS NASAIS

No estudo de nasais, os procedimentos acústicos para a coleta de dados são os que podem ser executados de forma mais prática: não são invasivos, não causam desconforto e são completamente seguros para os informantes (em oposição a métodos, por exemplo, que estudam os padrões de movimento dos articuladores, como as técnicas de imagem, como radiografia, ressonância magnética). Esta praticidade faz com que sejam os mais utilizados. No entanto, deve-se tomar cuidado, pois se sabe que algumas mudanças articulatórias não se refletem diretamente nas medidas acústicas: “após um determinado grau de abertura velo-faríngea, mudanças na posição do véu palatino tem um efeito não-linear na quantidade de fluxo nasal de ar, e um efeito mínimo nas propriedades espectrais da fala produzida.”<sup>6</sup> (KRAKOW; HUFFMAN, 1993, p. 32).

A principal característica articulatória de um som consonantal nasal é que o canal velo-faríngeo está aberto, e a energia sonora é irradiada somente pelo trato nasal; o ressonante nasal se abre para a atmosfera, enquanto o oral está fechado. Apesar de a cavidade oral estar fechada em algum ponto, ela contribui para as qualidades de ressonância das consoantes nasais. Se assim não fosse, seria impossível distinguir uma consoante nasal da outra em produções isoladas. Porém, as narinas são menos eficazes

---

<sup>6</sup> *Beyond a certain degree of velopharyngeal opening, changes in velum position have a nonlinear effect on the amount of nasal airflow and a minimal effect on the spectral properties of the speech produced.*

que a boca na irradiação do som para a atmosfera, e isso faz com que, em geral, a “intensidade das consoantes nasais seja bem mais baixa do que a das vogais com as quais elas estão associadas, e isso pode ser visto por traços mais fracos nos espectrogramas”<sup>7</sup> (FRY, 1979, p. 119).

As consoantes nasais constituem, então, uma classe única e complexa, pois são produzidas utilizando duas cavidades de ressonância. Além disso, como as outras classes de consoantes, sofrem influência do contexto vocálico em que se encontram e da interação dos pontos e modos de articulação (KUROWSKI; BLUMSTEIN, 1993, p.198). Uma complicação adicional está no fato de que há grandes diferenças na forma do trato nasal, o que significa que resultados de análises espectrais para um falante podem não dar uma previsão acurada do que poderá ser observado para outros falantes. (KRAKOW; HUFFMAN, 1993, p. 41-42)

A principal razão da complexidade acústica das consoantes nasais está na sua estrutura espectral formada não apenas pelas ressonâncias das cavidades oral e nasal, mas também pelas anti-ressonâncias (anti-formantes) da cavidade oral, que são faixas de frequência onde a energia acústica é seletivamente atenuada:

...quando a cavidade oral está fechada, em algum ponto, para uma consoante nasal, as frequências dos anti-formantes são as frequências nas quais a cavidade da boca curto-circuita a transmissão através do nariz. A energia, nestas frequências, não passa através da cavidade nasal.<sup>8</sup> (KENT; READS, 1992, p. 37-38)

Fujimura (1962, p.1871), foi um dos precursores de estudos acústicos de consoantes nasais. Tais estudos se basearam no murmúrio de consoantes nasais<sup>9</sup> que ocorriam em um grande grupo de palavras inventadas, com a forma /hə'CVC/, isto é, uma sílaba consoante-vogal-consoante, onde caía o acento da palavra, precedida por uma sílaba não-acentuada. No caso das sílabas com /m/ e /n/ as consoantes iniciais e finais eram idênticas<sup>10</sup>. Três foram os informantes. Os resultados mostraram que o anti-formante (que espectralmente está associado a vales de energia) está localizado, para a nasal /m/ , entre 750 e 1250 Hz, e para /n/, entre 1450 e 2200 Hz, sendo o ambiente

<sup>7</sup> ... the overall intensity level of nasal consonants is noticeably lower than that of vowels with which they are associated, as can be seen from the fainter traces in the spectrograms.

<sup>8</sup> ...when the oral cavity is closed at some point for a nasal consonant, the frequencies of the antiformants are the frequencies at which the mouth shortcircuits transmission through the nose. Energy at these frequencies does not pass through the nasal cavity.

<sup>9</sup> Deve-se esclarecer que o murmúrio nasal é o segmento acústico associado à radiação exclusivamente nasal da energia sonora, sendo um dos pontos, além das transições das vogais adjacentes, em que se estabelece o estudo espectral das nasais.

