

Modelagem fuzzy para previsão da produtividade de goiabeira ‘Paluma’ em sistema agroindustrial em função da época de poda e do estado nutricional

Nelson José Peruzzi¹, Andreia da Silva Meyer¹, Glauco de Souza Rolim¹, William Natale¹, Henrique Antunes de Souza², Luís Roberto Almeida Gabriel Filho³, Danilo Eduardo Rozane⁴, Fábio Roberto Chavarette⁵

¹FCAV, UNESP - Univ Estadual Paulista, 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil

{peruzzi, andreiameyer, rolim, natale}@fcav.unesp.br

²Embrapa/CNPC, 62010-970, Sobral, CE, Brasil

henrique.souza@embrapa.br

³UNESP - Univ Estadual Paulista, 17602-496, Tupã, SP, Brasil

gabrielfilho@tupa.unesp.br

⁴UNESP - Univ Estadual Paulista, 11900-000, Registro, SP, Brasil

daniolorozane@registro.unesp.br

⁵FEIS, UNESP – Univ Estadual Paulista, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

fabioch@mat.feis.unesp.br

Abstract. As incertezas inerentes ao processo de produção de goiaba Paluma, principalmente quando se considera a época de poda e a avaliação do estado nutricional das plantas, podem interferir nos ganhos do fruticultor, pois a adubação representa boa parte dos custos de produção. Neste trabalho, apresentamos um modelo fuzzy para estimar a produtividade da goiabeira Paluma incorporando ao modelo as incertezas nos teores foliares de NPK e a época da poda. Consideraram-se nas relações fuzzy as tabelas de suficiência dos nutrientes e a experiência dos pesquisadores e produtores. O controlador fuzzy foi bem sucedido na tarefa de prever a produtividade da goiabeira. Os resultados estimados quando comparados com os observados no campo apresentaram erro inferior a 10% para a maioria das amostras analisadas.

Keywords. *Pisidium guajava*, lógica fuzzy, produção de goiaba, nutrição de plantas

1 Introdução

Os trabalhos relacionados à nutrição de plantas muitas vezes estão atrelados a incertezas, principalmente, quando estes são executados a campo, haja vista que condições ambientais interferem no estado nutricional além de manejos intrínsecos a cultura. Em algumas culturas, como a goiabeira, o teor foliar de N é utilizado para predizer a dose a se aplicar deste nutriente: assim, avaliações extremamente pontuais podem recomendar doses aquém ou além da realidade do pomar. Esta situação pode interferir nos ganhos do fruticultor, haja vista que a adubação representa boa parte dos custos de produção. Além disso, doses excessivas de adubos, principalmente nitrogenados podem remeter a problemas ambientais.

Na avaliação do estado nutricional das plantas, estabelece-se uma comparação entre dados de uma amostra e os valores nutricionais que são considerados adequados para a cultura. Esses valores de referência são geralmente obtidos em experimentos de calibração de nutrientes, nos quais é possível controlar características genéticas e ambientais, tendo como único fator de variação o nutriente objeto de estudo [25].

Dentre as várias metodologias existentes atualmente, capazes de diagnosticar o estado nutricional das plantas, pode-se destacar o DRIS [8], o CND [11], além de outras ferramentas como o clorofilômetro. No entanto, as metodologias mais utilizadas são as faixas de suficiência e níveis críticos, por serem alternativas viáveis, científicas e capazes de inferir respostas rápidas e práticas no decorrer do desenvolvimento das lavouras.

A faixa de suficiência de um dado nutriente é uma tabela de referência para produtores, na qual os extremos de cada faixa foram definidos a partir de experimentos provenientes de manejos diferentes dos empregados comumente, tais como a poda, a irrigação e o uso intensivo de adubos. Há que se considerar, também, que as tabelas de referências são definidas em função da quantidade de nutrientes adequados para as culturas, por exemplo, para a goiabeira [14]. Portanto, é de esperar que os limitantes das faixas de suficiência dos nutrientes utilizados nas cultivares de goiaba não sejam valores exatos e, mesmo com as incertezas na determinação dos limites das faixas, a tabela de suficiência pode ser uma ferramenta útil no processo de estimação das colheitas.

