

UTILIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA IDENTIFICAÇÃO DOS MÊIS DE ABELHAS (*Apis mellifera* L.) PRODUZIDOS NO VERÃO E INVERNO NA MICRORREGIÃO DE CAMPOS DO JORDÃO, SÃO PAULO¹

JULIANA DO NASCIMENTO BENDINI², RICARDO DE OLIVEIRA ORSI³, HUGO DO NASCIMENTO BENDINI⁴, SILVIA HELENA MODENESE GORLA DA SILVA⁵

¹Recebido para publicação em 04/06/10. Aceito para publicação em 02/12/10

²Universidade Federal do Piauí, Rua Desembargador César do Rego Monteiro, 1208, Ininga, CEP 64049-550, Teresina, PI, Brasil. Email: jbendini@gmail.com

³Departamento de Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Distrito Rubião Jr, s/nº, CEP 18618-970, Botucatu, SP, Brasil.

⁴Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Rodovia Washington Luís, km 235, SP-310, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil.

⁵UNESP, Campus Experimental de Registro, Rua Nelson Brihi Badur, 430, Vila Tupy, CEP 11900-000, Registro, SP, Brasil.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo tipificar, com base em parâmetros físico-químicos, o mel proveniente da microrregião de Campos do Jordão e verificar como as amostras de méis se agrupam em função da época de produção (verão e inverno). Foram obtidas 30 amostras de mel fornecidas por apicultores dos quatro municípios da referida microrregião, correspondentes aos dois períodos de colheita de mel: novembro a fevereiro; julho a setembro, durante os anos de 2007 e 2008 (n = 30). Foram realizadas as análises físico-químicas de acidez total, pH, umidade, atividade de água, densidade, aminoácidos, cinzas, cor e condutividade elétrica, identificando-se os padrões físico-químicos dos méis das duas épocas de produção. Em seguida, procedeu-se uma análise de agrupamento de dados por meio do algoritmo k-médias, que agrupou as amostras em duas classes (verão e inverno). Assim, realizou-se um treinamento supervisionado de uma rede neural artificial (RNA), utilizando o algoritmo backpropagation. De acordo com a análise, o conhecimento adquirido por meio das RNAs, classificou as amostras com 80% de acerto. Observou-se que as RNAs se revelaram uma ferramenta eficiente no sentido de agrupar as amostras de mel da microrregião de Campos do Jordão de acordo com suas características físico-químicas, em função dos diferentes períodos de produção.

Palavras-chave: apicultura, redes neurais artificiais, sazonalidade.

USE OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS AND NEURAL NETWORKS IN IDENTIFICATION OF BEE HONEY (*Apis mellifera* L.) PRODUCED IN THE SUMMER AND WINTER IN THE MICROREGION OF CAMPOS DO JORDÃO, SÃO PAULO

ABSTRACT: The objective of this work was to typify, through physicochemical parameters, honey from Campos do Jordão's microrregion, and verify how samples are grouped in accordance with the climatic production seasonality (summer and winter). It were assessed 30 samples of honey from beekeepers located in the cities of Monteiro Lobato, Campos do Jordão, Santo Antonio do Pinhal e São Bento do Sapucaí-SP, regarding both periods of honey production (November to February; July to September, during 2007 and 2008; n = 30). Samples were submitted to physicochemical analysis of total acidity, pH, humidity, water activity, density, aminoacids, ashes, color and electrical conductivity, identifying physicochemical standards of honey samples from both periods of production. Next, we carried out a cluster analysis of data using k-means algorithm,

which grouped the samples into two classes (summer and winter). Thus, there was a supervised training of an Artificial Neural Network (ANN) using backpropagation algorithm. According to the analysis, the knowledge gained through the ANN classified the samples with 80% accuracy. It was observed that the ANNs have proved an effective tool to group samples of honey of the region of Campos do Jordao according to their physicochemical characteristics, depending on the different production periods.

Key words: beekeeping, Artificial Neural Networks, seasonality.

INTRODUÇÃO

Pela definição da legislação brasileira (BRASIL, 2000), entende-se por mel o produto alimentício produzido pelas abelhas a partir do néctar das flores e de secreções procedentes de partes vivas de certas plantas ou de secreções de insetos sugadores de plantas que vivem sobre algumas espécies vegetais e que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam maturar nos favos da colméia.

