

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA RECONHECIMENTO DE PADRÕES COMO TESTE DE DETECÇÃO DE FRAUDE DE LEITE POR ADIÇÃO DE SORO DE QUEIJO

**Daiana C. GUIMARÃES¹; Gerson F. S. VALENTE²; Ana Laís A. GASPARDI³; Lara A.
OLIVEIRA⁴**

RESUMO

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de empregar redes neurais artificiais para classificar amostras de leite, a partir de análises de rotina de um laticínio, em amostras de leite adulteradas ou não, quanto à adição de soro de queijo. As amostras foram preparadas através da mistura do leite com diferentes concentrações de soro (1, 5, 10 e 20%) sendo analisadas quanto a temperatura, teor de gordura, extrato seco desengordurado, densidade, proteína, lactose, sais minerais, ponto de congelamento, condutividade e pH, totalizando 167 ensaios. Desses 91 ensaios, 55 foram usados para treinamento da rede, 18 para validação e outros 18 para testar a rede neural artificial. A rede com melhor resultado apresentou 10 neurônios na camada de entrada, 40 neurônios na camada oculta e 2 na camada de saída, sendo possível obter 84,6% de acertos na classificação. A metodologia de classificação por redes neurais artificiais apresenta um grande potencial de aplicação na interpretação de dados de análises de rotina nos laticínios para classificação do leite.

INTRODUÇÃO

A adição fraudulenta de soro de queijo ao leite é normalmente detectada e quantificada pela determinação do caseinomacropeptídeo (CMP), um fragmento hidrofílico da k-caseína, liberado pela ação da quimosina durante a coagulação enzimática do leite que permanece solúvel no soro, e que deve estar ausente no

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: 2636@ifsuldeminas.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: valentegerson@hotmail.com;

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: analais_gaspardi@hotmail.com

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: lara.a.oliveira@hotmail.com

leite. Atualmente existem vários métodos para a detecção desta fraude, sendo que no Brasil as atenções têm-se voltado para a fraude por adição de soro ao leite in natura, devido a sua maior participação no mercado nacional (SILVA et al., 2009a).

O CMP é geralmente quantificada através de métodos cromatográficos (VELOSO et al., 2002; Magalhães, 2008), eletroforéticos (De SOUZA et al., 2000) e espectrofotométricos (FUKUDA et al., 1996). No entanto, essas metodologias apresentam custo elevado e requerem equipamentos específicos e necessitam de mão de obra capacitada para realização das análises.

As análises de rotina normalmente não detectam a presença de soro, a não ser quando adicionado em grandes quantidades (MAGALHÃES, 2008). Alguns pesquisadores, SOARES et al. (2005 e 2006), SILVA et al., (2009a e 2009b), Da SILVA et al. (2010), têm avaliado o potencial de aplicação da estatística multivariada (MANOVA), especificamente da análise discriminante, na avaliação e interpretação de dados de rotina na indústria de laticínios. Uma alternativa para classificação de amostras são as redes neurais artificiais.

As redes neurais artificiais (RNA) procuram desenvolver modelos computacionais baseados na capacidade do cérebro humano. As principais propriedades estão relacionadas à capacidade de aprender por exemplos, de interpolar e, ou extrapolar com base em padrões fornecidos e de selecionar propriedades específicas dentro do universo amostral (ABER et al., 2009; SINGH et al., 2009; ELMOLLA et al., 2010; KHATAEE et al., 2010).

A unidade básica para o processamento de informações é o neurônio artificial que pode receber uma ou mais entradas transformando-as em saídas. Cada entrada tem um peso associado que determina sua intensidade de influência no dado de saída. Na Figura1 está ilustrada a organização de um neurônio artificial.

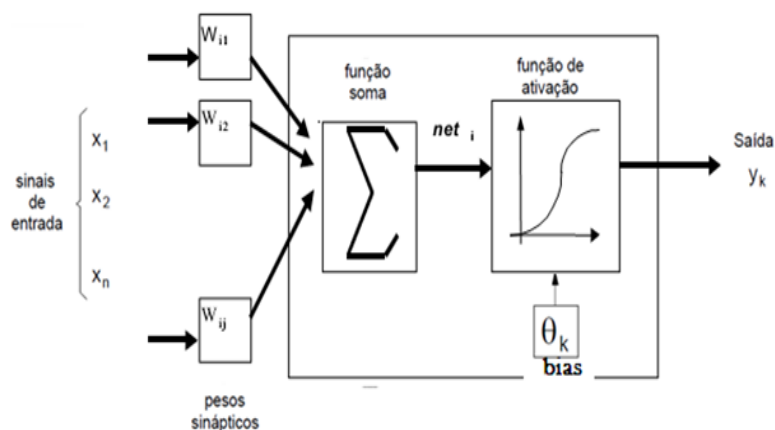


Figura1. Representação de um neurônio artificial. Fonte: adaptada de Vieira (2000).