Alguns autores [19] constataram que há diferenças nos padrões foliares de nutrientes quando se comparam talhões para a cultura da goiaba irrigados com os de sequeiros e, no caso específico da produção de goiabas irrigadas, ainda, [20] afirmam, ainda, que os principais parâmetros que influenciam a produção da fruta são a época de poda e os nutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K). Segundo [14] as faixas de suficiência (ideal) para teores foliares de N, P e K são 20-23; 1,4-1,8 e 14-17 g kg⁻¹, respectivamente.

Em experimentação com adubação orgânica por seis safras consecutivas, [26] verificou que a produção das goiabeiras depende da época da poda. O autor, ainda, observou que houve um decréscimo na produção de frutos em época mais amena (poda realizada entre setembro e dezembro) em relação às colheitas realizadas no período mais quente do ano (poda realizada entre janeiro e abril).

736 Nelson José Peruzzi, Andreia da Silva Meyer, Glauco de Souza Rolim, William Natale, Henrique Antunes de Souza, Luís Roberto Almeida Gabriel Filho, Danilo Eduardo Rozane, Fábio Roberto Chavarette

Em experimento de campo com nitrogênio e potássio, [7] citam que as épocas de poda/colheita da goiabeira interferem na produção de frutos e na qualidade pós-colheita ($^{\circ}\text{B}$ e pH). Estes autores avaliaram as seguintes épocas de produção verão/inverno, outono/primavera e primavera/verão-outono.

As condições climáticas durante o ciclo da planta determina sobremaneira a produtividade final. [10] salienta que os elementos meteorológicos mais críticos para a produção agrícola são normalmente a temperatura do ar, a radiação solar e a chuva.

A goiabeira, apesar de ser nativa de região tropical, vegeta e produz comercialmente, desde ao nível do mar até à altitude de 1.700 m, sendo, por essa razão, amplamente difundida em várias regiões do país. É possível encontrar pomares comerciais de goiabeira do Sul do País ao Nordeste brasileiro [18]. A temperatura não só limita, mas determina a época de produção da goiabeira. As goiabeiras sofrem danos em regiões sujeitas a geadas e ventos fortes. A quantidade de chuvas por ano não deve ser inferior a 600mm, sendo que o intervalo ideal é de 1000 a 1600mm anuais, com boa distribuição ao longo do ano. A umidade relativa, outro fator importante para o cultivo da goiabeira, pode influir tanto no aspecto fisiológico como nas condições fitossanitárias dos frutos produzidos. A faixa de umidade relativa do ar mais favorável ao cultivo da goiabeira situa-se entre 50 e 80% [12].

Sabe-se que a época de poda em goiabeiras é uma importante forma de conduzir o ciclo produtivo em condições climáticas bem distintas, permitindo a produção da fruta em praticamente todo o ano [9, 20, 23, 24]. Os autores [9] salientaram, ainda, que a goiabeira tem uma resposta imediata à época da poda existindo forte modificação na duração dos subperíodos da planta alterando diretamente a produtividade.

Devido às incertezas nas principais variáveis envolvidas no processo de produção de goiaba Paluma, isto é, a época de poda e a avaliação do estado nutricional das plantas, além do uso da faixa de suficiência dos nutrientes, nota-se que há uma certa dificuldade os especialistas para estimar a produtividade de um sistema agroindustrial de goiaba.

Uma alternativa que pode ser viável para estimar a produção da goiaba Paluma é considerar um modelo fuzzy que leve em conta as incertezas existentes neste sistema produtivo. Não foram encontrados na literatura trabalhos de modelagem com lógica fuzzy que incorporem tanto níveis nutricionais, como condições climáticas para a determinação de produtividade.

Partindo de dados de faixas de suficiência relatados na literatura e de ensaios com avaliação de teores de nutrientes por longo período de tempo com a goiabeira Paluma, este trabalho tem como objetivo modelar, através da lógica fuzzy, a produtividade de um sistema agroindustrial de goiaba Paluma, em função dos teores nutricionais foliar de nitrogênio, fósforo e potássio e da época de poda da goiabeira.

