

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS NO DIAGNÓSTICO PERIODONTAL, MEDIANTE VARIÁVEIS CLÍNICAS\*

EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF THE NEURAL NETWORKS SYSTEM IN THE PERIODONTAL DIAGNOSIS, THROUGH CLINICAL VARIABLES

Maria do Carmo Machado GUIMARÃES

Mestranda em Periodontia Faculdade de Odontologia de Bauru - USP

Sebastião Luiz Aguiar GREGHI

Professor Assistente Doutor da Disciplina de Periodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru - USP

Aguinaldo CAMPOS JÚNIOR

Professor Livre Docente da Disciplina de Periodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru - USP

\* Parte da dissertação apresentada à faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Periodontia.

Os dados de 1110 indivíduos classificados nos *status* S0 (ausência da doença) e S1 (presença da doença) foram aplicados ao programa aiNet, versão 1.22 para avaliação das Redes Neurais Artificiais (RN) no diagnóstico periodontal. Na fase de treinamento aplicou-se à RN, em sete modelos (M1 a M7), as variáveis clínicas selecionadas e o *status* de 888 indivíduos (429 S0 e 459 S1) da amostra. Na fase teste, inseriu-se à RN as variáveis clínicas dos 222 indivíduos restantes (127 S0 e 95 S1) e obteve-se o *status* gerado pelo sistema. A detecção pela RN dos S0 foi superior à dos S1. O M2, incluindo as variáveis de maior relevância clínica, alcançou a mais alta especificidade (0,84) e uma sensibilidade expressiva (0,71). A variável profundidade de bolsa, preponderante às demais, interferiu na identificação dos S0. Os resultados indicam um bom desempenho da RN como auxílio no diagnóstico periodontal e sua utilização requer critérios clínicos adequados.

**Unitermos:** Doenças periodontais, diagnóstico; Redes neurais artificiais.

## INTRODUÇÃO

Os estudos epidemiológicos sobre a história natural da doença periodontal tiveram início na década de 60, e baseando-se em índices compostos com análises feitas por médias ou agrupamentos de resultados<sup>11,13</sup> levaram à

descrição de um padrão de prevalência quase universal da doença no adulto. Os trabalhos e a prática periodontal, desta época, eram, ainda, permeados por uma idéia de progressão inexorável, linear e contínua da doença, culminando na perda dos dentes<sup>6</sup>.

A observação da ocorrência da doença periodontal em

apenas uma pequena parcela da população<sup>3,4,5,9,15,16</sup> resultou em uma maior atenção para a determinação da identidade e características de populações suscetíveis ou com a doença. Na identificação das condições periodontais, o diagnóstico não está dissociado, dentro do conceito de risco, de uma análise prognóstica do indivíduo. Por meio desta, procura-se diferenciar a extensão da doença, segundo graus variados de comprometimento, com a finalidade de qualificar os diversos grupos subpopulacionais de acordo com a suscetibilidade à doença periodontal.

O estágio atual do conhecimento científico, em Periodontia, reflete o papel dos recursos tecnológicos em uma compreensão mais ampla dos diversos aspectos da doença, caracterizando-se por uma metodologia diagnóstica segundo parâmetros mais aceitos.

As Redes Neurais Artificiais ou simplesmente Redes Neurais (RN) representam um dos mais importantes avanços nas pesquisas da Inteligência Artificial. Estas constituem sistemas de computadores, baseados na interconexão de todas as unidades de informação de um banco de dados para construir uma memória associativa comparável ao cérebro humano<sup>2,8,10</sup>.

Estes sistemas inspiraram-se, inicialmente, na organização estrutural e funcional do cérebro humano, representada por elementos responsáveis pelos mecanismos de inteligência. Várias outras denominações têm sido propostas, como Rede Neuronal<sup>10</sup>, Modelos Conexionistas, Modelos de Processamento Distribuído Paralelo e Sistemas Neuromórficos<sup>14</sup>. O aprimoramento atual de tais sistemas permite observar apenas pequenas semelhanças entre estes e o sistema biológico, tornando a analogia aos neurônios bastante discreta.