O estudo da composição físico-química de méis provenientes de diferentes origens florais é um instrumento para a sua tipificação. A determinação de intervalos de variação para cada parâmetro analisado estabelece um padrão físico-químico para o mel em questão.

MORETI *et al.* (2009), caracterizaram amostras de méis provenientes do Estado do Ceará a partir de análises físico-químicas e da análise multivariada. Com a utilização de componentes principais, observaram que os principais parâmetros que melhor influenciaram o agrupamento das referidas amostras foram acidez, índice de formol, pH e cinzas.

A identificação de grupos em um espaço amostral é uma tarefa difícil para os seres humanos, pois envolve uma grande quantidade de dados, em diferentes dimensões, além do fato de que estes grupos são flexíveis. Diversos modelos matemáticos e estatísticos podem ser utilizados para auxiliar esse processo. Além disso, algoritmos para reconhecimento de padrões, com ênfase em técnicas de clusterização (agrupamento) podem ser utilizados para este fim (PIMENTEL *et al.*, 2003).

Classificar ou agrupar objetos em categorias é atividade bastante comum e vem sendo intensificada devido ao número elevado de informações que estão disponíveis atualmente (BACKER, 1995). Para rea-

lizar esta tarefa emprega-se um mecanismo denominado análise de cluster ou clusterização.

As redes neurais artificiais (RNAs), modelos computacionais cujos princípios fundamentais são assentados nos trabalhos de modelagem biológica de processos neurofisiológicos, cognitivos e comportamentais, são frequentemente utilizadas para problemas de classificação e criação de padrões (KOVACS, 1996).

Segundo RAMOS (2003), para o processo de classificação artificial, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos que permitam estabelecer o relacionamento entre a entrada de padrões de classificação (Entradas), análise e processamento dessa informação e convergência para uma saída definida (Saída). A rede neural deve aprender a reconhecer padrões de entrada e definir a saída segundo classes definidas, ou seja, dado um determinado padrão de entrada, escolher em que categoria ele se enquadra melhor. Dessa maneira, tal técnica pode se revelar um método estatístico eficiente para a caracterização e reconhecimento de padrões físico-químicos entre amostras de méis de uma região.

O mel é um dos produtos originários das abelhas (*Apis mellifera* L.) mais utilizados pelo homem, tanto *in natura*, como em diversas formas industrializadas. No Brasil, no entanto, não há ainda uma caracterização dos méis produzidos em diferentes regiões, floradas, tipos de solo, clima, etc., o que dificulta o estabelecimento de padrões para o produto. Desta forma, estudos no sentido de caracterizar amostras produzidas em diferentes locais, tornam-se cada vez mais importantes para se incrementar a apicultura nacional, especialmente a paulista (MARCHINI, 2000).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo tipificar, com base em parâmetros físico-químicos o mel proveniente da microrregião de Cam-

pos do Jordão e verificar como as amostras de méis se agrupam em função da época de produção (verão e inverno).

MATERIAL E MÉTODOS:

Coleta de amostras

Foram obtidas 30 amostras de mel de apicultores dos municípios de Monteiro Lobato, Campos do Jordão, Santo Antonio do Pinhal e São Bento do Sapucaí-SP que utilizavam técnicas de manejo e beneficiamento como preconizadas pelas Boas Práticas de Produção (BPP) no campo e Boas Práticas de Fabricação (BPF) na unidade de extração e beneficiamento. Os apicultores forneceram as amostras acondicionadas em embalagens apropriadas, etiquetadas para a anotação do nome do apicultor e data de colheita. As amostras foram correspondentes aos dois períodos de colheita de mel: verão de novembro à fevereiro (n=14) e inverno de julho à setembro (n=16), durante os anos de 2007 e 2008.

Análises físico-químicas

As análises de acidez total, pH (MORAES e TEIXEIRA, 1998) e LUND (CANO *et al.* 2005) foram realizadas no Setor de Apicultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, *campus* de Botucatu-SP – FMVZ/UNESP e as demais: umidade (AOAC, 1990), cor (VIDAL e FREGOSI, 1984), condutividade elétrica (MARCHINI, 2004) e cinzas (PREGNOLATO, 1985) no Laboratório de Análises de Produtos Apícolas do Centro de Estudos Apícolas da Universidade de Taubaté - CEA/UNITAU.