<sup>10</sup> Os seus estudos incluíram também a nasal velar /ŋ/, em final de sílaba, da seguinte forma /hə'rVŋ/.

vocálico em que se encontram as nasais o fator responsável pela ocorrência dos anti-formantes em uma ou outra extremidade desta faixa de frequência. Uma regra geral seria a de que quando o ponto de articulação se move para trás, a frequência dos anti-formantes aumenta. No entanto, “o anti-formante muda sua posição consideravelmente de palavra a palavra e mesmo dentro da mesma produção, dependendo da variação da configuração da cavidade oral”<sup>11</sup> (Id). Fujimura conclui seu ensaio dizendo que apesar de ser possível separar as consoantes nasais por intermédio de seus anti-formantes, os formantes das transições das vogais adjacentes teriam um papel mais importante na individualização das nasais.

Então, uma das pistas para se verificar a qualidade da consoante nasal seria a frequência dos anti-formantes. Porém, além dos estudos de Fujimura, outros indicam a dificuldade de se tomarem os anti-formantes como parâmetros de diferenciação entre as consoantes nasais: “anti-formantes são extremamente difíceis de localizar e medir pelos métodos usuais de análise da fala.” (HOUSE<sup>12</sup>, apud KUROWSKI; BLUMSTEIN, 1993, p.198).

Uma outra característica importante das consoantes nasais, além das faixas de frequência de seus anti-formantes, é a existência de um chamado “formante nasal”, que ocorre frequentemente na faixa de 200-300 Hz. Este formante nasal está associado ao comprimento do tubo que se estende da laringe até as narinas, e que é relativamente longo – aproximadamente 12,5 cm em homens adultos. Kent e Read (1992, p. 231) colocam que, neste caso (para a fala do homem), o formante nasal pode chegar a uma frequência de até 500 Hz.

Uma ainda terceira característica para as consoantes nasais é que seus formantes tendem a ser altamente amortecidos, isto é, eles têm grandes larguras de banda, o que reflete uma rápida taxa de absorção da energia sonora.

Exemplos de espectrogramas para as palavras inglesas *a Pam* e *a tan*, ambas monossílabas com nasais em coda, são mostrados na Figura 1. São exemplos similares aos que foram utilizados para os estudos realizados para a definição do parâmetro acústico diferenciador das nasais bilabiais e alveolares em codas.

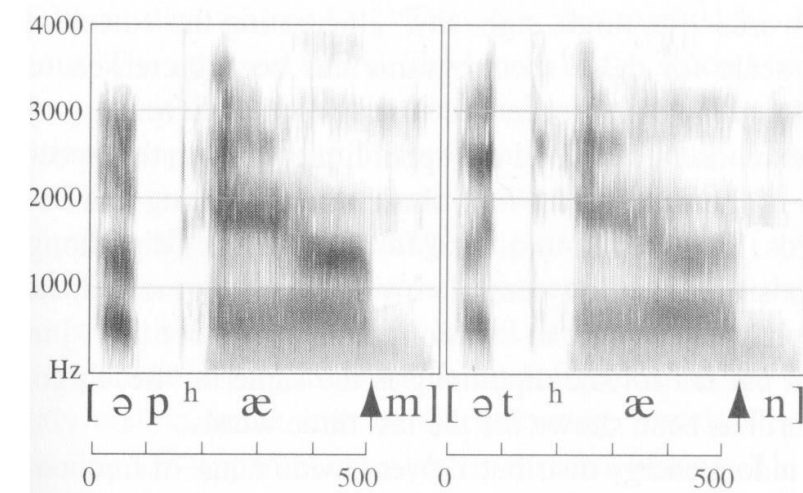
---

<sup>11</sup> ...the antiformant changes its position appreciably from word to word and also within the same utterance, depending on the change in the configuration of the oral cavity.

<sup>12</sup> HOUSE, A. Analog studies of nasal consonants. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 22, p. 190-204, 1957.

