

# MODELO LINGUÍSTICO FUZZY PARA CLASSIFICAR A GRAVIDADE DO DESVIO FONOLÓGICO

## INTRODUÇÃO

Classificar a gravidade do desvio fonológico é importante, pois possibilita ao fonoaudiólogo conhecer melhor o sistema fonológico da criança, escolher a forma mais adequada de intervenção, auxiliando no acompanhamento do processo terapêutico e na elaboração do prognóstico. Medidas quantitativas de classificação do desvio fonológico mostram-se necessárias, tanto para a prática clínica quanto para a pesquisa. Estudos<sup>1-3</sup> destacam a importância da utilização de índices de gravidade para o controle comparativo ao longo do tratamento.

A forma de quantificação e análise dos índices de gravidade precisa ser adequada e permitir a compreensão do sistema fonológico avaliado. A quantificação de índices de gravidade pode ser obtida através de um modelo matemático que tem por finalidade transformar situações da realidade em problemas com soluções compreendidas por uma linguagem usual. A importância do modelo deve-se a utilização de uma linguagem concisa para expressar conceitos e inferências de maneira precisa, além de gerar resultados que propiciam o uso de métodos computacionais para calcular suas soluções numéricas<sup>4</sup>.

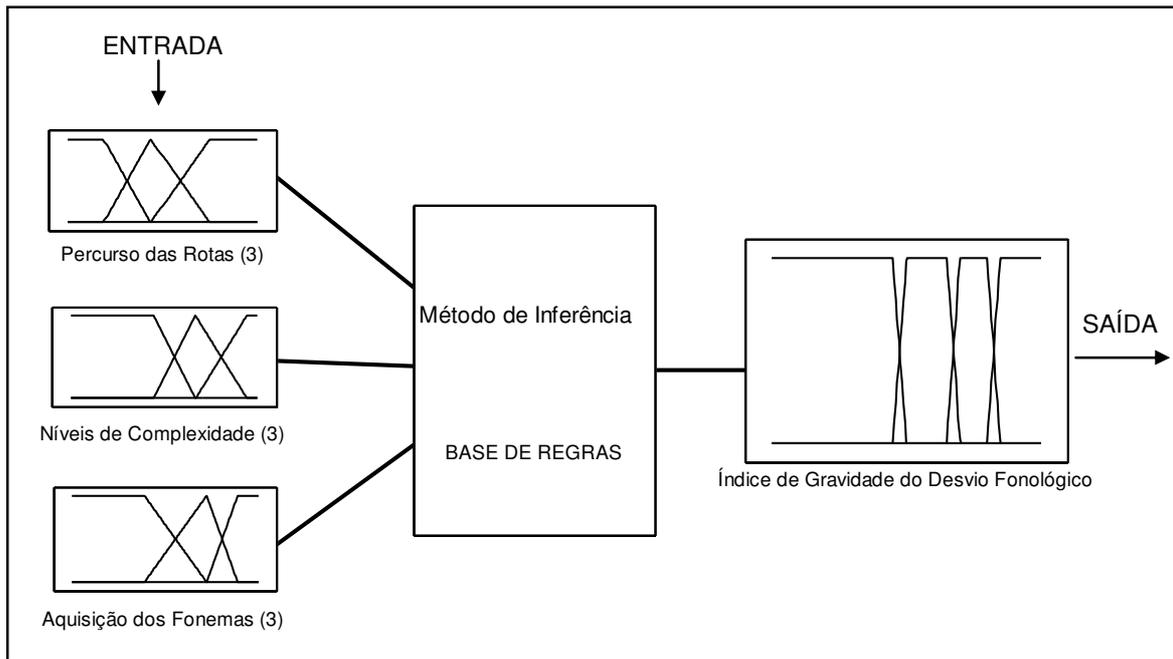
Os modelos matemáticos são construídos a partir de uma teoria matemática conhecida e amplamente estudada. Entre as teorias matemáticas, destaca-se na área da saúde, a teoria *fuzzy* utilizada na criação de modelos *fuzzy* em sistemas especialistas, diagnósticos e epidemiológicos<sup>5</sup>. Na Fonoaudiologia não se tem conhecimento de trabalhos que envolvam a aplicação de sistemas *fuzzy*. Contudo acredita-se que a modelagem *fuzzy* possa ser empregada na Fonoaudiologia para propor, por exemplo, sistemas de diagnóstico e modelos de epidemiologia dos distúrbios da comunicação humana.

## OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo criar um *Modelo Linguístico Fuzzy* para classificar a gravidade do desvio fonológico a partir do Modelo Implicacional de Complexidade de Traços – MICT<sup>6</sup>, considerando adequações ao Modelo a partir de outro estudo<sup>7</sup>.

## MÉTODOS

O *Modelo Linguístico Fuzzy* foi executado no toolbox *fuzzy* do software MATLAB (2009b). O *Modelo* englobou três variáveis de entrada: *Percurso das Rotas*, *Nível de Complexidade* e *Aquisição dos Fonemas*, descritas em termos linguísticos aos quais se associaram subconjuntos *fuzzy* (três subconjuntos para cada variável). A Figura 1. ilustra a estrutura do sistema baseado em regras *fuzzy* utilizado:



**Figura 1** – Estrutura do sistema baseado em regras *fuzzy* construído para classificar a gravidade do desvio.

As variáveis de entrada *Percurso das Rotas*, *Nível de Complexidade* e *Aquisição dos Fonemas* foram selecionadas com base no MICT. Para obtenção dos valores correspondentes a cada variável, primeiramente foi realizado o mapeamento do sistema fonológico no MICT, considerando o sistema fonológico geral e os critérios de um estudo<sup>8</sup> para estabelecimento de fonema não adquirido, parcialmente adquirido e adquirido. Em seguida, as variáveis foram quantificadas da seguinte forma:

- *Percurso das Rotas*: total de rotas percorridas, seguindo critério do MICT.
- *Nível de Complexidade*: número do nível de maior complexidade alcançado pelo sistema fonológico.
- *Aquisição dos Fonemas*: somatório dos fonemas adquiridos, parcialmente adquiridos e não adquiridos, sendo que cada fonema adquirido recebeu valor igual a 1, cada fonema parcialmente adquirido valor igual a 0,5 e cada fonema não adquirido valor igual a 0.

A determinação das fronteiras, para todas as variáveis, seguiu critérios e inferências a partir do MICT e da própria experiência do pesquisador. Para a determinação das fronteiras, muitas vezes não há critérios pré-estabelecidos. Tal fato exige do pesquisador a criação de hipóteses ou convenções, com base no conhecimento científico e na experiência.

A variável de saída do modelo foi o *Índice de Gravidade do Desvio Fonológico* a partir de quatro subconjuntos *fuzzy*: *Grave*, *Moderado-Grave*, *Moderado-Leve* e *Leve*. Primeiramente as fronteiras foram baseadas nos intervalos adotados no estudo de Shriberg e Kwiatkowski (1982), porém, após experimentação dos dados os intervalos necessitaram ser remodelados<sup>4</sup>.