Unidades simples de processamento, denominadas neurônios, constituem a estrutura do sistema. Essas unidades apresentam-se distribuídas em camadas interconectadas, recebendo e processando informações com o objetivo de se obter uma resposta<sup>12</sup>. Os modelos de RN podem apresentar uma, duas, três ou várias camadas. A primeira camada denomina-se entrada ou "input", e a última, saída ou "output". Os modelos de RN, incluindo a partir de três camadas, apresentam uma ou mais destas localizadas entre a primeira e a última, e são designadas de camadas escondidas ou "hidden", internas, intermediárias ou ocultas<sup>2</sup>, podendo também ser referidas como camadas Grossberg e Kohonen<sup>12</sup>. Todos os neurônios da entrada estão conectados a todos os neurônios intermediários e estes, por sua vez, a todos os neurônios da saída<sup>4</sup>, através de conexões recorrente ou a um neurônio da camada anterior (conexão realimentação ou "feedback")<sup>12</sup>.

As RN são treinadas inicialmente para realizarem o reconhecimento de um determinado padrão, reforçando os sinais fornecedores de um resultado apropriado e, enfraquecendo aqueles incorretos ou ineficientes. Em seguida, as RN armazenam esse padrão, aplicando-o no processamento de novos dados<sup>7</sup>.

O objetivo deste trabalho compreendeu verificar o desempenho do programa de Rede Neural Artificial na avaliação dos pacientes quanto ao estado periodontal; observar a seleção das variáveis clínicas no resultado da Rede Neural e avaliar a viabilidade do emprego deste recurso, como auxílio diagnóstico em Periodontia, a partir dos resultados obtidos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A partir de exame clínico realizado pela Disciplina de Periodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru- USP em 1110 pacientes, 394 homens e 716 mulheres, empregando-se sonda periodontal convencional, considerou-se as seguintes informações: idade; sexo; total de dentes; número de faces por indivíduo com hiperplasia gengival; índice de placa - porcentagem de faces com placa por indivíduo; índice de sangramento à sondagem - porcentagem de faces com sangramento à sondagem. profundidade de bolsa (total de sítios, por indivíduo com valores 1 a 3mm, 4 a 6mm e <sup>3</sup> 7mm); recessão gengival (total de sítios, por indivíduo, com recessão ausente, 1 a 3mm, <sup>3</sup>4mm) e nível de inserção (somatório da medida de recessão/ hiperplasia + profundidade de bolsa - valores de 0mm, 1 a 3mm, 4 a 6mm e <sup>3</sup> 7mm). As medidas de profundidade de bolsa e recessão gengival foram obtidas em seis sítios por dente (mésio-vestibular, centro-vestibular, disto-vestibular, méso-lingual, centro-lingual e disto-lingual).

Através do programa Systat 5.0, os pacientes foram agrupados em nove faixas etárias: pacientes com idade de 10 a 20 anos agrupados em uma mesma faixa etária, pacientes com idade entre 21 e 55 anos, em sete faixas etárias com intervalos de 5 anos, e os pacientes a partir de 56 anos, agrupados em uma faixa etária.

Os grupos de faixas etárias, as medidas do nível de inserção e o número de dentes por paciente foram utilizados como parâmetros pelo Systat 5.0 para a classificação dos indivíduos, de acordo com a ausência ou presença doença, através dos seguintes cálculos:

Dividindo-se o número total de sítios com nível de inserção (NI)  $\geq 4$ mm/ número total de dentes, obteve-se o grau de perda de inserção do indivíduo (GP). A seguir,

calculou-se a mediana do grau de perda de inserção em cada faixa etária (MGP). Os indivíduos com grau de perda de inserção inferior à mediana do grau de perda de sua faixa etária foram classificados como *status* 0 (S0), significando, ausência da doença. Por outro lado, os indivíduos com grau de perda de inserção superior à mediana do grau de perda de sua faixa etária foram classificados como *status* 1 (S1), correspondendo à presença da doença.