*Antiformants are extremely difficult to accurately pinpoint and measure by the usual methods of speech analysis...*

FIGURA 1 - ESPECTROGRAMA DAS PALAVRAS “A PAM” E “A TAN”



FONTE: LADEFOGED, 2001(a), p. 181

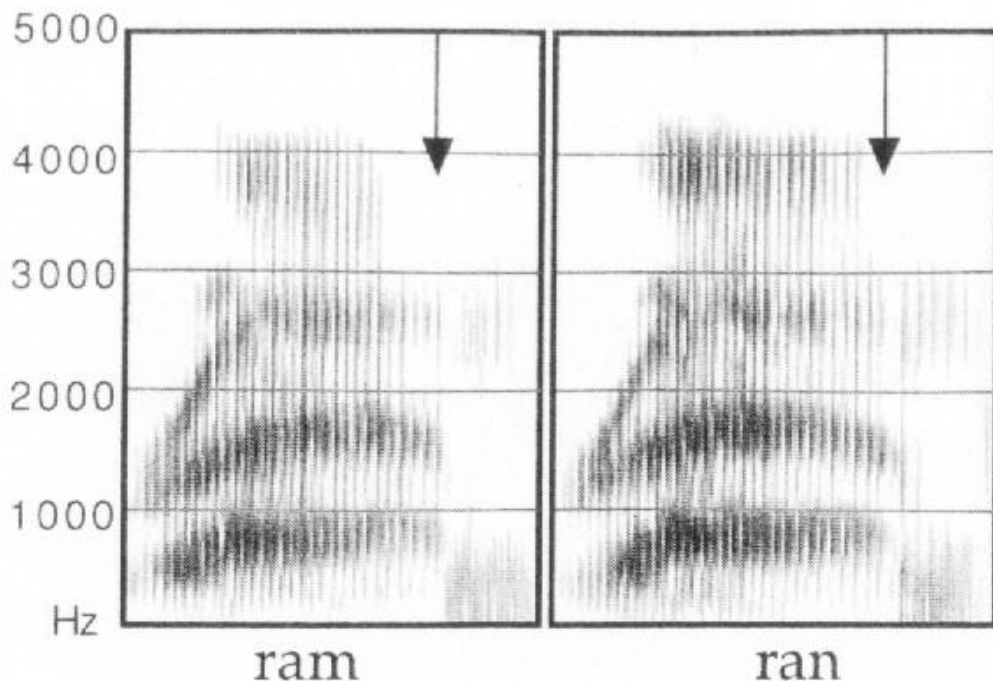
Ladefoged chama a atenção para uma marca clara das nasais, que é a mudança abrupta no espectrograma no momento de formação da obstrução articulatória, quando os lábios se juntam, no caso do [m], ou quando a coroa da língua toca os alvéolos, no caso do [n], mostrada pelas setas logo antes dos símbolos das nasais. A estrutura de formantes das nasais é similar à das vogais, com a diferença que suas bandas são mais fracas e suas frequências dependerão das características de ressonância das cavidades nasais (particulares para cada indivíduo). Interessante de se observar que o autor relata que “usualmente” (e não “sempre”) há um primeiro formante situado em torno de 250 Hz (que é o formante nasal)<sup>13</sup>, e que a localização dos outros formantes varia, havendo geralmente uma extensa região acima de F1 sem energia. O autor relata, ainda, que a diferença entre cada uma das nasais é frequentemente determinável a partir dos diferentes formantes de transição que ocorrem ao final de cada vogal, havendo um decréscimo no F2 da vogal antes de [m]. Porém, ao final da colocação, ele deixa claro: “Mas as pistas para o ponto de articulação às vezes não são muito claras”<sup>14</sup> (Ibid, p. 181-182).

<sup>13</sup> Quando da análise dos dados tanto do grupo controle quanto dos aprendizes, houve realmente considerável variação em torno do valor deste valor de frequência para F1.

<sup>14</sup> *But the places cues are sometimes not very clear.*

Um outro exemplo pode ser visto na Figura 2:

FIGURA 2 - ESPECTROGRAMA DAS PALAVRAS “RAM” E “RAN”



FONTE: LADEFOGED, 2001(b), p.54

Neste caso, ele fala de um primeiro formante, com frequência muito baixa, em torno de 200 Hz, cita novamente o ponto de distinção entre as nasais, não sendo toda a porção da nasal no espectrograma, mas apenas o seu início, e enfatiza que quando os lábios se fecham para [m], “os formantes (especialmente o segundo) abaixam a frequência.”<sup>15</sup>(LADEFOGED, 2001(b), p.54). Percebe-se que há, tanto para a Figura 1, como para a Figura 2, pouca diferenciação entre os espectrogramas para [m] e [n] em codas.

