

# Análise aerodinâmica da nasalidade coarticulatória no falar florianopolitano

## Aerodynamics analysis of coarticulatory nasalization in Florianopolis speech

Clara Simone Ignácio de Mendonça\*  
Izabel Christine Seara\*\*

**RESUMO:** A nasalidade coarticulatória, fenômeno pouco explorado no PB, é resultado da coarticulação de uma vogal oral com uma consoante nasal que segue ou antecede a vogal oral em sequências VCnV. Este estudo, de cunho introdutório e qualitativo, trata de aspectos aerodinâmicos da nasalidade coarticulatória do PB com dados obtidos através de um piezo-elétrico. Os resultados aerodinâmicos confirmam que a nasalidade das vogais do PB pode ser progressiva, regressiva ou dupla. Enfatizou-se o estudo da nasalidade regressiva, também chamada de antecipatória. Verificou-se a presença de fluxo de ar nasal, em vogais nasalizadas coarticulatoriamente em posição tônica e átona, bem como a duração da vogal nasalizada. O grau de nasalização parece depender da consoante nasal que sucede a vogal. As vogais altas nasalizadas apresentaram fluxo de ar nasal com maior amplitude, se comparada com a amplitude das demais vogais nasalizadas coarticulatoriamente. Os dados apontam para uma duração da vogal nasalizada em posição tônica semelhante à das vogais nasais, porém, superior à das vogais orais. As produções do locutor masculino apresentaram fluxo de ar nasal com maior amplitude quando comparadas ao fluxo de ar nasal das produções do locutor feminino. Esta pesquisa buscou contribuir com o estudo de aspectos aerodinâmicos do fenômeno da nasalidade no PB, especialmente no falar florianopolitano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fonética. Aspectos aerodinâmicos. Piezo-elétrico. Nasalidade. Vogais nasalizadas.

**ABSTRACT:** Nasal coarticulation has been little explored in Brazilian Portuguese (BP). This phenomenon is the result of the coarticulation of an oral vowel with a nasal consonant that either follow or precede the oral vowel in VCnV sequences. The present study, which presents preliminary results based on a qualitative analysis, investigates aerodynamic aspects of BP nasal coarticulation with data obtained from a piezoelectric accelerometer. The aerodynamic results confirmed that BP vowel nasality might be classified as progressive, regressive or both. The study of regressive nasality, which is also regarded as anticipatory, was emphasized in this study. The presence of a nasal airflow in coarticulated, nasalized vowels in stressed and unstressed position was observed, as well as the duration of the nasalized vowels. The nasalization degree seems to be dependent to the nasal consonant that follows the vowel. Nasalized high vowels presented airflow with higher amplitude if compared to the amplitude of other coarticulated, nasalized vowels. These data demonstrate that the duration of the nasalized vowels in stressed position is similar to the duration of nasal vowels, but superior to the duration of oral vowels. The production of the male speaker presented airflow with higher amplitude if compared to the production of the female speaker. Overall, this piece of research seeks to contribute to the study of aerodynamic aspects of BP nasality, specially, in the speech from Florianópolis.

**KEYWORDS:** Phonetics. Aerodynamic aspects. Piezoelectric accelerometer. Nasality. Nasalized vowels.

\* Doutoranda em Linguística pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pesquisadora do Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI). Bolsista da Capes. [clara.prof@yahoo.com.br](mailto:clara.prof@yahoo.com.br)

\*\* Doutora em Linguística pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pós-Doutora pela Université Sorbonne Nouvelle - Paris III. Pesquisadora do Laboratório de Fonética Aplicada (FONAPLI) UFSC. Pesquisadora do Cnpq. [izabels@linse.ufsc.br](mailto:izabels@linse.ufsc.br)

## 1. Introdução

A nasalidade é um fenômeno que pode ser encontrado em várias línguas naturais, apresentando-se sob a forma de obstruintes nasais, vogais nasais, nasais continuantes, semivogais nasalizadas, vogais nasalizadas e ainda como clicks nasais (FERGUSON, 1975). Fisiologicamente, os sons nasais podem ser caracterizados pelo acoplamento da cavidade oral à cavidade nasal, resultado do abaixamento do véu do palato. (FERGUSON, 1975; MAEDA, 1982 e KRAKOW & HUFFMAN, 1993). Nas línguas de origem indo-europeias, somente o português, o francês e o polonês apresentam nasalidade distintiva (MORAES, 2013).

Moraes (2013), quando descreve a nasalidade da língua portuguesa, a caracteriza como um fenômeno que pode ocupar três posições:

- a) Coda silábica, caracterizando um processo de assimilação regressiva;
- b) Ataque silábico, em posição intervocálica, o que permite que a nasalidade se propague, regressivamente, para a esquerda;
- c) Ataque silábico, caracterizando um processo de assimilação progressiva, para a direita. (MORAES, 2013, p.12)

Moraes (2013) descreve ainda, a partir das três posições silábicas, que o fenômeno de nasalidade pode ser classificado em três tipos: (i) a nasalidade contrastiva, caracterizada pela oposição dos pares mínimos, como em /la/ e /lã/, portanto, trata-se de uma nasalidade distintiva; (ii) a nasalidade alofônica, caracterizada pela presença de uma consoante nasal intervocálica, à direita da vogal nasalizada, que ocorre tipicamente em sílaba tônica diante de consoante nasal, como em cama > [ˈkãma]<sup>1</sup>; (iii) e uma terceira forma, a “coarticulatória”, que pode atingir as vogais tônicas e átonas em ambientes que antecedem ou que sucedem uma consoante nasal, resultando em uma assimilação regressiva (fluxo de ar nasal à esquerda da consoante nasal), progressiva (fluxo de ar nasal à direita da consoante nasal) ou dupla da nasalidade (fluxo de ar nasal à esquerda e à direita da consoante nasal). A nasalidade alofônica não possui um caráter contrastivo, nem tampouco a nasalidade coarticulatória.

Foneticamente, a quantidade de sons vocálicos nasais no PB não parece ser consenso. Observe que, na opinião de Cagliari (2009), considerando todas as variedades dialetais do PB, as sete vogais orais do PB possuem sua contraparte nasal, porém, para o

---

<sup>1</sup> Fonte fonética utilizada: DoulosSIL.

autor, nem todas as variedades dialetais apresentam a contraparte nasal das vogais médias-baixas [ɛ] e [ɔ]. Seara (2000), ao estudar a variedade dialetal florianopolitana, e Sousa (1994), ao estudar outras variedades, observaram que, em seus dados, foram produzidas apenas cinco sons vocálicos nasais, não sendo observadas as vogais nasais médias-baixas [ɛ̃] e [ɔ̃]. Medeiros (2007) também não encontrou, na variedade dialetal de São Paulo, as vogais nasais médias-baixas. A autora observa ainda que as vogais nasais médias-altas [ẽ] e [õ], nessa mesma variedade dialetal, apresentam ditongação e, por essa razão, as caracteriza como vogais nasais não verdadeiras. Portanto, essa pesquisadora analisou, como vogais nasais verdadeiras, apenas a vogal baixa [ẽ] e as vogais altas [ĩ] e [ũ].

No âmbito da Fonética Acústica, diversas pesquisas sobre as vogais nasais do PB já foram realizadas, como, por exemplo, as pesquisas de Cagliari (1977), Souza (1994), Seara (2000), Jesus (2002), Medeiros (2007) e Moraes (2013). Porém, pesquisas aerodinâmicas ainda são escassas no PB. Para Seara (2012)<sup>2</sup>, o resultado de pesquisas aerodinâmicas e articulatórias da nasalidade, combinadas com os resultados acústicos, pode contribuir para uma melhor compreensão do comportamento da nasalidade do PB.

A nossa proposta para a presente pesquisa é dar um primeiro passo no sentido de estudar dados aerodinâmicos da nasalidade coarticulatória do PB, a partir de dados de fala de florianopolitanos. Esses dados foram obtidos através de gravações que utilizaram um dispositivo para análise da nasalidade chamado de piezo-elétrico. Trata-se, portanto, de uma pesquisa ainda introdutória, de cunho mais qualitativo. Assim, pretendemos apresentar uma descrição dos índices de fluxo de ar nasal com o objetivo de caracterizar as vogais nasalizadas, a partir da amplitude das curvas de fluxo de ar nasal (grau de nasalização), apresentadas pelo piezo-elétrico. O ponto de partida é a comparação desses dados aerodinâmicos da vogal nasal do PB com o francês.