Do total da amostra, 556 indivíduos foram classificados como S0 e 554 como S1.

$GP = \frac{\text{número total de sítios com NI} \geq 4\text{mm}}{\text{número total de dentes}}$

indivíduo com  $GP < MGP = \text{Status } 0 (S0) \rightarrow$  doença ausente

indivíduo com  $GP > MGP = \text{Status } 1 (S1) \rightarrow$  doença presente

A seguir, passou-se à aplicação do programa de Rede Neural aiNet, versão 1.22<sup>1</sup>, constituído por quatro camadas, sendo uma de entrada, duas intermediárias e uma de saída. Os *status* fornecidos pelo Systat 5.0 foram tomados como base na avaliação do desempenho da RN ao classificar os indivíduos quanto à ausência e presença da doença.

Na primeira etapa, denominada fase de treinamento, foram aplicados à RN, de forma isolada, sete modelos, elaborados com as variáveis clínicas selecionadas correspondentes a 888 indivíduos da amostra, 319 homens e 569 mulheres, sendo 429 S0 e 459, S1.

Os sete modelos (M1 a M7) aplicados à RN foram construídos, empregando-se, diferentemente as seguintes variáveis *input*.

- **Modelo 1 - (M1)** - idade, sexo, índice de sangramento e de placa, hiperplasia, recessão e profundidade de bolsa.

- **Modelo 2 - (M2)** - idade, sexo, hiperplasia, recessão e profundidade de bolsa.

- **Modelo 3 - (M3)** - idade, sexo, índice de sangramento e de placa, hiperplasia e recessão.

- **Modelo 4 - (M4)** - idade, hiperplasia e recessão.

- **Modelo 5 - (M5)** - idade, sexo, índice de sangramento e de placa, e profundidade de bolsa.

- **Modelo 6 - (M6)** - idade e profundidade de bolsa.

- **Modelo 7 - (M7)** - idade, índice de sangramento e de placa.

Durante o treinamento, apresentou-se, adicionalmente, à RN, em todos os modelos, o *status* do indivíduo como variável *output*.

As repetidas associações estabelecidas pela RN entre as variáveis clínicas e o *status*, durante o treinamento, propiciaram o seu aprendizado. Nesta fase, um processo iterativo por meio de exemplos capacitou a rede de associar por si posteriormente, os dados destas variáveis ao *status* de cada indivíduo.

Na segunda etapa, fase teste (verificação do treinamento), foram apresentadas à RN, em cada modelo, as variáveis clínicas correspondentes, sem o *status*, dos 222 indivíduos restantes da amostra. Entre estes, (75 homens e 147 mulheres) 127 eram S0 e 95, S1. Os *status* desta parte da amostra gerado pela RN, após o processamento dos dados, foram apresentados em valores *output*. A definição de um valor de corte 0,5<sup>1</sup> para os valores de *output* = 0,5 como 0 e valores  $\geq 0,5$  como 1 permitiu dicotomizar os valores referentes à ausência da doença como 0 e presença da doença como 1.

O desempenho da RN, durante a fase teste, na classificação dos indivíduos, identificando, corretamente, aqueles saudáveis e os com a doença, foi expresso pelos valores de especificidade e sensibilidade, respectivamente. Para verificação deste desempenho, considerou-se o Systat 5.0 como o *gold standard*.