Kurowski e Blumstein (1987) em seus estudos de propriedades acústicas para determinação do ponto de articulação das nasais (“pistas” acústicas<sup>16</sup>) partiram de dois experimentos: no primeiro (experimento I), três informantes produziram, cada um, cinco “palavras” com [m] seguido das vogais [i e a o u] , e cinco com [n] seguido das mesmas vogais. A análise quantitativa de tais produções com os segmentos [m] e [n] +

<sup>15</sup> ...the formants (particularly the second) lower in frequency...

<sup>16</sup> A função de uma “pista” acústica (*acoustic cue*) é possibilitar ao ouvinte fazer a distinção entre sons que pertencem a diferentes classes fonêmicas.



vogal indicou que acima de 89% das produções pode ser corretamente classificada com relação a ponto de articulação, comparando a proporção de mudança de energia na região espectral que vai do murmúrio até a soltura da nasal. No segundo experimento (experimento II), procedeu-se à análise de [s] + [m] ou [n] + vogal, realizada por dois informantes na mesma região espectral, e 84% das produções foi corretamente classificada. Tendo demonstrado que os padrões espectrais para consoantes nasais são similares, ao menos em duas posições dentro da sílaba, as pesquisadoras partiram para o trabalho de nasais em posição de coda. A distinção entre as nasais, neste caso, mostrou-se mais difícil:

O próprio fato da transição gradual de vogal para completo murmúrio nasal na posição V [vogal] C [consoante], que contribui para a dificuldade de localizar a oclusão articulatória, também parece ter sérias consequências para uma medição que depende de uma rápida mudança de energia em um espaço relativamente curto [...] na forma da onda. Presentemente, usando os mesmos parâmetros para as medidas como nos experimentos I e II, as medições puderam classificar corretamente 75% das nasais bilabiais para um dos falantes. Não mais que 56% para um segundo falante. Todas as alveolares foram problemáticas.<sup>17</sup> (Ibid, p. 1924)

É interessante ressaltar o papel do murmúrio nasal. Acreditava-se, inicialmente, que ele não carregasse informações significativas sobre ponto de articulação (que define, na língua inglesa, uma nasal como bilabial, alveolar ou velar). Estudos de percepção de nasais indicaram, no entanto, que nem o murmúrio e nem as transições isoladamente são indicações suficientes para ponto de articulação. Eles constituem pistas integradas utilizadas pelo aparelho auditivo para uma única representação, não sendo então os atributos acústicos para ponto de articulação segmentados pelo aparelho auditivo como componentes separados. (KUROWSKI; BLUMSTEIN<sup>18</sup>, apud KUROWSKI; BLUMSTEIN, 1993, p. 206). No entanto, as autoras citam outros estudos que esclarecem que, apesar de tanto o murmúrio quanto as transições terem tanta informação sobre o ponto de articulação em sílabas VN (vogal – nasal), como em sílabas NV (nasal-vogal), as sílabas VN não foram identificadas tão

---

<sup>17</sup> *The sheer gradualness of the transitions from vowel to full murmur in VC position, which contributes to the difficulty of locating closure, also seems to have serious consequences for a metric that depends on rapid energy change over a relatively short (four glottal pulse) span in the waveform. At present, using all of the same parameters for the metric as in experiments I and II, the metric can correctly classify 75% of the labials for one speaker. It did no better than 56% for a second speaker. All alveolars were problematic.*

<sup>18</sup> KUROWSKI, K. M; BLUMSTEIN, S. E. Perceptual integration of the murmur and formant transitions for place of articulation in nasal consonants, *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 76, p. 383-390, 1984.

bem quanto as sílabas NV <sup>19</sup>.(REPP; SVASTIKULA<sup>20</sup>, apud KUROWSKI; BLUMSTEIN,1993, p. 207).

Em outro estudo de percepção da distinção entre as nasais [m] e [n], Ohde, Haley e Barnes (2006) também apontam para a contribuição do murmúrio nasal e a transição dos formantes das vogais como pistas de identificação das nasais. Nos experimentos destes pesquisadores, três crianças, três homens e três mulheres produziram, em inglês, sílabas NV e VN, com [m] ou [n] nas posições de consoantes, com as vogais [i æ u a] ora precedendo, ora seguindo as consoantes. Os participantes dos testes de percepção foram dez falantes nativos. Uma das conclusões dos pesquisadores foi que, de forma geral, sílabas NV foram perceptualmente mais distinguíveis que as sílabas VN.