## **2. Pesquisas acústicas e aerodinâmicas sobre a nasalidade das vogais do PB**

Amelot (2004) tem se debruçado sobre o estudo de dados aerodinâmicos, acústicos e articulatórios das vogais nasais do francês. Essa autora considera que o termo “assimilação”, utilizado para descrever o fenômeno de nasalidade, tem uma perspectiva

---

<sup>2</sup> Trabalho desenvolvido por Seara e colegas em 2012, intitulado Primeiras considerações sobre a aerodinâmica das vogais nasais do PB: a variedade florianopolitana, na Universidade Federal de Santa Catarina, ainda não publicado.

mais fonológica e que seria mais conveniente que, no campo da Fonética, fosse utilizado o termo “coarticulação”, mais apropriado para a descrição acústico-articulatória e perceptual de fenômenos fonéticos, em geral. Dessa forma, esse será o termo adotado no presente estudo.

Amelot (2004) considera que existem diferenças entre sons nasais e nasalizados. Segundo a autora, essas diferenças levam em consideração o caráter contrastivo dos sons. Em línguas, como o francês e o português, o som nasal tem caráter contrastivo e, nesse caso, na visão da autora, existiria um abaixamento intencional do véu do palato para produzir esse tipo de som, ao contrário dos sons nasalizados que seriam resultado de uma coarticulação não controlada entre dois sons, um oral e outro nasal ou vice-versa.

Sob a perspectiva fonética, o tratamento da nasalidade das vogais é complexo devido às consequências acústicas, observadas quando ocorre o acoplamento entre o trato oral e o nasal, em função do abaixamento do véu do palato (SEARA, 2000; MORAES, 2013, dentre outros). Diversas pesquisas relatam, como consequências acústicas desse acoplamento, um amortecimento da intensidade dos formantes vocálicos mais significativo na zona do primeiro formante e um aumento de sua largura de banda. O efeito acústico varia de acordo com a primeira ressonância do conduto oral, influenciado pela identidade da vogal e pela amplitude do acoplamento, provocando o aparecimento de novas zonas de ressonância como consequência do posicionamento da língua na cavidade oral (VAISSIÈRE, 1994; SOUZA, 1994; SEARA, 2000; MORAES, 2013; dentre outros).

Seara (2000) refere que as análises acústicas da nasalidade, realizadas no PB, apresentam limites por causa da dificuldade de identificar adequadamente ressonâncias referentes ao trato nasal, devido à introdução das antirressonâncias, quando ocorre o acoplamento da cavidade nasal.

Pesquisas sobre as vogais nasais do PB, principalmente na área da Fonética Acústica, são bastante frequentes, por exemplo, as de Cagliari (1977), Souza (1994), Seara (2000) e Moraes (2013). Contudo, o mesmo não pode ser dito de estudos sobre a nasalidade coarticulatória. A pesquisa bibliográfica apontou somente para o estudo de Souza & Pacheco (2012) sobre a nasalidade de três vogais do PB, as que compõem o triângulo vocálico, ou seja, as vogais /ã/, /ĩ/, e /ũ/, na variedade dialetal de Vitória da Conquista (BA). Esse estudo compara F1, F2 e F3 entre vogais nasais, orais e nasalizadas do PB, indicando diferenças nos formantes entre os três grupos de vogais.

Quanto às pesquisas aerodinâmicas da nasalidade no PB, trata-se de um campo que ainda necessita ser explorado. Medeiros *et al.* (2010) apresentaram uma pesquisa sobre a vogal nasal no PB com dados aerodinâmicos e acústicos, porém, com o objetivo de pesquisar o apêndice nasal (murmúrio) e propor uma explicação dinâmica da nasalidade no PB.

Com o foco em análises aerodinâmicas, vejamos na seção a seguir algumas medidas empregadas nessas análises.

### 3. Medidas aerodinâmicas da nasalidade

As pesquisas sobre aspectos aerodinâmicos são realizadas com o auxílio de instrumentos que medem o fluxo de ar oral e nasal, como, por exemplo, o microfone nasal, o nasômetro e o acelerômetro, este último também conhecido como piezo-elétrico (VAISSIÈRE, 1995; 2010). O piezo-elétrico é um dispositivo constituído por duas pequenas pastilhas com cerca de 0,5 cm de diâmetro, fixado com um adesivo no lado externo de cada narina (Figura 1a). O microfone nasal, por sua vez, consiste em um pequeno tubo, que é inserido dentro da porção final de uma das narinas do informante, sendo capaz de captar e gravar a pressão do ar da narina na qual foi fixado (Figura 1b) e o microfone oral, capta os sinais acústicos orais (Figura 1c).

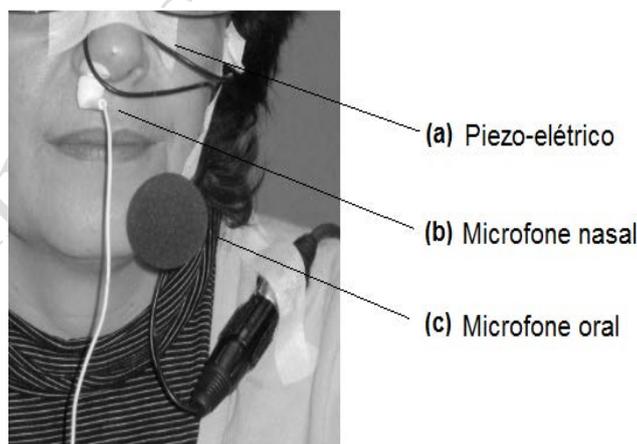


Figura 1: Disposição dos equipamentos utilizados em pesquisas aerodinâmicas: (a) piezo-elétrico, (b) microfone nasal e (c) microfone oral. Divulgação da imagem autorizada.

Essas técnicas identificam a presença do fluxo de ar nasal que sai pelo nariz, indicativa da abertura da porta velofaríngea, permitindo o estudo de aspectos temporais e quantitativos da nasalidade, que, combinado com dados acústicos, amplia as possibilidades de análise dos fenômenos da nasalidade (AMELOT, 2004; VAISSIÈRE *et*

*al.*, 2010; BRKAN, *et al.* (2012). Delvaux *et al.* (2008) apresentam três argumentos a favor das investigações aerodinâmicas: (i) são eficientes para o estudo da nasalidade, pois se constituem em técnicas não invasivas, permitindo a coleta de um grande conjunto de dados; (ii) parâmetros aerodinâmicos fornecem informações detalhadas, tanto de aspectos temporais quanto espaciais da nasalização, importantes para o estudo da coarticulação; (iii) as informações aerodinâmicas fornecem um ponto de vista intermediário entre os aspectos articulatórios e acústicos da nasalidade. A investigação sobre o fluxo de ar nasal oferece ainda informações indiretas a respeito do movimento da porta velar e seus graus de abertura (KRAKOW & HUFFMAN, 1993).

O sinal nasal, obtido pelo piezo-elétrico ou pelo microfone nasal, e o sinal oral, captado pelo microfone acústico, são expressos em RMS (*Root Mean Square*)<sup>3</sup>, valor médio utilizado para grandezas variáveis. Krakow & Huffman (1993) explicam que os sinais assim obtidos, ou seja, o sinal oral e o sinal nasal, são convertidos automaticamente em RMS, permitindo se fazer uma comparação entre a amplitude desses dois sinais, dividindo-se o RMS (n) nasal pelo RMS (o) oral e multiplicando-se por uma constante (C), como na fórmula que segue:

$$\text{RMS (n) / RMS (o) . (C)}$$

O valor da constante (C) é determinado durante a sessão experimental no momento de calibração do aparelho, onde se obtém um valor máximo de nasalização produzida pelo informante, distribuído em uma escala que vai de 0 a 1. (KRAKOW & HUFFMAN, 1993). Os valores de RMS, acústico e nasal, são amostrados digitalmente a cada 2 ms, processados e plotados, gerando curvas do sinal oral (Figura 2a), do sinal nasal do piezo-elétrico (Figura 2b) e do microfone nasal (Figura 2c), correspondentes à quantidade de fluxo de ar nasal durante dada emissão (BULL *et al.*, 1982). Algumas pesquisas convertem esses valores em decibel (dB), como Horii *et al.* (1980), outros mantêm a medida em RMS, como Amelot (2004) e Seara *et al.* (2012).