A RNA do tipo *Multilayer Perceptron* (MLP) é a mais empregada por ser muito versátil e capaz de resolver desde problemas simples até mais complexos. As camadas ocultas são inseridas entre as camadas de entrada e de saída em um número que pode ser ajustado em função da complexidade do problema, e da precisão desejada. Na definição da arquitetura de uma RNA, consideram-se o número de camadas, o número de neurônios e a conexão entre os neurônios (ABER SINGH et al., 2009).

O objetivo desse trabalho foi utilizar redes neurais artificiais do tipo *multilayer perceptron* para reconhecer leite adulterado por soro de queijo usando como dados de entrada as análises de rotina do laticínios.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na fazenda escola do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Câmpus Inconfidentes. Os ensaios laboratoriais foram realizados no setor de laticínios.

Para as amostras de leite em diferentes dias de produção foram adulteradas adicionando 1, 5, 10, e 20% de soro de queijo como forma de detectarmos as possíveis fraudes nas amostras. As análises do leite e das amostras adulteradas foram realizadas através de um analisador de leite por ultrassom (Ekomilk total®), análises de gordura, extrato seco desengordurado, proteínas, lactose, ponto de congelamento e densidade, além da temperatura e pH. Esse procedimento foi repetido num intervalo de dois meses de produção.

Para criar uma rede *feed-forward* usou-se funções de transferência tan-sigmóide, tanto na camada oculta e a camada de saída. A rede foi construída com dois neurónios de saída, porque existem duas categorias associadas com cada um dos dados de entrada. Cada neurônio de saída representa uma categoria. Para definir o número de neurônios na camada oculta foi usado tentativa e erro. Para o desenvolvimento da arquitetura da RNA, dos 167 ensaios, 55 foram usados para treinamento da rede, 18 para validação e outros 18 para testar a rede neural artificial. As variáveis foram normalizadas entre 0 e 1 usando a Equação 1:

$$X_i = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (\text{Equação 1), em que,}$$

x é valor observado, min(x) o menor valor para a variável e max(x) o maior valor da variável em estudo.

O número de neurônios de entrada foi definido pelas variáveis de entrada que são: temperatura, pH, teor de gordura, extrato seco desengordurado, proteínas, ponto de congelamento, condutividade, lactose e densidade das amostras. Os dois neurônios de saída foram: leite normal (0, 1) e leite adulterado (1, 0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rede neural artificial com melhor resultado apresentou 40 neurônios na camada oculta. O Quadro 1 representa a porcentagem de erros ocorridos durante o treinamento, validação e teste.

Quadro 1. Porcetagem de erros para a melhor RNA encontrada para classificação.

Dados	Amostras	Erro (%)
Treinamento	55	16,4
Validação	18	11,1
Teste	18	16,7

A exibição da matriz de confusão mostra vários tipos de erros que ocorreram durante o final da rede treinada. A Figura 2 mostra os resultados.