### 3.1 PARÂMETRO ACÚSTICO DEFINIDOR DE BILABIAIS E ALVEOLARES EM CODAS

Becker (2007) apresentou pesquisa onde definiu um parâmetro acústico para distinção entre as nasais bilabiais e alveolares em codas de palavras monossilábicas em língua inglesa. Foram gravadas as produções de dez pares mínimos de palavras monossilábicas com a diferença recaindo exatamente na nasal da coda. As nasais foram precedidas por duas vogais de qualidades distintas: [æ](cam x can, dam x Dan, gram x gran, jam x Jan, Pam x pan) e [ɪ] (dim x din, gym x gin, Pim x pin, skim x skin, Tim x tin). Os informantes foram dois adolescentes americanos, um menino (11 anos, natural de Phoenix, Arizona) e uma menina (14 anos, natural de Los Angeles, Califórnia), que estavam morando no Brasil há menos de um ano na época das gravações, todas feitas em estúdio. Foram gravadas três repetições de cada palavra do *corpus* para cada um dos informantes, inserida numa frase veículo - “ *I say ...*”, totalizando 120 palavras. Os dados foram analisados utilizando o software PRAAT, versão 4.4.30.

Foram feitas as análises relativas à duração da frase onde a palavra alvo estava inserida, à duração da própria palavra, à duração da sua vogal e à duração de seu murmúrio nasal. Isoladamente, cada um destes dados está sujeito a variações por conta

<sup>19</sup> Conclusão a que as autoras haviam chegado em seu estudo de 1987, citado acima.

<sup>20</sup> REPP, B; SVASTIKULA,K. Perception of the [m]-[n] distinction in VC syllables. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 83, p. 237-247, 1988.

do idioleto, características pessoais do informante. Além disso, a velocidade da fala é muito variável e optou-se, então, por considerar-se um valor relativo, que neutralizasse esta variação, levando em consideração a duração do segmento alvo enquanto inserido na palavra alvo. Obteve-se este valor relativo, dividindo-se o valor médio da duração do murmúrio nasal (que nos dá a duração do segmento [m] ou [n], conforme o caso) pelo valor médio obtido com a duração da palavra alvo, e o resultado multiplicado por 100. O valor final nos diz qual é o percentual que o murmúrio nasal ocupa na duração total da palavra. Considerando-se os lábios como articuladores mais lentos, esperar-se-ia que a duração relativa de [m] fosse maior em todos os casos, mas isso apenas ocorreu em 60% das produções do menino e 80% das da menina, eliminando esse parâmetro como efetivo na distinção entre essas duas nasais, considerando-se as condições da pesquisa.

Foram considerados também os três primeiros formantes da vogal antecedente à nasal, ou seja, F1 (correlato acústico da altura de mandíbula), F2 (correlato acústico da posição relativa do dorso de língua na dimensão antero-posterior do trato vocal) e F3 (parâmetro acústico cujos valores usualmente tendem a acompanhar os valores de F2). O quarto formante não foi considerado por serem seus valores muito variáveis. De uma maneira geral, pode-se dizer que os pares com a vogal [ɪ] apresentaram resultados mais constantes que os pares com a vogal [æ]. No entanto, não se pode afirmar que houve uma regularidade de resultados, e esses formantes foram também abandonados para fins de distinção entre as duas nasais em questão.

Promoveu-se, então, a análise dos três primeiros formantes da consoante nasal – F1, F2 e F3 (o quarto formante, além de ter valores muito variáveis, tinha sua leitura por vezes bastante dificultada). Para fins de análise comparativa, os valores do segundo formante da nasal (murmúrio nasal) se mostraram os mais consistentes. Para todas as palavras do *corpus*, nas três repetições de cada uma, e para ambos os informantes, os valores de F2 foram consistentemente superiores para a nasal [n] do que para a nasal [m]. Desta forma, mostrou-se como o parâmetro mais indicado para diferenciar acusticamente essas duas nasais, pelo menos nas condições apresentadas pela pesquisa. Isso corroborou o que Ladefoged (2001(b), p.54) já havia observado: quando os lábios se fecham para [m], o segundo formante dessa consoante abaixa sua frequência. Ele, porém, não havia mencionado comparativamente a produção de [n].