---

<sup>3</sup> Raiz do valor quadrático médio.

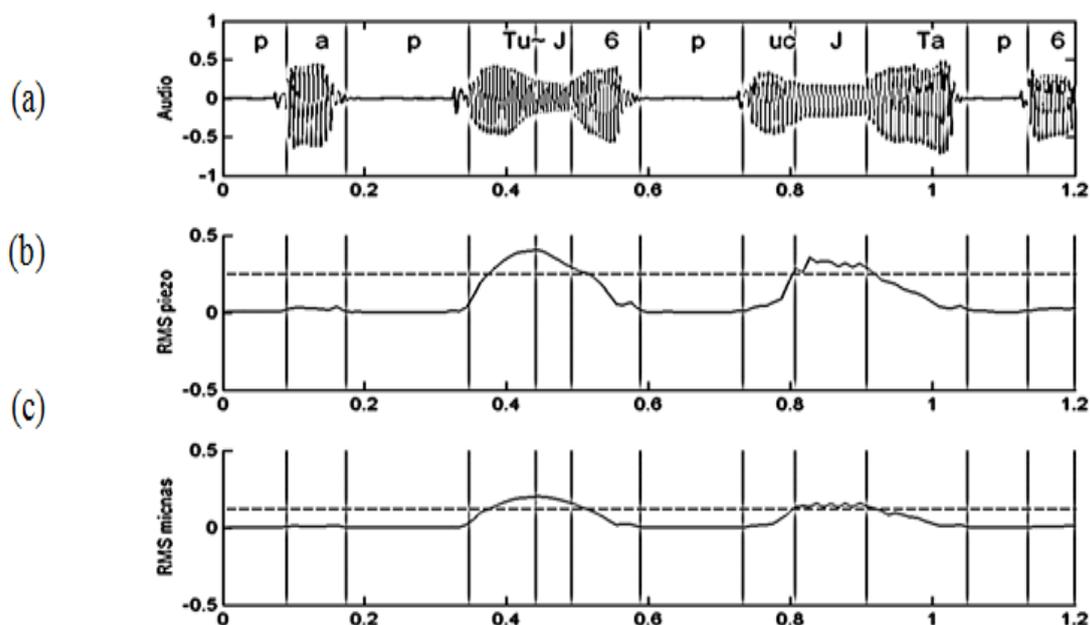


Figura 2: Exemplo dos gráficos gerados a partir dos dados do (a) microfone acústico, (b) piezo-elétrico e (c) microfone nasal.

Os dados obtidos pelo piezo-elétrico e pelo microfone nasal mostram o fluxo de ar nasal, isto é, a corrente de ar que escapa pelas narinas durante a produção de um som nasal. A partir de informações como essas, Amelot (2004), estudando as vogais nasais do francês, variedade parisiense, e Seara *et al.* (2012) estudando as vogais nasais do PB, variedade florianopolitana, conseguiram inferir um comportamento padrão dessas curvas a fim de caracterizar a nasalidade das vogais nasais.

Como referido na seção anterior, devido à dificuldade em encontrar pesquisas aerodinâmicas da nasalidade do PB, fez-se necessário buscar em outras línguas informações que dessem suporte aos dados aerodinâmicos analisados neste estudo.

Basset *et al.* (2002), ao analisarem dados do francês parisiense, oferecem um critério de classificação para a nasalidade coarticulatória com base nas medidas de fluxo de ar nasal, chamadas de NAF (*Nasal Air Flow*). O fluxo de ar nasal pode ser classificado (Figura 3), segundo esses autores, como<sup>4</sup>: (i) antecipado, captado antes do *onset* do segmento nasal; (ii) sincrônico, mas não necessariamente simétrico, visto que o fluxo de ar nasal pode iniciar depois do *onset* da consoante nasal (nesse caso, classificado como atrasado); (iii) continuado, no qual o fluxo de ar nasal é captado após o *offset* da nasal.

<sup>4</sup> Em Basset *et al.* (2002), original em inglês, a classificação é denominada: (i) anticipation; (ii) synchronous, delayed; (iii) carryover.

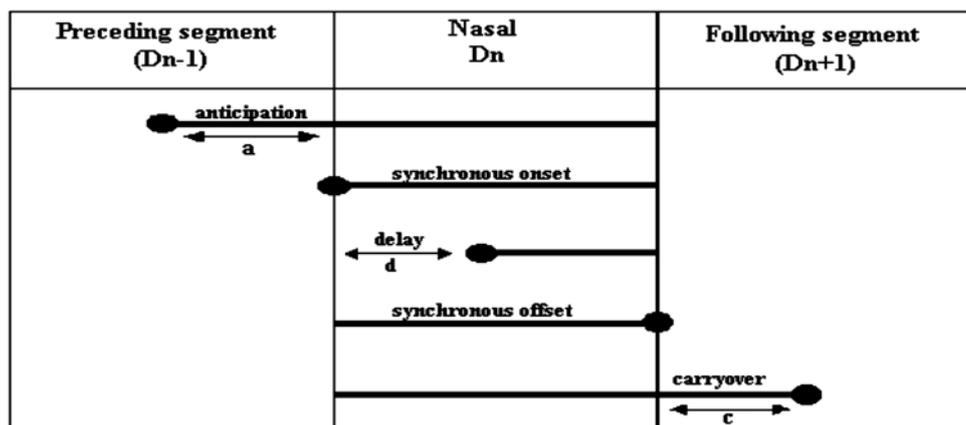


Figura 3: Critérios de classificação do fluxo de ar nasal (Basset *et al.*, 2002, p.89).

Amelot (2004) relata que o francês também apresenta a nasalidade regressiva, contudo em um grau moderado. Vaissière *et al.* (2010) descrevem o piezo-elétrico e o microfone nasal como técnicas não invasivas que, aliadas aos estudos acústicos, podem acrescentar informações relevantes ao estudo da nasalidade.

O objetivo do presente estudo é dar continuidade às análises do fenômeno de nasalidade do PB, sob uma perspectiva aerodinâmica, como já referido anteriormente, olhando a nasalidade coarticulatória. O que se procura é entender o comportamento do fluxo do ar nasal coletado pelo piezo-elétrico nas vogais que se situam antes das consoantes nasais [m], [n] e [ɲ], que fazem parte do repertório fonético do PB, em contextos V<sub>1</sub>C<sub>n</sub>V<sub>1</sub>.

Pretendemos com essas análises responder as seguintes questões:

1. As análises aerodinâmicas verificam a presença da nasalidade coarticulatória no PB?
2. Se verificada a nasalidade coarticulatória, os resultados aerodinâmicos apontam para uma coarticulação regressiva, progressiva ou dupla?
3. Elementos prosódicos, como a tonicidade das vogais nasalizadas, influenciam no fluxo de ar nasal (grau de nasalização)?
4. O grau de nasalização varia dependendo da qualidade da vogal? Em caso afirmativo, quais seriam essas variações?
5. Existem diferenças no grau de nasalização entre informantes de sexos diferentes?
6. A duração da vogal nasalizada é semelhante à duração da vogal oral ou nasal? A tonicidade influencia nessas medidas?
7. A qualidade da consoante nasal influencia o grau de nasalização da vogal que a antecede?

Para responder a estas questões, foram utilizados o corpus, os dados e as técnicas de análise que serão apresentadas na seção seguinte.

#### 4. Metodologia

Os dados analisados neste estudo constituem-se de uma pequena amostra do banco de dados referente à nasalidade das vogais do PB, do projeto “O Detalhe Fonético: análise acústica exploratória de segmentos de fala”, do Laboratório de Fonética Aplicada da Universidade Federal de Santa Catarina, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, Processo nº 2057, em conformidade com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). Esses dados foram coletados no Laboratório de Fonética e Fonologia da Universidade Sorbonne-Nouvelle (Paris III) em Paris (França).