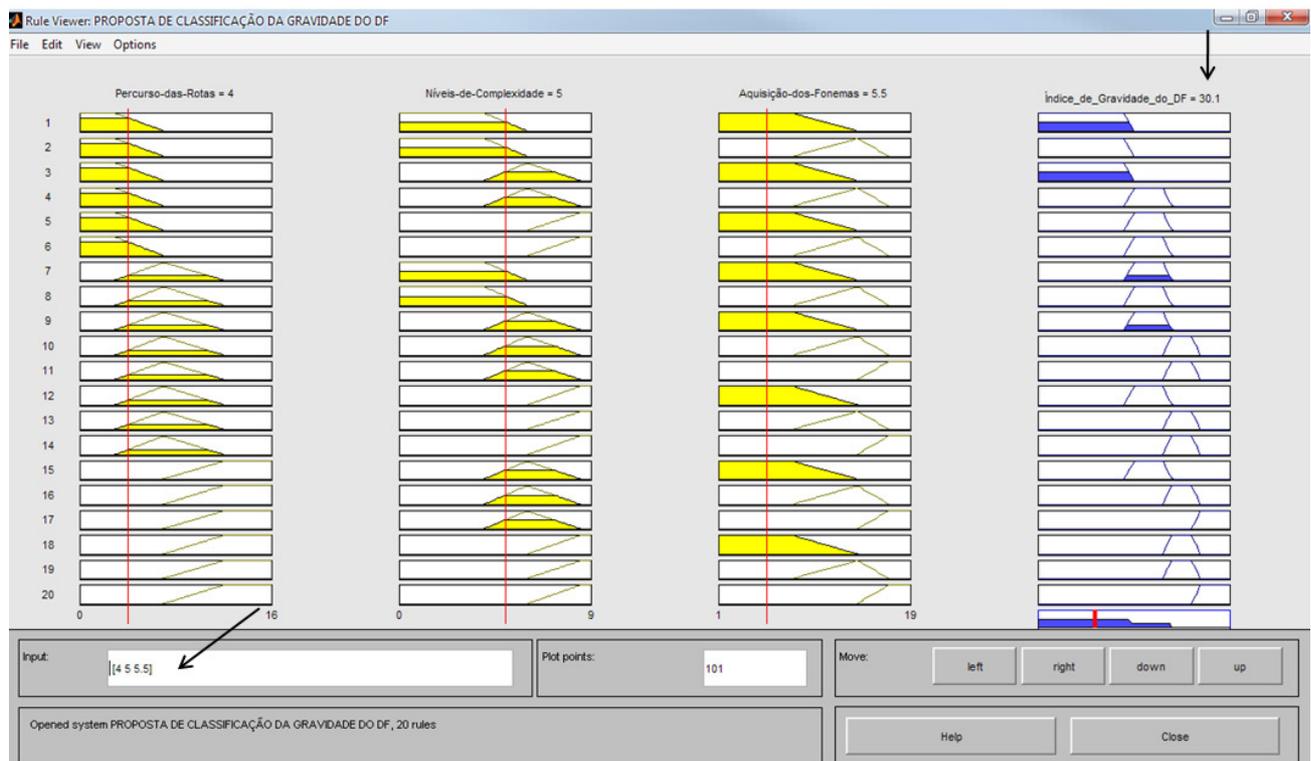
Considerando as variáveis de entrada e seus subconjuntos, no total havia a possibilidade de 27 regras. Contudo, analisando os antecedentes das regras *fuzzy*, de acordo a lógica *fuzzy* e com as fronteiras adotadas para as variáveis de entrada, seis regras foram impossíveis de

acontecer. Logo o sistema foi constituído por um conjunto de 21 regras *fuzzy* cujo consequentes das regras seguiram os seguintes critérios:

- 1) Quanto maior a aquisição de fonemas menor é o comprometimento do sistema fonológico e mais inteligível é a fala, consequentemente, menor é a gravidade do desvio. O contrário também é verdadeiro.
- 2) Quanto maior o percurso das rotas mais traços marcados apresentam-se estabelecidos no sistema fonológico e, consequentemente, menor é a gravidade do desvio. O contrário também é verdadeiro.
- 3) Quanto maior o nível de complexidade dos fonemas presentes maior é a complexidade do sistema fonológico e, consequentemente, menor é a gravidade do desvio. O contrário também é verdadeiro.

As regras foram processadas em paralelo, na qual todas as regras foram consideradas ao mesmo tempo. A inferência utilizada foi o Mínimo de Mamdani, cuja saída é construída pela superposição dos consequentes das regras individuais. O método de defuzzificação utilizado foi o do centro de área.