## RESULTADOS

**TABELA 1** - Número absoluto de indivíduos classificados, corretamente, nos *Status* S0 e S1, na fase teste da Rede Neural, pelos modelos M1 a M7

| STATUS | M1  | M2 | M3  | M4 | M5 | M6 | M7  |
|--------|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| S0     | 127 | 99 | 107 | 73 | 70 | 93 | 100 |
| S1     | 95  | 63 | 68  | 66 | 55 | 65 | 70  |

**TABELA 2** - Decisões Verdadeiro Positivo (VP), Falso Positivo (FP), Verdadeiro Negativo (VN), Falso Negativo (FN), valores de Especificidade e Sensibilidade apresentados pela RN nos modelos M1 a M7

|    | VP | FP | VN  | FN | Sensibilidade | Especificidade |
|----|----|----|-----|----|---------------|----------------|
| M1 | 63 | 28 | 99  | 32 | 0,66          | 0,77           |
| M2 | 68 | 20 | 107 | 27 | 0,71          | 0,84           |
| M3 | 66 | 54 | 73  | 29 | 0,69          | 0,57           |
| M4 | 55 | 57 | 70  | 40 | 0,62          | 0,55           |
| M5 | 65 | 34 | 93  | 30 | 0,68          | 0,73           |
| M6 | 70 | 27 | 100 | 25 | 0,73          | 0,78           |
| M7 | 68 | 57 | 70  | 27 | 0,71          | 0,55           |

## DISCUSSÃO

O avanço das técnicas diagnósticas e terapêuticas, relativas à prevenção e tratamento das doenças periodontais, em seus estágios mais precoces, reflete a evolução dos instrumentos de pesquisa e recursos tecnológicos. A indiscutível utilidade da informática e sua aplicação, em Periodontia, tem propiciado maior confiabilidade no processamento dos dados, inferência rápida e o manuseio de um grande número de informações a respeito dos pacientes e da situação dos sítios periodontais a serem analisados.

As RN representam, fundamentalmente, uma abordagem diferente à computação. Diferentemente, de outros recursos informáticos limitados a operações isoladas, permite pelo processamento em paralelo, a manipulação da informação, com ênfase na exploração dos eventos concorrentes no processo computacional, de forma simultânea e independente. Esta característica permite, a resolução de problemas complexos, difíceis com soluções inexatas<sup>8</sup>.

Os sete modelos aplicados às RN apresentaram combinações diferentes, e incluiu-se, em cada um, o conjunto ou parte das variáveis "inputs" aplicadas como teste: idade, sexo, índice de sangramento e de placa, hiperplasia, recessão gengival e profundidade de bolsa. A não utilização das variáveis "inputs" nível de inserção, número de dentes e faixa etária, nos modelos, deve-se ao fato destas terem sido, anteriormente, utilizadas na obtenção do "output" a ser apresentado à RN. O emprego, na fase teste, de "inputs" não utilizados durante o treinamento consiste em uma característica de extrapolação da RN. Uma vez efetuado o treinamento com um "output", este sistema estabelecerá sempre associações por meio de um processo de redefinição de pesos, procurando chegar ao mesmo "output" com os novos "inputs".

De uma forma geral, cada variável exerceu uma atuação mais uniforme no processo de classificação dos indivíduos saudáveis, através da RN. As variáveis de profundidade de bolsa apresentaram, freqüentemente uma maior interferência, em relação às demais, na detecção de indivíduos S0. Os maiores valores de especificidade ocorreram nos modelos, onde estas variáveis foram aplicadas (M1, M2, M5 e M6); naqueles onde foram eliminadas (M3, M4 e M7), verificou-se uma diminuição significativa da identificação destes indivíduos. As medidas de recessão, por sua vez, demonstraram uma menor influência nos modelos; sua inclusão nos M1, M2,

M3 e M4 e sua exclusão nos modelos M5, M6 e M7 parecem não ter sido responsáveis por uma maior ou menor identificação dos indivíduos S0.