2 Desenvolvimento

Apresentaremos a seguir as principais informações sobre os procedimentos experimentais e do processo de modelagem fuzzy.

2.1 Procedimentos Experimentais

Os dados de produtividade entre 2006 e 2009 a serem analisados são procedentes de um pomar comercial de goiabeiras adultas irrigadas, com oito anos de idade, cultivar Paluma, propagadas vegetativamente. A área experimental está localizada na maior região produtora de goiabas do estado de São Paulo, município de Vista Alegre do Alto. As plantas constituem parte de um talhão comercial de goiabeiras da Indústria de Polpas e Conservas Val Ltda.

Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa subtropical com inverno curto, moderado e seco, verão quente e chuvoso, caracterizando duas estações distintas.

Foram acompanhadas as análises foliares de nitrogênio, fósforo e potássio, para tanto, a diagnose foliar foi realizada através da amostragem de folhas no 3º par de folhas recém-maduras, no auge da floração, na altura mediana das goiabeiras, seguindo as indicações de [14].

Para a avaliação da produção, coletaram-se e pesaram-se todos os frutos, durante o período de frutificação das goiabeiras, no estágio adequado para a industrialização o que corresponde ao estágio fenológico de amadurecimento de frutos (K:89) segundo [22]. Tanto a amostragem foliar quanto a mensuração de produção foram realizadas durante seis safras (entre 2006 e 2009), em que eram acompanhadas a época de poda e as épocas de safra das goiabeiras.

2.2 Modelagem Fuzzy

O processo de produção de um sistema agroindustrial de goiaba Paluma pode ser representado por uma função $f : R^{n+1} \rightarrow R$, com $y = f(\bar{x})$, onde a saída do sistema y é a produtividade de goiaba Paluma em função do vetor de entrada \bar{x} , com dimensão $n+1$, cuja primeira coordenada (x_0) é a época de poda e as demais coordenadas (x_1, \dots, x_n) indicam o estado nutricional da planta para n nutrientes avaliados, Fig. 1.

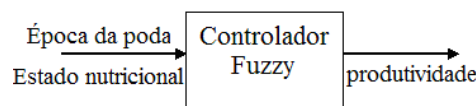


Fig. 1. Esquema do modelo fuzzy para o sistema de produção da goiaba Paluma.

De acordo com [26] a produção de goiaba é influenciada pela época onde a poda foi realizada e [19] mostraram que os nutrientes que mais tem influência sobre a pro-

dução de goiaba são o Nitrogênio (N), o Fósforo (P) e o Potássio (K). Portanto, é possível obter uma estimativa da produtividade de goiaba Paluma em função de quatro parâmetros de entrada época da poda e os nutrientes NPK. Assim, o processo de produção da goiaba pode ser representado na forma simplificada como: $f : R^4 \rightarrow R$, onde o vetor dos parâmetros $x = (x_0, x_1, x_2, x_3)$ e a respectiva produtividade de goiaba Paluma y são conhecidos, mas não se tem uma expressão matemática explícita $f(x)$ que relaciona a época da poda e o estado nutrientes NPK da planta com a produtividade de goiaba observada ($y = y_{obs}$) devido a complexidade do processo de produção e das incertezas nas avaliações do estado nutricional do pomar.

Por outro lado, a partir das tabelas de suficiência dos nutrientes e a experiência do trabalho no campo, os pesquisadores e os produtores reconhecem que existe alguma relação no processo de produção entre o vetor de parâmetros de entrada (x) e a produtividade de goiaba observada (y_{obs}). Estas relações são geralmente descritas através de termos linguísticos, como por exemplo:

Quando o inverno é brando e pouco chuvoso e o verão é longo e úmido a goiabeira apresenta ótimo desenvolvimento [12].

Se o estado nutricional da planta é ideal a produção será ótima [14].