Para esta análise preliminar, foi observado um conjunto de dados constituído por logatomas, elaborados para apresentar contextos que exibissem o fenômeno da nasalidade coarticulatória. Os logatomas são formados por duas sequências:  $C_1V'C_1V_1CnV - C_1V_1'CnVC_1V$ , onde  $V_1$  é a vogal que pode sofrer os efeitos da nasalidade da consoante  $Cn$ , em ambientes tônico ou átono, respectivamente; e  $Cn$  (em onset silábico) corresponde a uma das três consoantes nasais do PB: [m], [n] e [ɲ]. Foram testadas em  $V_1$  as cinco vogais orais do PB [a], [e], [i], [o] e [u], em contexto que antecede as consoantes nasais. O contexto anterior à vogal  $V_1$  foi ocupado pela oclusiva surda [p] ( $C_1$ ), pois, segundo Ferguson (1975), essa qualidade de consoante impediria a propagação da nasalidade. Ao todo foram analisados 15 logatomas repetidos, no mínimo, duas vezes por dois sujeitos, totalizando um conjunto de 66 dados. Em [1], são apresentados exemplos desses logatomas que foram inseridos na frase veículo *digo* [ $C_1V'C_1V_1CnV - C_1V_1'CnVC_1V$ ] *baixinho*, coletados em ambiente acusticamente tratado.

[1]

papanha – panhapa – sequência  $C_1V'C_1V_1CnV - C_1V_1'CnVC_1V$   
 papema – pemapá – sequência  $C_1V'C_1V_1CnV - C_1V_1'CnVC_1V$

Esta pesquisa contou com dados de dois informantes, um do sexo feminino e outro do sexo masculino, entre 30 e 35 anos, ambos naturais e residentes em Florianópolis no estado de Santa Catarina, sul do Brasil, com nível superior de escolaridade. Nenhum dos

dois informantes apresenta ou apresentou patologias de linguagem em suas histórias atuais ou pregressas.

Para gravação dos dados analisados no presente estudo, foram utilizados um captador piezo-elétrico (*K&K Sound*) e um microfone acústico (*MicroMic C520L*). O piezo-elétrico foi fixado por um adesivo dupla face nos ossos laterais do nariz, logo acima da cartilagem (Figura 1.a) e ligado a um pré-amplificador (40dB) e a uma placa de aquisição sonora externa (*Motu Ultralite, mk3*, híbrida). O microfone acústico foi acoplado à saída de ar oral (boca), de modo que a distância entre o microfone e os lábios do informante fosse mantida fixa durante toda a gravação dos dados de fala (Figura 1c).

Antes da captação do sinal acústico, o piezo-elétrico foi calibrado, o que aconteceu automaticamente, bastando que o informante produzisse uma sequência CV oral [papapa] e uma sequência CV nasal [mãmãmã]. Depois da gravação do sinal sonoro desses dois dispositivos, os dados foram segmentados e etiquetados manualmente, com o auxílio do *software Praat* (BOERSMA E WEENINCK, 2012). Em seguida, foi rodado um *script*<sup>5</sup> para extração das medidas acústicas de duração, baseadas no microfone acústico, e das medidas aerodinâmicas, baseadas no piezo-elétrico, dos segmentos analisados em suas porções iniciais, mediais e finais. O produto da extração foi inspecionado visualmente para certificação dos resultados. As medidas dos sinais acústicos orais e nasais foram expressas em *Root Means Square* (RMS). As análises estatísticas descritivas foram realizadas com auxílio do programa de estatística SPSS<sup>6</sup>. Na presente pesquisa apresentaremos somente os resultados do piezo-elétrico.

Ao todo foram analisados 66 dados correspondendo a 33 pares de vogais, constituídos de um logatoma com vogal em posição tônica, ao lado de outro logatoma com vogal em posição átona. Plotamos 33 gráficos de curvas de RMS (Figuras 2a e 2b), relativos às consoantes nasais do PB, cuja distribuição é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Distribuição das três consoantes nasais do PB nos dados analisados.

Tipo de consoante nasal	Número de dados
[m]	20
[n]	26
[ɲ]	20

<sup>5</sup> Este *script* foi elaborado por Angeliqne Amelot do Laboratoire de Phonétique et Phonologie (LPP) da l'Université Sorbonne Nouvelle – Paris III, a quem agradecemos.

<sup>6</sup> IBM SPSS Statistic 22.0. Polar Engineering and Consulting, copyright 2012-2014.

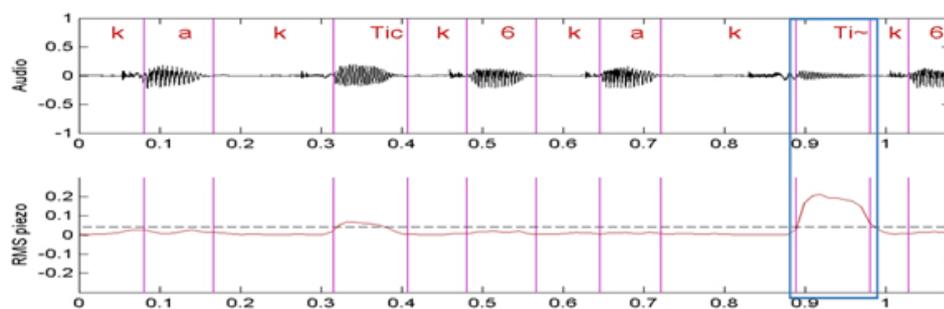
Passemos agora à apresentação e discussão dos resultados e, em seguida, às conclusões da pesquisa.

## 5. Apresentação e discussão dos resultados

Um dos objetivos desta pesquisa foi buscar particularidades nas curvas de RMS, originadas a partir dos dados aerodinâmicos, obtidos pelo piezo-elétrico, concernentes às vogais nasalizadas do PB, variedade florianopolitana. O corpus foi montado com o intuito de observar a nasalidade das vogais [a], [e], [i], [o] e [u], bem como a influência que as consoantes nasais do PB, [m] [n] [ɲ], poderiam exercer sobre essas vogais, ou seja, a nasalidade coarticulatória.

A comparação com os resultados aerodinâmicos das vogais nasais do estudo realizado por Seara *et al.* (2012) nos permitiu fazer algumas inferências, a fim de distinguir, aerodinamicamente, uma vogal nasal de uma nasalizada. Na pesquisa de Seara *et al.* (2012) sobre as vogais nasais, o fluxo de ar nasal mostrou uma tendência de se concentrar no segmento vocálico, com pouca coarticulação (Figura 4a), ao passo que, em nosso conjunto de dados referente às vogais nasalizadas, o fluxo de ar nasal da consoante se estende aos contextos vocálicos contíguos, tanto para a esquerda, quanto para a direita da consoante nasal (Figura 4b), nos dois contextos de tonicidade.

## (a) [ka'kikɛ ~ ka'kikɛ]



## (b) [pa'pane ~ pa'nape]

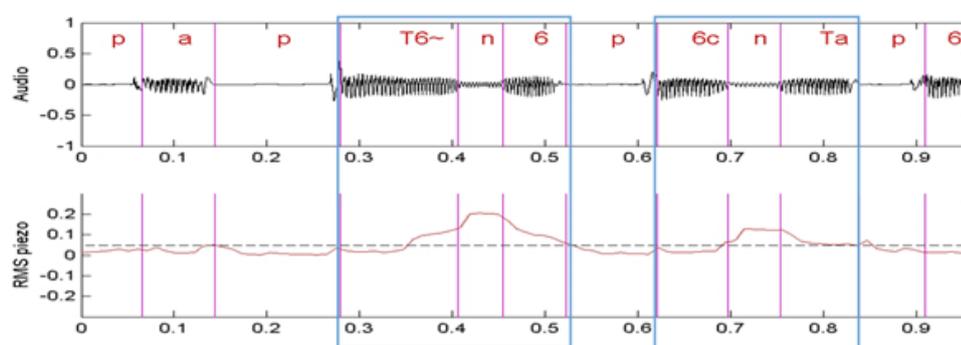


Figura 4: Oscilograma e curva de fluxo de ar nasal, captado pelo piezo-elétrico, da vogal nasal no logatoma [ka'kikɛ ~ ka'kikɛ] (Seara et al., 2012) com a vogal nasalizada no par de logatomas [pa'pane ~ pa'nape].