A atuação das variáveis no desempenho da RN, quanto à identificação de indivíduos doentes foi, entretanto bastante variada. A presença das medidas de profundidade de bolsa mostrou-se importante no M6, conferindo-lhe a maior sensibilidade observada entre os modelos; sua ausência, no M4, repercutiu em uma diminuição da sensibilidade. Neste último modelo, a presença das variáveis de recessão não propiciou, na ausência da profundidade de bolsa, um maior reconhecimento dos indivíduos S1, como ocorreu no M3.

A ocorrência de valores de especificidade superiores aos de sensibilidade, na maioria dos modelos, teria como provável explicação a presença de dados com valores mais similares entre os indivíduos saudáveis, permitindo um maior contato da RN com valores não grotescamente diferentes, levando-a, por isso, a uma maior memorização das características dos indivíduos S0. Nos indivíduos com a doença, uma maior heterogeneidade dos valores das variáveis, resultaria em uma memorização menor, dificultando o desempenho da RN na identificação dos indivíduos S1.

Uma análise crítica dos modelos deve considerar não apenas o desempenho da RN, como também a combinação das variáveis em cada um destes. Os modelos com resultados significativos e compostos por critérios diagnósticos seguros seriam selecionados, enquanto aqueles apresentando bom desempenho, porém compreendidos por variáveis com fraca correlação com a doença periodontal, seriam avaliados e considerados de forma mais cautelosa.

As variáveis índice de placa e sangramento, ao exibirem no M7 uma forte correlação com a presença da doença, contrariaram um grande número de trabalhos clínicos. Este modelo, entre outros, permitiu evidenciar deficiências do método, pois a aplicação arbitrária de variáveis clínicas pode transformá-lo em um instrumento de auxílio diagnóstico sem credibilidade. Além disso, estas variáveis, por não representarem dados clínicos de maior importância em uma avaliação diagnóstica, tornam questionáveis os modelos M1, M3 e M5. Por outro lado, a compreensão isolada das medidas de recessão gengival ou profundidade de bolsa, nos M3, M4, M5 e M6, também torna discutível a viabilidade da aplicação destes modelos, pois são variáveis clínicas de grande importância na descrição das condições periodontais e ambas devem ser consideradas.

Portanto, entre os modelos avaliados, o M2 reúne as características de bom desempenho da RN à compreensão de critérios diagnósticos mais seguros. Este modelo melhor constatou o desempenho da RN, especialmente com relação à ausência da doença.

A implementação de tal recurso informático, na pesquisa, não implica a substituição do bom senso profissional por uma análise, simplesmente, técnica, sem critérios, como também não envolve a desconsideração do suporte conceitual da Periodontia atual. O pesquisador ainda constitui o maior instrumento da investigação científica e aliar meios instigantes, crescentemente disponíveis, proporcionará maiores avanços no entendimento de aspectos ainda obscuros, e culminará em novas abordagens preventivas e terapêuticas da doença periodontal.

## CONCLUSÕES

1 - A RN apresentou uma aprendizagem à detecção da ausência, superior à da presença da doença, provavelmente, devido à ocorrência de dados mais similares entre os indivíduos S0;

2 - As medidas de profundidade de bolsa, preponderantemente, às demais variáveis, interferiram de forma positiva na classificação de indivíduos saudáveis;

3 - A seleção de modelos adequados implica, não apenas, a obtenção de resultados aceitáveis, como também a compreensão acertada de critérios clínicos, conforme observado no M2;

4 - Os resultados tornam exequível o emprego das RN como auxílio diagnóstico periodontal e sua utilização inclui a escolha adequada de parâmetros clínicos.