Análise estatística

Procedeu-se uma análise de agrupamento utilizando o software WEKA para implementação do algoritmo K-Médias, para partição de um conjunto de elementos em determinado número de agrupamentos (clustering) K , utilizando o método dos mínimos quadrados e o ajustamento das médias (média móvel) no decorrer dos processos de iterações, no sentido de se averiguar se os dados estão realmente agrupados em função da época do ano.

O objetivo deste algoritmo é encontrar a melhor divisão de P dados em K grupos C_i , $i = 1, \dots, K$, de maneira que a distância total entre os dados de um

grupo e o seu respectivo centro, somada por todos os grupos, seja minimizada.

Este método consiste em usar os valores dos primeiros n casos em um arquivo de dados, como estimativas temporárias das médias dos k clusters, onde k é o número de clusters especificado pelo usuário. Assim, o centro do cluster inicial é formado para cada caso em torno dos dados mais próximos e, então, comparados com os pontos mais distantes e os outros clusters formados. A partir daí, dentro de um processo de atualização contínua e de um processo interativo encontram-se os centros dos clusters finais [MONTEIRO e SILVA *et al* 2001].

Em outras palavras, o algoritmo atribui aleatoriamente os P pontos a K grupos e calcula as médias dos vetores de cada grupo. Em seguida, cada ponto é deslocado para o grupo correspondente ao vetor médio do qual ele está mais próximo. Com este novo rearranjo dos pontos em K grupos, novos vetores médios são calculados. O processo de re-alocação de pontos a novos grupos cujos vetores médios são os mais próximos deles continua até que se chegue a uma situação em que todos os pontos já estejam nos grupos dos seus vetores médios mais próximos.

A fim de analisar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre cada variável, realizou-se o teste t (LSD) em nível de 5% de probabilidade utilizando o aplicativo computacional SISVAR (Sistema de Análise de Variância).

RESULTADOS

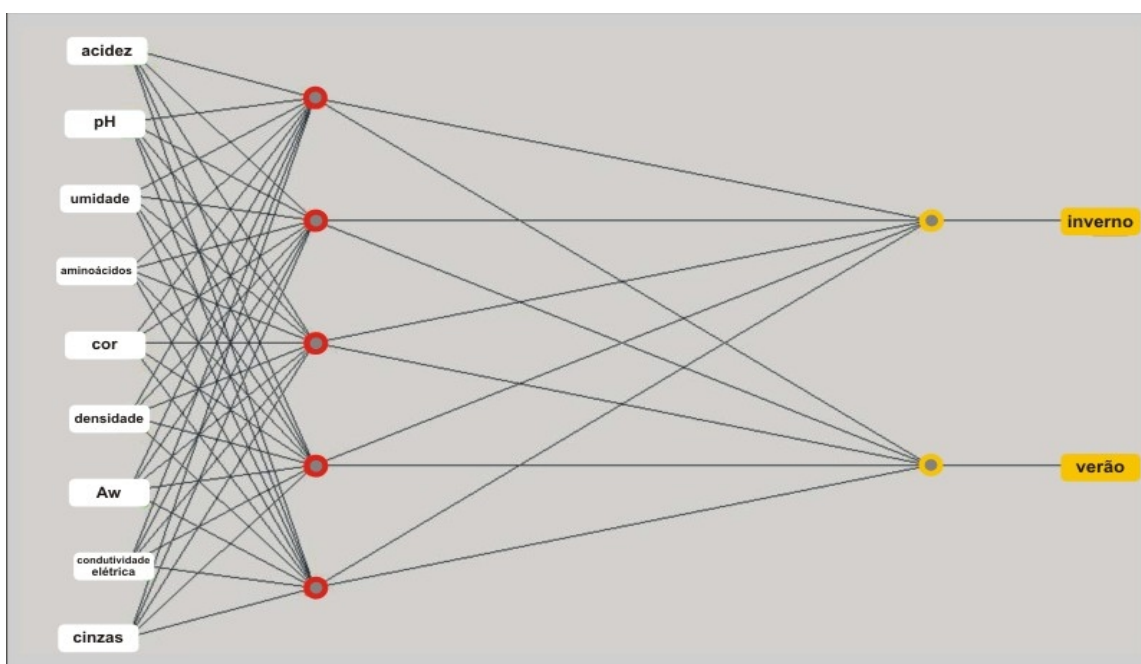
A partir dos resultados das análises físico-químicas, as amostras de méis foram agrupadas de acordo com a sua época de produção. Foi realizada a comparação entre os dois grupos pelo teste t (Tabela 1).