Todo o conjunto de dados plotados mostrou algum grau de coarticulação na sequência V<sub>1</sub>CnV, tanto progressivamente, atingindo a vogal que segue a consoante, quanto regressivamente, atingindo a vogal que antecede a consoante nasal, independente da qualidade da consoante e da vogal, bem como de sua tonicidade. A presença da dupla coarticulação, afetando tanto a vogal anterior quanto a posterior no mesmo logatoma, observada, por exemplo, nos gráficos exibidos na Figura 5b, foi encontrada com maior frequência, variando apenas o grau de coarticulação, que trataremos mais adiante.

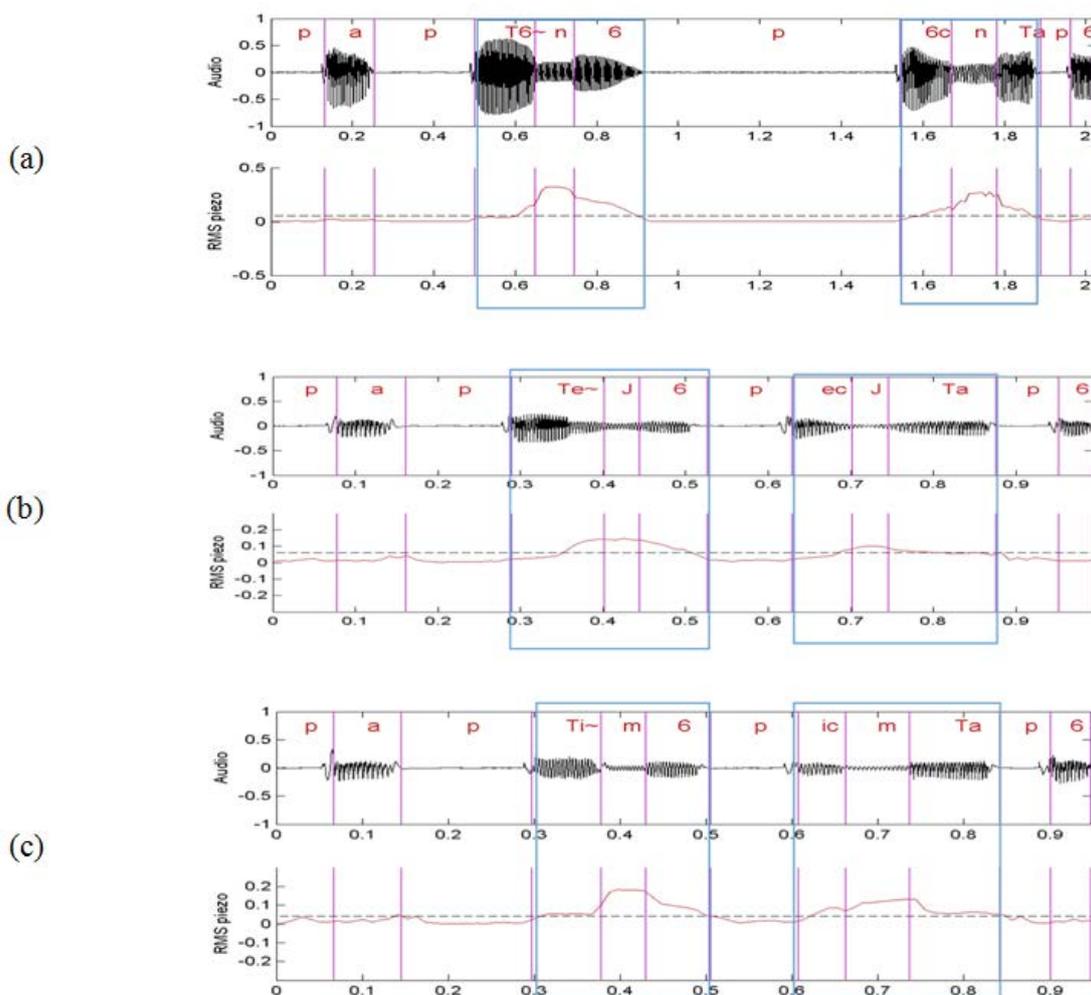


Figura 5: Oscilograma e fluxo de ar nasal dos pares de logotomas: (a) [pa'pɐnɐ~pa'napɐ]; (b) [pa'pɐnɐ~pɐnapɐ]; (c) [pa'pimɐ~pi'mapɐ].

O piezo-elétrico, como lembram Huffman & Krakow (1993), Montagu (2007), Delvaux *et al.* (2008) e Vaissière *et al.* (2010), nos dá uma noção indireta do movimento do véu do palato. Quando temos um escape de ar nasal significa que o véu está se abaixando a fim de que se cumpra um dos requisitos articulatórios de um som nasal, que é o escape de ar pelo nariz. Independente da qualidade da vogal, se alta ou não, e independente da qualidade da consoante nasal, os dados analisados nesta pesquisa sobre a vogal nasalizada revelam que o movimento do véu do palato, para a realização de uma consoante nasal no PB, inicia-se antes da execução da consoante propriamente dita (Figuras 4b e 5b), o que traduz um movimento antecipatório do véu do palato. A vogal que segue a consoante nasal em sequências  $C_1V'C_1V_1CnV - C_1V_1'CnVC_1V$ , independente da tonicidade, também mostra, indiretamente, o movimento do véu do palato. Porém, agora, no sentido inverso, de fechamento do véu do palato.

Em nossos dados, as consoantes nasais eram seguidas por vogais que eram, por

sua vez, seguidas por obstruintes surdas, quando em contexto tônico. Pesquisas, como as de Brkan *et al.* (2012), relatam a possibilidade da existência desses movimentos antecipatórios do véu do palato antes da realização do som nasal, bem como o abaixamento velar que persiste, mesmo depois que o som nasal é realizado. Podemos traduzir o movimento velar (observe os dados dentro dos retângulos na Figura 5) em três estágios: (a) um abaixamento progressivo, (b) uma manutenção da abertura e (c) um fechamento progressivo. A relação do movimento do véu do palato com o tempo, ou seja, com a duração de cada etapa de seu movimento, vai depender, como lembra Delvaux *et al.* (2008), das características do contexto fonológico que antecede e/ou sucede o som nasal, tais como: (i) altura da vogal; (ii) qualidade da consoante nasal; (iii) qualidade da consoante na posição  $C_1$ ; (iv) organização prosódica.

Extraímos os valores relativos ao fluxo de ar nasal de cada vogal nasalizada, ou seja, a primeira vogal ( $V_1$ ) da sequência  $V_1CnV$ , expressos em porcentagem de RMS, bem como sua duração, expressa em *ms*. Esses resultados são apresentados a seguir.

O fluxo de ar nasal (grau de nasalização), identificado nas vogais nasalizadas, é bastante variável, porém uma primeira análise indica que as vogais altas [i] e [u] apresentam uma média de fluxo de ar nasal maior do que as demais, principalmente quando elas se encontram em posição tônica ( $C_1V'C_1V_1CnV$ ), independente do sexo do informante (Figura 6).