Se o estado nutricional da planta é deficiente para nitrogênio e ideal para fósforo e potássio a produção será ruim [13].

Se a poda das plantas ocorrer no período de temperaturas mais amenas (inverno) a produção será boa [26].

Se a poda das plantas ocorrer no período de temperaturas mais altas (verão) a produção será razoável [26].

Os termos linguísticos encontrados na literatura para explicar o processo de produção agroindustrial de goiaba Paluma formam um conjunto de regras que relacionam, verbalmente, o estado nutricional das plantas na época início do processo de produção e a produtividade obtida.

A lógica fuzzy é uma ferramenta eficiente para modelar as incertezas presentes no processo de produção industrial de goiaba Paluma e o conjunto de regras linguísticas pode ser usado no processo de estimação da produção. Um modelo fuzzy esquemático para predição da produtividade da goiaba Paluma (y_{pred}), em função do vetor de parâmetros (x), é mostrado na Fig. 2.

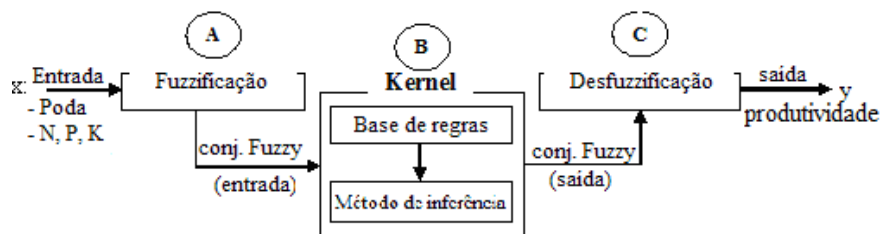


Fig. 2. Esquema do modelo fuzzy para a predição da produtividade da goiaba Paluma.

O processo de fuzzificação (Fig. 2, parte A), transforma os valores da variável de entrada (variável crisp) para a linguagem usual. Especificamente, para o processo de produção da goiaba Paluma, a época da poda e os valores nutricionais de NPK foram classificadas qualitativamente, em termos linguísticos com base no conhecimento dos especialistas e nas faixas de suficiência e, quantitativamente, atribuindo-se um grau de compatibilidade aos termos linguísticos, através de funções de pertinência triangular e trapezoidais.

Os conjuntos de números reais [a,b,c] e [a,b,c,d] são os parâmetros das funções de pertinência triangular e trapezoidal, respectivamente, definidas por:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & x \in [a,b) \\ \frac{c-x}{c-b}, & x \in [b,c) \\ 0, & x \geq c \end{cases} \text{ para o caso triangular e } \mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & x \in (a,b) \\ 1, & x \in [b,c] \\ \frac{x-d}{c-d}, & x \in (c,d) \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \text{ para o caso trapezoidal}$$

trapezoidal, onde os extremos desses conjuntos foram definidos a partir do domínio das variáveis linguísticas.

O kernel (Fig. 2, parte B) é o núcleo do controlador fuzzy e é formado pela base de regras e por um método de inferência. A base de regras descreve as relações entre as variáveis de linguísticas de entrada e de saída do sistema de produção da goiaba Paluma.

Todas proposições da base de regras do modelo de predição da produção agroindustrial de goiaba Paluma são da forma (modus ponens Fuzzy):

$$[(SE \text{ data da poda } \acute{E} D_i) \text{ e } (SE \text{ nitrogênio } \acute{E} N_i) \text{ e } (SE \text{ fósforo } \acute{E} P_i) \text{ e } (SE \text{ potássio } \acute{E} K_i)] \text{ ENTÃO (produtividade } \acute{E} P_d_i).$$

onde, D_i , N_i , P_i e K_i representam os valores linguísticos dos conjuntos Fuzzy de entrada data de poda, nitrogênio, fósforo e potássio e P_d_i representa o valor linguístico do conjunto Fuzzy de saída produtividade.

O método de inferência fuzzy une cada uma das proposições da base de regras, por meio de operações lógicas que obedecem as leis do cálculo proposicional, para simular o processo de dedução humana e produzir uma variável fuzzy de saída. No processamento das proposições da base de regras no processo de proposição da goiaba Paluma foi usado o método de inferência de Mamdani.