Com a análise de agrupamento, realizada por meio do algoritmo k -média, foi possível agrupar os dados nos dois grupos constituídos pelas amostras de méis de verão e inverno. Realizou-se o treinamento das RNA *Perceptron* multicamadas com o algoritmo *backpropagation*, com a taxa de aprendizado e o termo *momentum* respectivamente 0,2 e 0,3, adotados de maneira empírica (HAYKIN, 1999). Para o treinamento das RNA utilizou-se a ferramenta computacional Weka (WITTEN; Frank, 1999). A Figura 1 representa a arquitetura da RNA utilizada na classificação, onde as caixas brancas representam os

Tabela 1. Médias e desvios padrões das características físico-químicas dos méis de abelhas da microrregião de Campos do Jordão, nos períodos de verão e inverno e os limites referenciais da Legislação vigente (Brasil, 2000)

| Parâmetros físico-químicos | Média e desvio padrão | | Limites (BRASIL, 2000) |
|---|-----------------------|----------------|------------------------|
| | Classe verão | Classe inverno | |
| Acidez Total (meq kg ⁻¹) | 15,62 ± 2,85 | 24,31 ± 6,43** | 50 |
| pH | 4,13 ± 0,22 | 3,74 ± 0,25** | 3,3 - 4,6 |
| Umidade (%) | 19,8 ± 0,02 | 19 ± 0,02 | 20 |
| Albuminóides (mL) | 1,58 ± 0,42 | 1,32 ± 0,48 | 0,6 - 3 |
| Cor | 0,22 ± 0,75 | 0,3 ± 13,11** | - |
| Condutividade elétrica (is cm ⁻¹) | 181,47 ± 45,45 | 402 ± 65,72** | Máximo 800 |
| Cinzas (%) | 0,3 ± 0,08 | 0,28 ± 0,01 | 0,6 |

** Significativo à 5% de significância pelo teste t (LSD).

**Figura 1. Rede Neural Multicamadas utilizada na classificação das amostras de mel da microrregião de Campos do Jordão – SP, com base nos parâmetros físico-químicos**

parâmetros físico-químicos da camada de entrada (parâmetros físico-químicos) e os amarelos representam as classes (inverno e verão) da camada de saída.

De acordo com o estudo de classificação, as amostras foram divididas em duas classes (verão/inverno) com 80% de precisão. Como resultado de classificação, a RNA conseguiu uma taxa de erro médio nos conjuntos de teste de 20%. A matriz de confusão dos conjuntos de testes, representada pela Tabela 2, mostra o número de classificações corretas em oposição às classificações previstas para cada classe.

Tabela 2. Matriz de confusão do resultado da classificação das amostras de mel da microrregião de Campos do Jordão

| Estações | Inverno | Verão | Total |
|----------|---------|-------|-------|
| Inverno | 14 | 2 | 16 |
| Verão | 4 | 10 | 14 |
| Total | 18 | 12 | 30 |

DISCUSSÕES

Os resultados das análises físico-químicas das

amostras apresentaram, para cada parâmetro, intervalos de variação dentro dos limites estabelecidos na legislação brasileira e internacional (BRASIL, 2000), com exceção da densidade, que não faz parte das análises de rotina exigidas pela legislação brasileira.

A média para acidez total nas amostras analisadas durante o período do verão foi de $15,6 \pm 2,85$ meq kg⁻¹ e para o pH foi de $4,13 \pm 0,22$. Durante o período de inverno, para os mesmos parâmetros físico-químicos, foram obtidas as médias de $24,31 \pm 6,43$ e $3,74 \pm 0,25$ meq kg⁻¹. Dessa maneira, pode-se observar uma discrepância entre as médias de verão e inverno, atribuídas possivelmente às distintas origens florais das referidas estações do ano, ou seja, as amostras de inverno apresentaram uma acidez mais acentuada do que as amostras de verão.