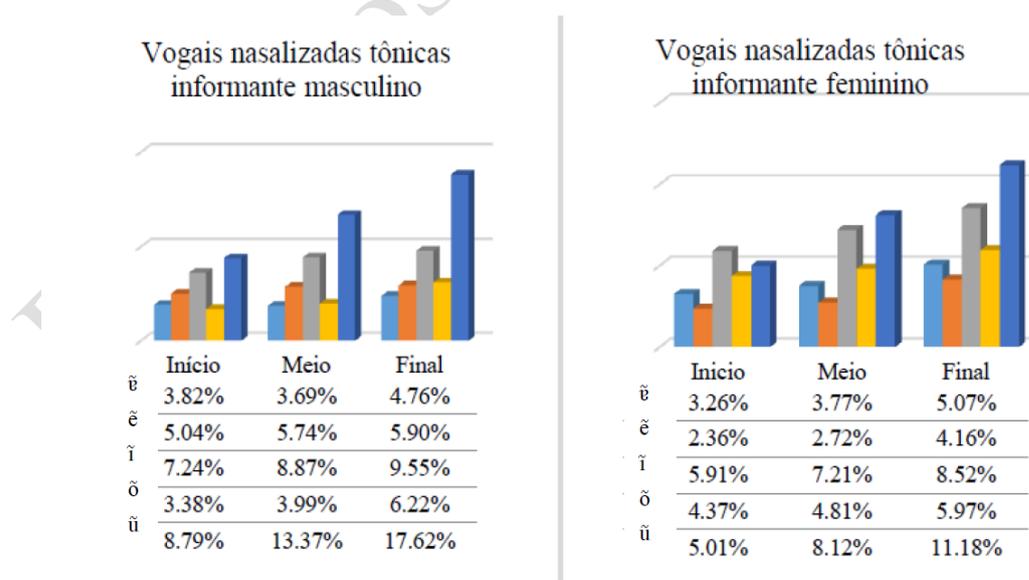


Figura 6: Grau de nasalização das vogais nasalizadas em posição tônica ( $C_1V_1CnV$ ) na produção de sujeitos masculinos e femininos.

Delvaux *et al.* (2008) realizaram um estudo sobre o grau da nasalização, buscando

informações sobre a nasalidade antecipatória, progressiva ou simétrica no francês. Os pesquisadores também reportaram que a antecipação da nasalidade, o que chamamos em nossa pesquisa de nasalidade regressiva, ocorre com maior frequência quando a vogal é alta. Esses autores relatam que existe uma relação entre altura da língua e abertura do véu do palato. Em contextos nasais ( $V_1Cn$ ), as vogais altas apresentam, geralmente, um maior fluxo de ar nasal se comparado com as vogais não altas. A diferença reside, segundo esses pesquisadores, principalmente, na relação do tempo de abaixamento do véu do palato com o fechamento da cavidade oral.

Quando a vogal nasalizada encontra-se em posição átona ( $C_1V_1'CnV C_1V$ ), o conjunto de dados da presente pesquisa mostrou que o grau de nasalização é menor do que o apresentado pelas vogais nasalizadas quando em posição tônica (Figura 7). Esse fato oferece indícios para pensar que o fator tonicidade também poderia exercer algum grau de influência sobre a nasalização no PB, fato que, segundo Delvaux *et al.* (2008), ocorre no francês.

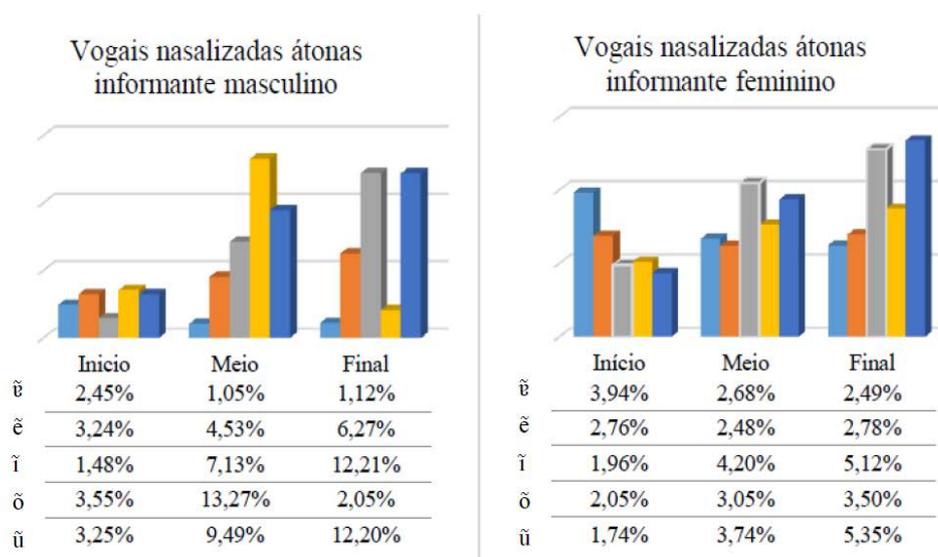


Figura 7: Grau de nasalização das vogais nasalizadas em posição átona ( $C_1V_1 'CnV$ ) na produção de sujeitos masculinos e femininos.

Os dados de porcentagem que traduzem o grau de nasalização, apresentados nas Figuras 6 e 7, mostram que quase todas as vogais nasalizadas, principalmente quando elas se encontram em ambientes tônicos, exibem um aumento gradativo do índice de fluxo de ar nasal na sequência  $V_1Cn$  à medida que se aproxima a realização da consoante, o que seria esperado.

Para verificar se existem diferenças entre a duração das vogais nasalizadas dependendo da tonicidade, comparamos as médias de duração dessas vogais, independente da qualidade da vogal, em posições tônicas e átonas. Esses resultados podem ser observados na Tabela 1. Esses dados foram tratados estatisticamente e apontam para uma duração significativamente maior da vogal nasalizada quando em sílabas tônicas.

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão da duração (ms) das vogais nasalizadas em posição tônica e átona.

Duração	N	Média	DP (Desvio padrão)
<b>Tônica</b>	37	118,04	40,35
<b>Átona</b>	35	72,25	21,64

\*\*p = 0,001

Ainda com relação à duração das vogais nasalizadas, buscamos compará-las com os resultados de duração das vogais orais e nasais obtidos por Seara *et al.* (2012), na qual foram achadas evidências de que as vogais nasais apresentam maior duração do que sua contraparte oral. O gráfico de comparação entre as médias de duração das vogais orais, nasais, nasalizadas tônicas e átonas é apresentado na Figura 8.

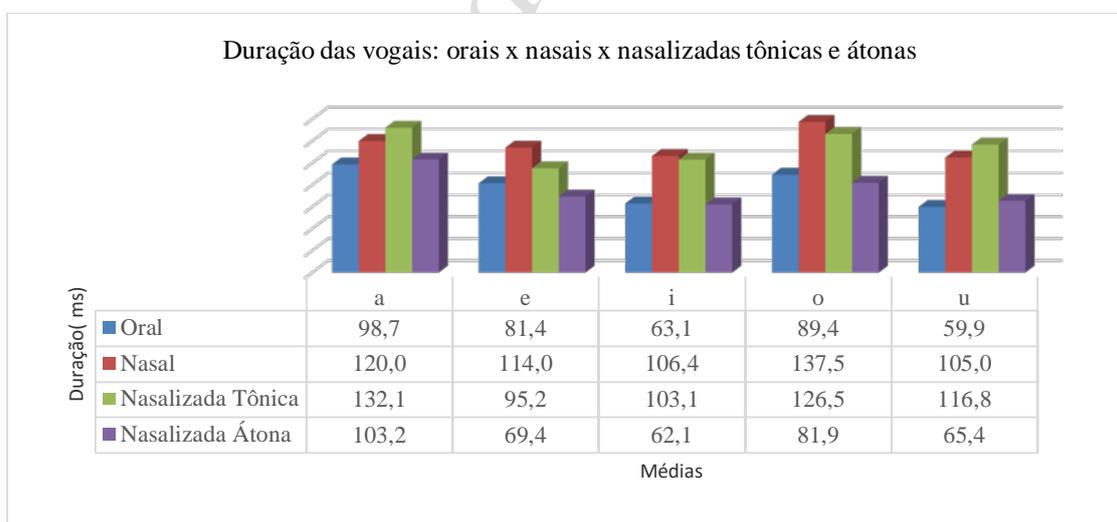


Figura 8: Médias da duração (ms) das vogais orais e nasais (obtidas em SEARA *et al.*, 2012) e das vogais nasalizadas em posições tônica e átona (obtidas pela presente pesquisa).

A distribuição das médias de duração das vogais orais, nasais e nasalizadas tônicas e átonas apresenta indícios de que a duração das vogais nasalizadas tônicas se mostra mais próxima da distribuição de duração da vogal nasal e um pouco acima da vogal oral. Já, a distribuição das médias de duração das vogais nasalizadas átonas se aproxima mais

da distribuição de duração apresentada pelas vogais orais. Essas distribuições são mostradas na Figura 9.