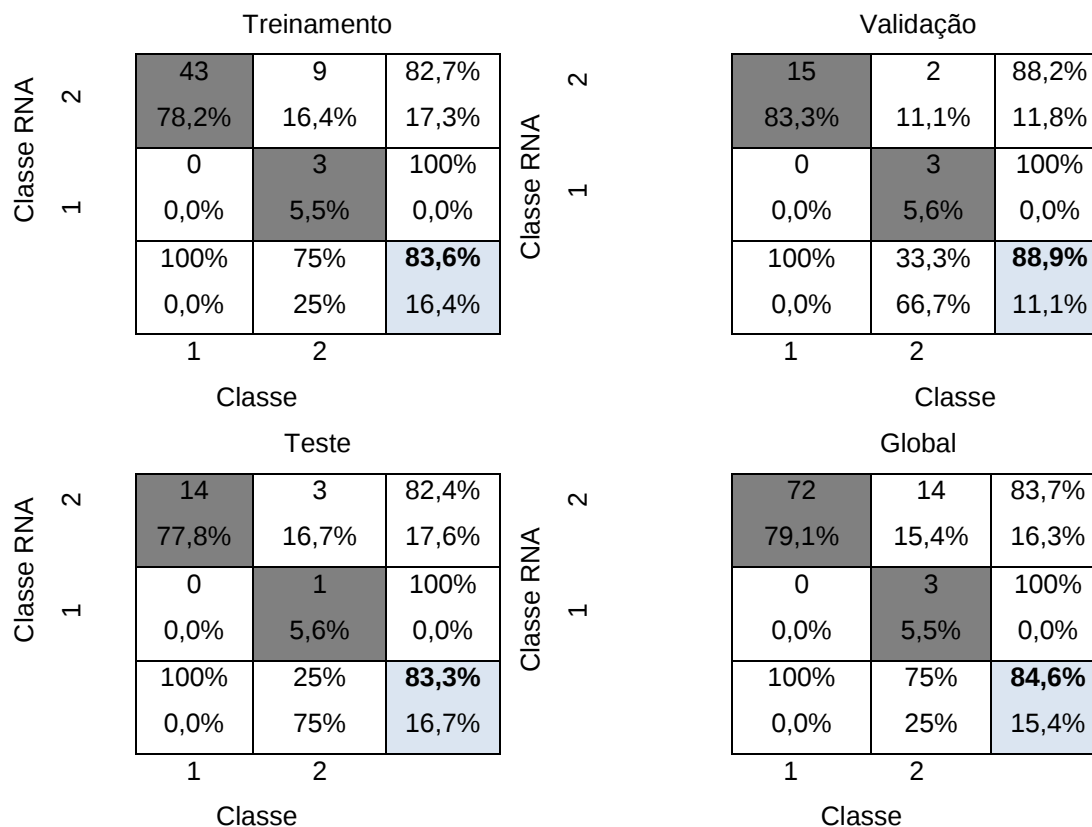


Figura 2. Representação matriz confusão

A classe 1 na matriz confusão representa as amostras sem adulteração e a classe 2, as amostras com adulteração.

As células da diagonal em cada tabela mostra o número de casos que foram classificados corretamente, e as células fora da diagonal mostram os casos classificados incorretamente. A célula no canto inferior direito mostra a porcentagem total de casos classificados corretamente (em negrito) e a porcentagem total de casos mal classificados. Os resultados para os três conjuntos de dados (treinamento, validação e testes) mostram muito bom reconhecimento.

Esses resultados mostram uma grande possibilidade de aplicação numa indústria permitindo selecionar possíveis amostras adulteradas como soro de queijo. Essas amostras poderão ser encaminhadas para análise por metodologia oficial.

CONCLUSÕES

A rede neural artificial apresentou acerto de 84,6% na classificação do leite em adulterado por soro de queijo usando como dados de entrada as análises de rotina de um laticínio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Da SILVA, T.D., FONTES, E.A.F., PINTO, T.F., RAMOS, A.L.S., SILVA, R.A.G. Aplicação da análise multivariada para obtenção de uma função discriminante para detecção de adição de soro de leite em leite. In: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 12 a 15 de julho de 2010, Juiz de Fora, MG. **Anais...**, 2010.

De SOUZA, E.M.T., ARRUDA, S.F., BRANDÃO, P.O., SIQUEIRA, M.A. Electrophoretic analysis to detect and quantify additional whey in milk and dairy beverages. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.3, p.314-317, 2000.

FUKUDA, S.P., ROIG, S.M., PRATA, L.F. Aplicação do método da ninidrina ácida como teste de “screening” de plataforma para detecção da adição de soro ao leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, n.1, p.52-56, 1996.

MAGALHÃES, M. A. Determinação de fraude de leite com soro de leite pela análise de CMP e PSEUDO-CMP por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa com detecção por espectrometria de massa. 2008. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

SILVA, R.A.G., DOMINGUES, F.R., REZENDE, L.C.G., RAMOS, E.M., RAMOS, A.L.S. Características Físico-Químicas de Leite Cru Fraudado com Diferentes Concentrações de Soro de Leite. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS (ENAAL), 19 a 23 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG. **Anais...**, 2009a. CD-ROM. 3p.

SILVA, R.A.G., RAMOS, E.M., RAMOS, A.L.S., DOMINGUES, F.R., REZENDE, L.C.G. Detecção da Adição de Soro ao Leite Cru através da Análise Estatística Multivariada. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS (ENAAL), 19 a 23 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG. **Anais...**, 2009b. CD-ROM. 3p.

SINGH, K.P.; BASANT, A.; MALIK, A.; JAIN, G. Artificial neural network modeling of the river water quality: A case study. *Ecol. Model.*, v.220, p.888-895, 2009.

SOARES, E.C., BITTENCOURT, J.N., RAMOS, A.L.S., RAMOS, E.M. Análise estatística multivariada como teste para detecção de adição de soro ao leite pasteurizado. **Revista do Instituto “Candido Tostes”**, n.351, v.61, p.37-42, jul/Ago, 2006.

SOARES, E.C., RAMOS, A.L.S., RAMOS, E.M. Detecção de fraude de leite através de análise multivariada. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS (SLACA), 6, 2005. **Resumos...**, Campinas: SBCTA, 2005a. CD-ROM.

VELOSO, A.C.A., TEIXEIRA, N., FERREIRA, I.M.P.L.V.O., FERREIRA, M.A. Detecção de adulterações em produtos alimentares contendo leite e/ou proteínas lácteas. **Química Nova**, v.25, n.4, p.609-615, 2002.