A média do teor de umidade dos méis foi de $19,8 \pm 0,02\%$ no verão, período em que a pluviosidade é maior, segundo informações do CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, 2009), e, $19 \pm 0,02\%$ no inverno, com os resultados variando entre 18% e 20%. A média de umidade do mel da microrregião de Campos do Jordão é considerada elevada já que está bem próxima ao limite recomendado pela legislação vigente (20%). Tal resultado deve-se provavelmente ao clima da região, que, de acordo com KÖPPEN e GEIGER (1928), é classificado como subtropical de altitude, úmido a super-úmido; com precipitação média anual entre 1.600 à 1.800 milímetros.

O mel é um produto higroscópico, ou seja, absorve água muito rapidamente, principalmente sob certas condições de alta umidade relativa do ar. A higroscopicidade pode ser atribuída à presença de frutose em grandes proporções. Dessa maneira, o apicultor deve estar atento à umidade durante a extração, transporte e processamento do mel proveniente da microrregião, já que a umidade favorece condições para o crescimento de fungos responsáveis pela fermentação do produto (WHITE, 1975). A porcentagem de água do mel é dependente da origem floral da qual ele é oriundo e da umidade ambiental (ou relativa) (ESTUPIÑÁN, 1998; APARNA e RAJALAKSHMI, 1999).

A média para a quantidade de albuminóides do mel da microrregião de Campos do Jordão foi de $1,58 \pm 0,42$ mL no verão e de $1,32 \pm 0,48$ mL no inverno. Segundo CRANE (1983), a análise dos albuminóides constituintes das proteínas do mel é importante para

distinguir méis de diferentes floradas e/ou regiões. A diferença entre as médias das amostras colhidas no verão e no inverno não foi considerada estatisticamente significativa. No entanto, foi detectada pela utilização das redes neurais artificiais que agrupou as amostras em “amostras de inverno” e “amostras de verão”. Tal fato se deve provavelmente às diferentes características das duas respectivas floradas, já que, de acordo com BATH e SINGH (1999), a variação do valor de proteína no mel ocorre em função de sua origem floral.

As amostras analisadas, apresentaram cores nas duas estações do ano que variaram entre âmbar extra claro, âmbar claro e âmbar, com resultados aproximados de 34 a 114 mm na escala PFUND. Pode-se observar que durante o inverno os méis alcançaram tonalidades mais escuras ($0,3 \pm 13,1$) do que no verão ($0,2 \pm 0,75$). O fato observado se deve exclusivamente às distintas origens florais do mel nas respectivas estações do ano, já que as amostras foram recém colhidas e, portanto, não sofreram a ação do tempo de armazenamento e tampouco superaquecimento, condições que segundo CRANE (1983) podem influenciar na cor, tornando o produto mais escuro.

Segundo WHITE (1993), os teores de minerais nos méis variam de 0,02 a 1,0% do peso, estando em média na faixa de 0,17%. Dentre os fatores que influenciam o conteúdo de minerais do mel, podem ser citados a origem floral, e o tipo de clima e de solo presente na região produtora do mel (MARCHINI *et al.* 2000). Nas amostras estudadas, os minerais representam em média $0,3 \pm 0,08\%$ do peso total no verão e $0,28 \pm 0,01\%$ no inverno, diferença não significativa, o que pode indicar uma relação maior com o tipo de solo do que com a origem floral ou clima.

O mel analisado apresentou condutividade elétrica de $181,47 \pm 45,4$ 5iS cm⁻¹, no verão e de $402 \pm 65,72$ iS cm⁻¹, no inverno. Pode-se observar uma grande diferença entre as amostras colhidas nas duas estações do ano no que diz respeito à condutividade elétrica. Tal fato pode ser explicado por meio das diferentes fontes vegetais utilizadas pelas abelhas na fabricação do mel, já que, de acordo com BOGDANOV *et al.* (2004), a condutividade elétrica é uma característica importante na determinação da origem botânica.

As comunidades florísticas, próprias da Serra da Mantiqueira, são influenciadas por variações particularíssimas de fatores ecológicos abióticos na

região (ANDRADE e VIEIRA, 2006). No entanto, faltam maiores estudos sobre a flora local, em relação ao comportamento forrageiro das abelhas *Apis mellifera* L.

No presente trabalho não se realizou a análise polínica, o que poderia facilitar o entendimento sobre as diferenças entre os parâmetros físico-químicos dessas amostras nos dois períodos de produção (inverno e verão). Contudo, SCOTT e ALI (2006) afirmam que métodos mais avançados de classificação, como as Redes Neurais Artificiais, podem aperfeiçoar a eficiência das ferramentas de classificação utilizadas.