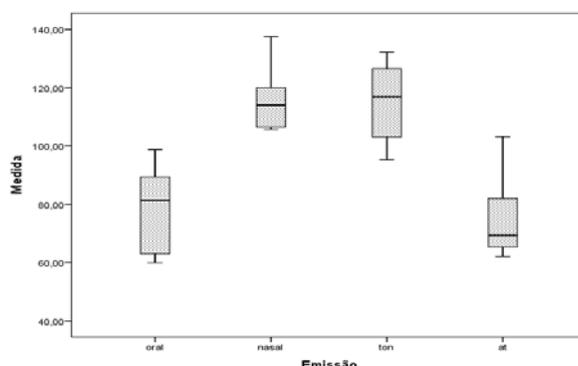


Figura 9: Distribuição da duração (*ms*) das vogais orais e nasais (obtidas em SEARA et al., 2012) e nasalizadas tônicas (ton) e nasalizadas átonas (at) (obtidas pela presente pesquisa).

A fim de verificar se existe variação na amplitude do fluxo de ar nasal, captada pelo piezo-elétrico, entre informantes de sexos distintos, observamos os dados relativos ao grau de nasalização captado no início, no meio e no fim da emissão da vogal nasalizada, em contextos tônicos e átonos, expressos em RMS. Esses resultados são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2: Amplitude da curva de fluxo de ar nasal referentes à produção de sujeitos masculinos e femininos.

	Informante	N	Média	Desvio Padrão (DP)
Início	Masculino	30	,043	,034
	Feminino	42	,015	,018
Meio	Masculino	30	,076	,061
	Feminino	42	,026	,020
Fim	Masculino	30	,101	,079
	Feminino	42	,041	,034

\*  $p < 0,05$

Os resultados apresentados pela Tabela 2 mostram diferenças estatisticamente significativas relativas ao grau de nasalização entre informantes de sexos distintos, em consonância com as pesquisas de Amelot (2004) e Montagu (2007), que concluíram haver diferenças nos graus de nasalização entre indivíduos de sexos diferentes, provavelmente por questões anátomo-fisiológicas.

Uma observação mais cautelosa acerca da qualidade da consoante nasal e sua influência sobre a vogal que a antecede apontou um comportamento aparentemente diferenciado das nasais bilabial [m], alveolar [n] e palatal [ɲ]. A transformação dos sinais

gerados pelo microfone acústico e pelo piezo-elétrico em oscilogramas (Figura 10) permitiu a comparação entre os dois sinais e a observação de quando se inicia o fluxo de ar nasal. Para fins de análise, dividimos, em quatro quadrantes equidistantes, a vogal que antecede a consoante nasalizada (em destaque nos retângulos exibidos na Figura 10), com o objetivo de observar a extensão da nasalidade coarticulatória. A consoante [m] apresentou, em 90% dos dados, uma menor coarticulação regressiva, ou seja, um menor índice de antecipação, atingindo cerca do  $\frac{1}{4}$  da vogal antecedente (Figura 10a). A consoante [n] mostrou, em 61,5% dos dados, uma coarticulação maior, quando comparada à consoante [m], atingindo cerca de  $\frac{2}{4}$  da duração da vogal antecedente (Figura 10b). A consoante [ɲ] apresentou uma grande coarticulação, atingindo cerca de  $\frac{3}{4}$  da duração da vogal antecedente em 70% dos dados (Figura 10c).

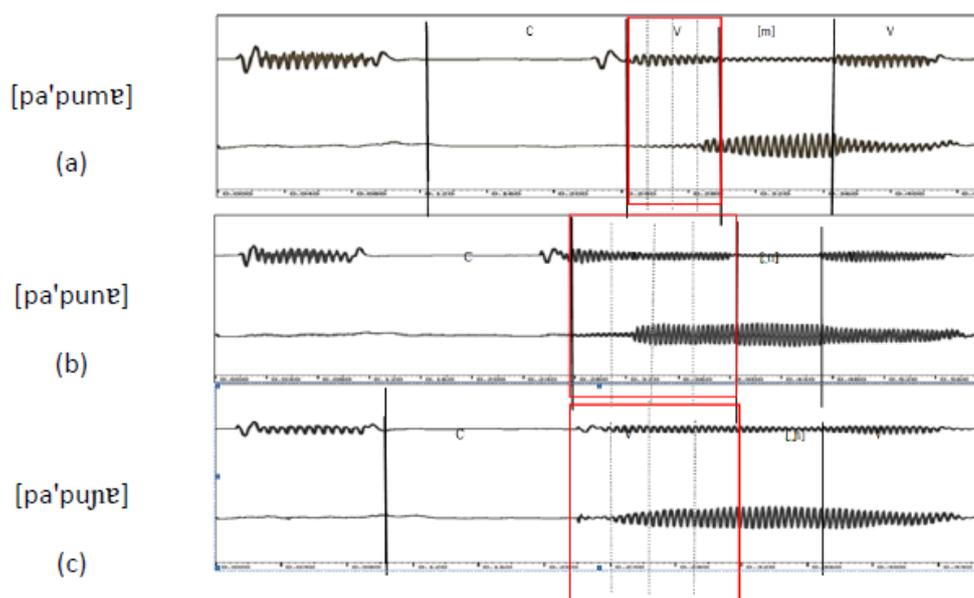


Figura 10: Coarticulação regressiva (fluxo de ar nasal à esquerda) das vogais em contexto tônico antecedendo as consoantes (a) [m], (b) [n] e (c) [ɲ].

Montagu (2007) analisou as vogais nasalizadas do francês e observou a antecipação da nasalização. Através de medições de duração, chegou à conclusão de que, no francês, o grau de abertura da vogal é o fator que faz variar a duração da antecipação, de modo que as vogais [a], [ɛ] e [ɔ] apresentam maior grau de nasalização. Os dados da presente pesquisa ainda não nos permitem fazer uma apreciação segura sobre a relação grau de abertura da vogal e antecipação da nasalização, de modo que é necessário um maior volume de dados para confirmar se essa tendência está presente no PB.

## 6. Discussão final

O abaixamento do véu do palato, durante a emissão da fala, é responsável pelo escape de ar pelas narinas, ocasionando um fenômeno linguístico conhecido por nasalidade. Esse fenômeno pode afetar consoantes e vogais na maioria das línguas, inclusive no PB. Propusemos, neste estudo, uma caracterização aerodinâmica inicial de cunho mais qualitativo da nasalidade coarticulatória das vogais do PB, variedade florianopolitana, quando essas vogais se situam em contexto anterior à consoante nasal, chamada de nasalidade regressiva ou antecipatória. Formulamos sete questões de pesquisa que, juntamente com a análise dos dados, foram respondidas e serão retomadas a seguir.

1. As análises aerodinâmicas verificam a presença da nasalidade coarticulatória no PB?
2. Se verificada a nasalidade coarticulatória, os resultados aerodinâmicos apontam para uma coarticulação regressiva, progressiva ou dupla?

Os dados obtidos a partir do acelerador piezo-elétrico confirmam a presença da vogal nasalizada coarticulatoriamente no PB, atingindo a vogal que antecede a consoante nasal, em sequências  $V_1C_n$ , e também a vogal que sucede a consoante nasal em sequências  $C_nV_1$ . Todas as três consoantes nasais do PB exercem efeitos coarticulatórios sobre as vogais [a], [e], [i], [o] e [u]. Logo, a variedade florianopolitana do PB apresenta nasalidade coarticulatória progressiva e regressiva, podendo ocorrer concomitantemente no mesmo logatoma.

3. Elementos prosódicos, como a tonicidade das vogais nasalizadas, influenciam no fluxo de ar nasal (grau de nasalização)?
4. O grau de nasalização varia dependendo da qualidade da vogal? Em caso afirmativo, quais seriam essas variações?

A análise preliminar dos dados mostra uma tendência na variação do grau de nasalização dependendo da pauta acentual, se tônica ou átona. Vogais nasalizadas em posição tônica apresentam um fluxo de ar nasal maior do que as vogais nasalizadas em posição átona. Em posição tônica, as vogais altas [i] e [u], aparentemente apresentam um fluxo de ar nasal maior do que as demais vogais, o que pode ser justificado pela posição alta da língua na emissão desses sons. Já, na posição átona, não foi possível, com esse conjunto de dados, perceber um comportamento recorrente em relação ao fluxo de ar nasal nas cinco vogais.