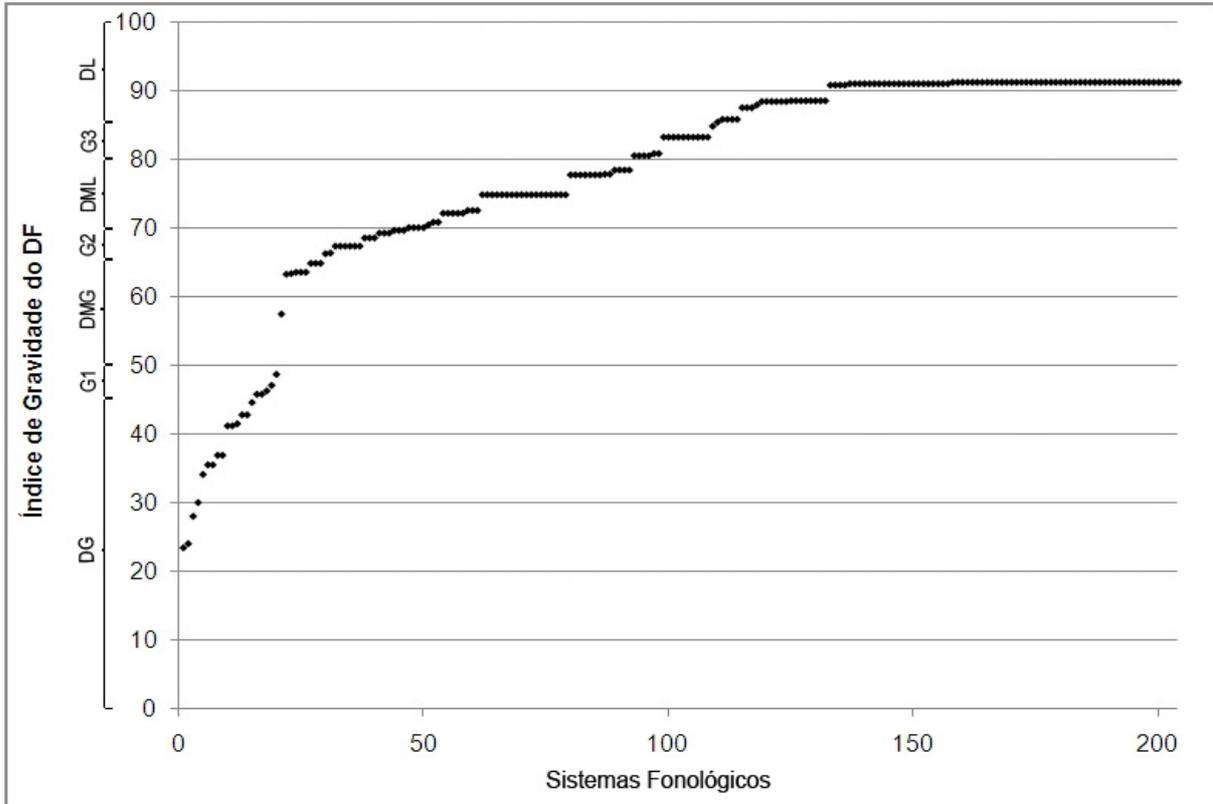
A fim de verificar a aplicabilidade do *Modelo* criado, o *Índice de Gravidade do Desvio Fonológico* foi calculado para 204 sistemas fonológicos desviantes, através do *Modelo Linguístico Fuzzy*, executado no toolbox *fuzzy* do software MATLAB (2009b). A Figura 2 mostra o painel de controle. No campo *input* são digitados os valores correspondentes às variáveis de entrada. O *Índice de Gravidade do Desvio Fonológico* é registrado na variável de saída.



**Figura 21** – Painel de controle do *Modelo Linguístico Fuzzy*, no toolbox *fuzzy* do MATLAB, para classificar a gravidade do desvio fonológico.

## RESULTADOS

O *Modelo Linguístico Fuzzy* forneceu *Índice de Gravidade do Desvio Fonológico* para todos os sistemas fonológicos avaliados, de forma rápida e prática. A Figura 3 mostra os Índices de Gravidade do Desvio Fonológico obtidos para os 204 sistemas.



**Figura 2** – Gráfico de Dispersão para os Índices de Gravidade do Desvio Fonológico (DF)

**Legenda:** DG: Desvio Grave; G1: Gradação 1; DMG: Desvio Moderado-Grave; G2: Gradação 2; DML: Desvio Moderado-Leve; G3: Gradação 3; DL: Desvio Leve.