Nesse sentido, o presente trabalho demonstrou que a utilização das Redes Neurais Artificiais se revelou uma alternativa coerente para a tipificação das amostras de méis analisadas a partir da análise físico-química, uma vez que conjugou métodos analíticos e métodos estatísticos que permitiram um agrupamento cognitivo das características do produto. Tal evidência sugere que as RNAs podem ainda serem combinadas a outros métodos de caracterização, como a melissopalínologia e a análise sensorial, de méis de diferentes regiões do Brasil.

CONCLUSÕES

O mel da microrregião de Campos do Jordão apresenta características físico-químicas relacionadas aos fatores ambientais próprios do ecossistema (bióticos e abióticos), mostrando características distintas entre os méis produzidos na estação de verão e inverno, podendo essas diferenças ser percebidas em análise de redes neurais artificiais.

As Redes Neurais Artificiais demonstraram-se uma ferramenta eficiente, quando combinadas as análises físico-químicas para o agrupamento de amostras de méis de diferentes períodos de produção na microrregião de Campos do Jordão.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANDRADE, A.C.; VIEIRA, M.L. Turismo e utilização dos recursos naturais em municípios mineiros da Serra da Mantiqueira. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10., Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom>. Acesso: 19 out. 2006.

APARNA, A.R.; RAJALAKSHMI, D. Honey: its

characteristics, sensory aspects, and applications. **Food Reviews International**. London, v.15, n.4, p.455-471, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington, AOAC, 1990. 500p.

BATH, P.K.; SINGH, N. A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honeys. **Bee World**. Cardiff, v.80, n.2, p.61-69, 1999.

BOGDANOV, S.; RUOFF, K.; PERSANO ODDO, L. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: A review. **Apidologie**. London, v.35, p.4-17, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 11, de 20 de outubro de 2000. **Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel**. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/anexo_intrnorm11.htm. Acesso em: 06 jan. 2002.

CANO, C.B.; NAGATO, L.A.F.; DURAN, M.C. Açúcares e produtos correlatos. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. Brasília: ANVISA, 2005. p.321- 343.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/>. Acesso em: 07 jul. 2009.

CRANE, E. **O livro do mel**. São Paulo: Nobel. 1983. 122 p.

ESTUPIÑÁN, S. et al. Parametros de calidad de la miel II: composicion quimica. **Alimentaria**. Lisboa, nº 297, p. 117-122, 1998.

HAYKIN, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**. 2ªed. New York, US: MacMillan, 1999. 842p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

KOVACS, Z.L. **Redes neurais artificiais: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Acadêmica, 1996. 174p.

MARCHINI, L.C. et al. Minerais em amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBA, 2000. (CD-ROM)

MARCHINI, L. et al. **Mel brasileiro: composição e normas**. Ribeirão Preto: A.S. Pinto, 2004. 111p.

- MORAES, R.M.; TEIXEIRA, E.W. **Análise de mel**. Pindamonhangaba: Centro de Apicultura Tropical, 1998. 17p. (Manual Técnico)
- MORETI, A.C.C.C. et al. Características físico-químicas de amostras de méis de *Apis mellifera L.* do estado do Ceará.** Ciência e Agrotecnologia. Lavras, v.33, n.1, 2009.
- PREGNOLATO, W. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. In: PREGNOLATO, W.; PREGNOLATO, N.P. (Coords). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, v.1, 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533p.
- RAMOS, J.P.S. Redes neurais artificiais na classificação de frutos: cenário bidimensional. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.27, n.2, p.356-362, 2003.
- SCOTT, S.M.; JAMES, D.; ALI, Z. Data analysis for electronic nose system. **Mikrochimica Acta**. Ottawa: v.156, p.183-207, 2006.
- WHITE, J.W. Physical characteristics of honey. In: CRANE, E. **Honey a comprehensive survey**. London: Heinemann, 1975. p. 207-239.
- WHITE, J.W. Honey. In: GRAHAN, J.M. **The hive and the honey bee**. Illinois: Dadant & Sons, 1993. p. 871-925.
- WITTEN, I.H.; FRANK, E. **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1999. 371p.