5. Existem diferenças no grau de nasalização entre informantes de sexos diferentes?

Os resultados desta pesquisa apontam para uma diferença nos resultados do grau de nasalização entre sujeitos do sexo masculino e feminino, justificado por diferenças anatomo-fisiológicas entre os dois sexos.

6. A duração da vogal nasalizada é semelhante à da vogal nasal ou da oral? A tonicidade influencia nessas medidas?

As vogais nasalizadas tônicas aparentemente apresentam uma maior duração quando comparadas com suas correspondentes orais e uma menor duração se comparada às vogais nasais. Quando ocupam a posição átona, os dados não foram conclusivos, mostrando-se semelhantes à duração das vogais orais.

7. A qualidade da consoante nasal influencia o grau de nasalização da vogal que a antecede?

Independentemente da qualidade da consoante, se [m], [n] ou [ɲ], todas elas coarticulam com as cinco vogais antecedentes, nasalizando-as tanto regressivamente quanto progressivamente. Nossos dados sugerem uma diferença no início do fluxo nasal entre as consoantes nasais do PB, de modo que o fluxo nasal para a produção [m] iniciou-se muito perto do onset desse segmento, mostrando pouca antecipação sobre a vogal antecedente. O fluxo nasal para a produção do [n] foi mais significativo se comparado com a nasal bilabial, de modo que a antecipação foi moderada. E, em [ɲ], o fluxo nasal foi mais antecipatório, se comparado com as duas outras consoantes nasais, sendo percebido, em alguns dados, ocupando mais da metade da duração da vogal que a antecede.

Concluimos este estudo, lembrando que ele é resultado de um contato inicial com dados aerodinâmicos provenientes do piezo-elétrico. Não encontramos nenhuma pesquisa anterior no PB que pudesse servir de parâmetro para os dados aqui analisados no que concerne à nasalidade regressiva do PB sob a perspectiva aerodinâmica. Portanto, o objetivo maior deste estudo foi de apontar tendências sobre esse fenômeno que necessita de estudos mais aprofundados, não só na variedade dialetal florianopolitana, focalizada aqui, mas também nas demais variedades dialetais do PB, acrescentando outras variáveis, como a idade e a velocidade de fala.

**Referências bibliográficas**

AMELOT, A. **Étude aérodynamique, fibroscopique, acoustique et perceptive des voyelles nasales du français**. 2004. 204 f. Tese (Doutorado em Fonética) - Université Paris 3 – Sorbonne-Nouvelle, Paris, 2004.

BASSET, P. *et al.* Nasal airflow in French Spontaneous Speech. **Journal of the International Phonetic Association**, Cambridge, n. 31, v. 1, p. 87-100, 2001. **crossref** <http://dx.doi.org/10.1017/s0025100301001074>

BOERSMA, P.; WEENINK, D. **PRAAT**: doing phonetics by computer (Version 5.2.15). Disponível em: [www.fon.hun.una.nl/praat](http://www.fon.hun.una.nl/praat). Acesso em: 30 abr. 2012.

BRKAN, A. *et al.* C. Utilisation d'un accéléromètre piézoélectrique pour l'étude de la nasalité du Français Langue Etrangère. In : CONFERENCE CONJOINTE JEP-TALN-RECITAL, 2012, Grenoble. **Anais...** Grenoble, v.1, jun. 2012, p.689-696.

BULL, G., *et al.* **Apparatus for non-invasive measurement and display nasalization in human speech**. Pat. 4.33.276, 22 jun. 1982. 31 p.

CAGLIARI, L. C. **An experimental study of nasality with particular reference to Brazilian Portuguese**. 1977. 320f. . Tese (Doutorado em Letras). University of Edinburgh, Edinburgo, 1977.

\_\_\_\_\_. **Elementos de fonética do Português Brasileiro**. 2ª Reimpressão. São Paulo: Ed. Paulistana, 2009.

CALLOU, D.; LEITE, Y. **Iniciação à Fonética e à Fonologia**. 2a. Ed. Revista. Coleção Letras. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1990.

DELVAUX, V. **Contrôle et connaissance phonétique: les voyelles nasales du Français**. 2003. 289 f. Tese (Doutorado em linguística). Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, 2003.

DELVAUX, V. *et al.* The aerodynamics of nasalization in French. **Journal of Phonetics**, 34, n. 4, p. 578-606. 2008. **crossref** <http://dx.doi.org/10.1016/j.wocn.2008.02.002>

JESUS, M. V. Estudo fonético da nasalidade vocálica. In: REIS, César (Org.) **Estudos em fonética e fonologia do português**. Belo Horizonte: FALE/UFMG, 2002. p. 205-224.

KRAKOW, R. A.; HUFFMAN, M. K. (1993). Instruments and techniques for investigating nasalization and velopharyngeal function in the laboratory: An introduction. In : KRAKOW, R. A., HUFFMAN, M. K. (Eds.) **Phonetics and phonology, V. 5: Nasals, nasalization and the velum**. New York: Academic Press, 1993, p. 3-62.

FERGUSON, C. A. Universal tendencies and 'normal' nasality. In : FERGUSON, C.A ; HYMAN, L. M.; Ohala, J. J. (Eds). **Nasalfest: Papers from a symposium on nasals and nasalization**. Stanford University: Language Universal Project, Dept. of Linguistic. 1975, p. 175-196

HORII, Y. An accelerometric approach to nasality measurement: a preliminary report. **The Cleft Palate Journal**, Chapel Hill, v. 17/3, p. 254-261, 1980.

MAEDA, S. Acoustic of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. In: KRAKOW, R. A., HUFFMAN, M. K. (Eds.). **Phonetics and phonology, V. 5: Nasals, Nasalization, and the Velum**. São Diego: Academic Press, 1993, p. 147-167. **crossref** <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-360380-7.50010-7>

MEDEIROS, B. R. Vogais nasais do português brasileiro: reflexões preliminares de uma revisita. **Revista Letras**, Belo Horizonte, v. 74, p. 165-178, mai./ago. 2007.

MEDEIROS, B. R. ; D'IMPERIO, M. ; ESPESSER, R. La voyelle nasale en Portugais Brésilien et son appendice nasal : étudeacoustique et aérodynamique. In : XXVIIes JOURNEES D'ETUDE SUR LA PAROLE, 2008. **Anais...** Avignon: Editions Universitaires d'Avignon, 2008, p. 285-288.

MONTAGU, J. **Étude acoustique et perceptive des voyelles nasales et nasalisées du français parisien**. 2007. 261 p. Tese (Doutorado em Fonética) - Université Paris 3 – Sorbonne-Nouvelle, Paris, 2007.

MORAES, J. A. Produção e percepção das vogais nasais. In: ABAURRE, M.B.M. (Org). **Gramática do português culto falado no Brasil: A construção fonológica da palavra**. São Paulo: Contexto, v. VII, 2013, p. 95-112.

SEARA, I. C. **Estudo acústico-perceptual da nasalidade das vogais do português brasileiro**. 2000. 288 f. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

\_\_\_\_\_; AMELOT, A.; PACHECO, F. **Primeiras considerações sobre a aerodinâmica das vogais nasais do PB: a variedade florianopolitana**. 2012 (não publicado).

SOUSA, E. M. G. **Para a caracterização fonético-acústica da nasalidade no português do Brasil**. 1994. 160f. Dissertação (Mestrado em Linguística) - Unicamp, Campinas. 1994.

SOUZA, L.C. Da S.; PACHECO, V. Uma análise acústica das vogais orais, nasais e nasalizadas do dialeto de Vitória da Conquista, Bahia. **Signum: Estudos da Linguagem**, Londrina, n. 15/2, p. 401-431, dez. 2012.

VAISSIÈRE, J. Nasalité et phonétique. In: COLLOQUE SUR LE VOILE PATHOLOGIQUE. **Anais...** Lyon, mai., 1996.

VAISSIÈRE, J. *et al.* Multisensor platform for speech physiology research in a phonetics laboratory. **The Journal of the Phonetic Society of Japan**, Tokyo, v.1, p. 65-78. 2010.

Artigo recebido em: 22.02.2015

Artigo aprovado em: 18.05.2015