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo acústico de consoantes nasais é bastante significativo se levarmos em consideração a sua frequência de uso na língua inglesa: “Considerando as três juntas, as consoantes nasais [no inglês] são responsáveis por aproximadamente 10% dos sons na fala corrente dos adultos” (MINES; HANSEN; SHOUP<sup>21</sup>, apud KENT; READ, 1992, p. 136) “e ocorrem em uma taxa média de aproximadamente duas [nasais] por segundo.” (KENT; READ, 1992, p. 136). Para isso, a identificação de seus parâmetros acústicos definidores se configura como importante.

Foi através da análise comparativa dos dados obtidos nas gravações com os dois falantes nativos que em Becker (2007) se verificou a consistente superioridade do segundo formante do murmúrio nasal de [n] em relação ao F2 de [m] para todos os pares mínimos analisados. Há que se frisar que a pesquisa em questão teve seu escopo limitado, e que muito mais ainda precisa ser feito, porém acredita-se que para monossílabos com a nasal em coda simples e com os ambientes adjacentes às nasais definidos neste trabalho (silêncio após as nasais, e vogais de duas qualidades – [æ] e [ɪ] as antecedendo), a definição de F2 do murmúrio nasal como parâmetro comparativo foi significativa.

#### REFERÊNCIAS

- BECKER, M. *Análise Acústica da Produção de Nasais Bilabiais e Alveolares em Codas de Monossílabos por Alunos de Inglês*. 96f. Dissertação (Mestrado em Estudos Linguísticos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- FRY, D.B. **The Physics of Speech**. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
- FUJIMURA, O. Analysis of Nasal Consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 34, n. 12, 1865-1875, dez. 1962.
- KENT, R.; READ, C. **The Acoustic Analysis of Speech**. San Diego, USA: Singular, 1992.
- KRAKOW, R. A.; HUFFMAN, M. K. Instruments and Techniques for Investigating Nasalization and Velopharyngeal Function in the Laboratory: an Introduction. In: HUFFMAN, M. K.; KRAKOW, R. A. (Ed.) **Nasals, Nasalization and the Velum**. San Diego, USA: Academic Press, 1993. p. 3-59

---

<sup>21</sup> MINES, M.; HANSEN, B.; SHOUP, J. Frequency of occurrence of phonemes in conversational English. *Language and Speech*, 21, 221-241, 1978.  
*Taken together, the three nasal consonants account for about 10% of the sounds in adult running speech...and occur at an average rate of about two per second.*

- KUROWSKI, K. M; BLUMSTEIN, S. E. Acoustic Properties for Place of Articulation in Nasal Consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 81, n. 6, 1917-1927, jun. 1987.
- KUROWSKI, K. M; BLUMSTEIN, S. E. Acoustic Properties for the Perception of Nasal Consonants. In: HUFFMAN, M. K.; KRAKOW, R. A. ( Ed.) **Nasals, Nasalization and the Velum**. San Diego, USA: Academic Press, 1993. p.197 -222
- LADEFOGED, P. **A Course in Phonetics**. Boston: Heinle&Heinle, 2001(a).
- \_\_\_\_\_. **Vowels and Consonants: An Introduction to the Sounds of Languages**. Malden, MA: Blackwell, 2001(b).
- MATEUS, M. H.; D'ANDRADE, E. **The Phonology of Portuguese**. New York, USA: Oxford University Press, 2000.
- OHALA, J. J.; OHALA, M. The Phonetics of Nasal Phonology: Theorems and Data. In: HUFFMAN, M. K.; KRAKOW, R. A. (Ed.) **Nasals, Nasalization and the Velum**. San Diego, USA: Academic Press, 1993. p. 225-249.
- OHDE, R.N.; HALEY, K.L.; BARNES, C.W. Perception of the [m]-[n] distinction in consonant-vowel (CV) and vowel-consonant (VC) syllables produced by child and adult talkers. *Journal of the Acoustical Society of America*, v.119, n.3, 1697-1711, mar. 2006
- SCHWARTZ, J. L.; ABRY, C.; BOË, L.-J.; CATHIARD, M. Phonology in a Theory of Perception-for-Action-Control. In: DURAND, J.; LARKS, B. (Ed.). **Phonetics, Phonology, and Cognition**. Oxford: Oxford University Press, 2002. p. 255-280.
- SOUZA, M. C. Q. de. *Características espectrais da nasalidade*. São Carlos, 2003. 81 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia), Universidade de São Paulo.
- STEVENS, K.N. **Acoustic Phonetics**. Boston: MIT Press, 1998.