## ABSTRACT

The data of 1110 individuals classified in status S0 (absence of disease) and S1 (presence of disease) were applied in the program aiNet, version 1.22 to evaluate the Neural Networks (NN) system in the periodontal diagnosis. In the training step, we provided to the NN, in seven models (M1 to M7), the selected clinical variables and status of the 888 randomly selected individuals (429 S0 and 459 S1) of the sample. In the test step, we provided the NN the clinical variables of the 222 remnant individuals (127 S0 and 95 S1) of the sample, observing the status given by the system. The detection through NN of the S0 individuals was higher than S1. The M2, including the most important clinical parameters, achieved the highest

specificity (0.84) and expressive sensitivity (0.71). Amongst the variables, the probing pocket depth, preponderantly, interfered in the recognition of the S0 individuals. The results showed good performance of the NN as a diagnostic tool, demanding for its use the inclusion of an appropriate selection of clinical criteria.

**UNITERMS:** Periodontal disease, diagnostic; Artificial neural networks.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - AINET: a neural network application for 32 bit Windows environment - version 1.20. Slovenia, s.ed., 1996.
- 2 - ASTON, M.L.; WILDING, P. The application of backpropagation neural networks to problems in pathology and laboratory medicine. *Arch. Path. Lab. Med.*, v.116, n.10, p.995-1001, Oct. 1992.
- 3 - BAEUM, V.; FEJERSKOV, O.; KARRING, T. Oral hygiene, gingivitis and periodontal breakdown in adult Tanzanians. *J. Periodont. Res.*, v.21, n.3, p.221-32, May 1986.
- 4 - BAEUM, V.; FEJERSKOV, O.; MANJI, F. Periodontal diseases in adult kenyans. *J. clin. Periodont.*, v.15, n.7, p.445-52, Aug. 1988.
- 5 - BROWN, L.J.; OLIVER, R.C.; LÖE, H. Periodontal diseases in the U.S. in 1981: prevalence, severity, extent and role in tooth mortality. *J. Periodont.*, v.60, n.7, p.363-70, July 1989.
- 6 - GREENE, J.C. Oral hygiene and periodontal disease. *Amer. J. publ. Hlth.*, v.53, n.6, p.913-22, June 1963.
- 7 - GUERRIERE, M.R.J. Neural Networks: what are they? *Ann. intern. Med.*, v.115, n.11, p.906-7, Dec. 1991.
- 8 - KATZ, W.T.; SNELL, W.; MERICKEL, M.B. Artificial neural networks. *Methods in Enzymology*, v.210, p.611-36, 1992.
- 9 - LÖE, H. et al. Natural history of periodontal disease in man. Rapid, moderate and no loss of attachment in Sri Lanka laborers 14 to 46 years of age. *J. clin. Periodont.*, v.13, n.5, p.431-40, May 1986. Supplement.
- 10 - NAFE, R.; CHORITZ, H. Introduction of a neuronal network as a tool for diagnostic analysis and classification based on experimental pathologic data. *Exp. Toxic. Pathol.*, v.44, n.1, p.17-24, Mar. 1992.
- 11 - RAMFJORD, S.P. Indices for the prevalence and incidence of periodontal disease. *J. Periodont.*, v.30, n.1, p.51-9, Jan. 1959.
- 12 - RAO, V.B.; RAO, H.V. *C\* neural networks and fuzzy logic*. New York, MIS:Press, 1993.

- 13 - RUSSEL, A.L. A system of classification and scoring for prevalence surveys of periodontal disease. **J. dent. Res.**, v.35, n.3, p.350-9, June 1956.
- 14 - SANTOS, V.P.; ROMERO, R.A.F. **Utilização do Matlab para o desenvolvimento de redes neurais.** São Carlos, ICMSC-USP, 1994. 83p. (Relatório Técnico do ICMSC n.18).
- 15 - SÖDER, B. et al. Clinical characteristics of destructive periodontitis in a risk group of Swedish urban adults. **Swed. dent J.**, v. 19, n.1/2, p.9-15, 1995.
- 16 - YONEYAMA, T. et al. Probing depth attachment loss and gingival recession. Findings from a clinical examination in Ushiku, Japan. **J. clin. Periodont.**, v.15, n.9, p.581-91, Oct. 1988.