Observou-se que 15 (7,4%) sistemas fonológicos foram classificados como Desvio Grave; nove (4,4%) como Desvio Moderado-Grave; 46 (22,5%) como Desvio Moderado-Leve e 96 (47,1%) como Desvio Leve. Os 38 (18,6%) sistemas fonológicos restantes encontravam-se em áreas de gradação, que corresponde à determinada região em que há uma incerteza sobre a classificação dos valores contidos nessa região, pertencendo a mais de um subconjunto, com graus de pertinência diferentes e complementares<sup>5</sup>. Os sistemas fonológicos que obtiveram índices situados em áreas de gradação foram classificados com o grau que denota maior comprometimento. Esse critério foi adotado porque na área da saúde, quando há características presentes de diferentes graus, é mais prudente classificar a gravidade de determinada patologia com o grau que revela maior risco ou comprometimento a saúde do paciente<sup>9</sup>.

Verificou-se maior percentual para os desvios mais leves (Leve e Moderado-Leve), achado que concordou com outros estudos<sup>1,10,11</sup>. Além disso, o menor percentual para os desvios Grave e Moderado-Grave, corroboram com um estudo<sup>12</sup> que afirma que esses graus são detectados com menor frequência.

Assim, os 204 sistemas fonológicos foram classificados segundo a gravidade do desvio fonológico em Grave, Moderado-Grave, Moderado-Leve e Leve. Além disso, o comprometimento da gravidade do desvio fonológico de diversos sistemas pode ser diferenciado a partir dos índices, aspecto fundamental, uma vez que a pesquisa e a prática em fonoaudiologia requerem procedimentos capazes de quantificar a gravidade e o impacto de sistemas fonológicos na comunicação<sup>12</sup>.

## CONCLUSÃO

Os achados deste estudo permitem concluir que o *Modelo Linguístico Fuzzy* é capaz de classificar a gravidade do desvio fonológico adequadamente podendo ser empregado na prática clínica.

## REFERÊNCIAS:

1. Wertzner, HF, Herrero, SF, Iderilha, PN, Pires, SCF. Classificação do distúrbio fonológico por meio de duas medidas de análise: percentagem de consoantes corretas (PCC) e índice de ocorrência dos processos (PDI). *Pró-Fono*.2001;13(1):90-97.
2. Flipsen Jr.P, Hummer, JB, Yost, KM. Measuring severity of involvement in speech delay: segmental and whole-word measures. *Am. J. Speech-Lang. Path.* 2005;14:298-312.
3. Wertzner, HF, Amaro, I, Teramoto, SS. Gravidade de distúrbio fonológico: julgamento perceptivo e porcentagem de consoantes corretas. *Pró-Fono*. 2005;17(2):185-194.
4. Bassanezi, RC. Ensino-aprendizagem com modelagem matemática. São Paulo: Contexto, 2004.
5. Ortega, NRS. Lógica Fuzzy. In: Massad, E, Menezes, R, Silveira, PPS, Ortega, NRS. (Org.). Métodos Quantitativos em Medicina. São Paulo: Manole, 2004.p. 469-492.
6. Mota, HB. Aquisição segmental do português: um modelo implicacional de complexidade de traços [tese]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Linguística Aplicada; 1996.
7. Rangel, GA. Uma análise auto-segmental da fonologia normal: estudo longitudinal de 3 crianças de 1:6 a 3:0 [dissertação] Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Linguística Aplicada; 1998.
8. Bernhardt, B. The application of nonlinear phonological theory to intervention with one phonologically disorders child. *Clin. Linguist. Phon.* 2002;6(1):123-145.
9. Billis, A. Patologia Cirúrgica da Próstata. Campinas: Impressão Digital do Brasil Gráfica e Editora Ltda, 2003.
10. Keske-Soares, M, Blanco, APF, Mota, HB. O desvio fonológico caracterizado por índices de substituição e omissão. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*.2004;9(1):30-36.
11. Donicht, G, Pagliarin, KC, Mota, HB, Keske-Soares, M. Intelligibility of phonological disorder assessed by three groups of judges. *Pró-Fono*.2009;21(3):213-218.
12. Shriberg, L. D.; Kwiatkowski, J. Phonological disorders I: A diagnostic classification system. *J. Speech Hear Dis.* 1982;.47:226-241.