A defuzzificação (Fig. 2, parte C) transforma o conjunto fuzzy de saída, que foi obtido em B, em um número real y . No processo de produção de goiaba Paluma fuzzy o valor de saída y é uma estimativa da produção da goiaba Paluma. Os resultados das análises deste trabalho são baseados no método de defuzzificação *Centro de gravidade* [1, 2, 3, 4,5] e as implementações computacionais foram realizadas no software (Matlab 6.1, The Mathworks Inc., Natick, MA).

2.3 Aproximação fuzzy

740 Nelson José Peruzzi, Andreia da Silva Meyer, Glauco de Souza Rolim, William Natale, Henrique Antunes de Souza, Luís Roberto Almeida Gabriel Filho, Danilo Eduardo Rozane, Fábio Roberto Chavarette

Na modelagem fuzzy, os termos linguísticos das variáveis de entrada (época da poda e estado nutricional de NPK) e de saída (produção da goiaba Paluma) foram classificados em categorias e os respectivos graus de compatibilidade foram determinados por funções de pertinência triangular e trapezoidal. As Tabelas 1 e 2 apresentam os conjuntos fuzzy de entrada e de saída e as respectivas funções de pertinência usada no processo de modelagem do sistema de produção da goiaba Paluma.

Tabela 1. Termos linguísticos dos conjuntos Fuzzy de entrada

| Época da poda – D_i (mês) | | Nitrogênio – N_i (g kg⁻¹) | |
|---|----------------------|--|--------------------|
| Quente 1 | [0, 0, 2.5, 3.5] | Deficiente | [10, 10, 15, 18] |
| Ameno 1 | [1.5, 3.5, 4, 5.5] | Quase Ideal | [15, 18, 21.5] |
| Frio | [4, 5.5, 7.5, 9] | Ideal | [18, 21.5, 25] |
| Ameno 2 | [7.5, 9, 9.5, 11] | Excesso | [21.5, 25, 30, 30] |
| Quente 2 | [9.5, 11, 13, 13] | | |
| P – P_i (g kg⁻¹) | | K – K_i (g kg⁻¹) | |
| Deficiente | [0.5, 0.5, 1.2, 1.6] | Deficiente | [5, 5, 8.5, 12] |
| Ideal | [1.2, 1.6, 2] | Quase Ideal | [9, 12, 15] |
| Excesso | [1.6, 2, 2.5, 2.5] | Ideal | [12, 15, 17, 19] |
| | | Excesso | [17, 19, 25, 25] |

Tabela 2. Termos linguísticos do conjunto Fuzzy de entrada

| Produtividade – P_i (ton ha⁻¹) | |
|---|--------------------|
| Péssimo | [10, 10, 25, 35] |
| Ruim | [25, 35, 45] |
| Razoável | [35, 45, 55] |
| Boa | [45, 55, 65] |
| Ótima | [55, 65, 75] |
| Excelente | [65, 75, 110, 110] |

3 Resultados

As simulações do modelo fuzzy para estimar a produtividade de goiabeira Paluma foram realizadas sob as mesmas condições de pomar com fins agroindustrial de goiaba da região de Vista Alegre do Alto – SP. Os valores das produtividades estimadas pelo modelo fuzzy foram comparados com os resultados publicados recentemente na literatura por [21] e [6]. Ambos os trabalhos utilizados para avaliação são de pomares irrigados.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da comparação do controlador fuzzy para os teores de NPK e época de poda com os de [21]. Segundo [14] nas primeiras quatro amostras analisadas os teores de N estarão fora da faixa considerada ideal (de-

ficiente). Para os teores P a segunda, quarta, sexta e sétima amostras estão fora da zona de suficiência e para os teores de K tem-se que a terceira e a última amostra estão fora da faixa ideal.

Verifica-se de maneira geral que os valores das produtividades obtidos no campo por [21] e na simulação do modelo fuzzy estão relativamente próximos. Comparando-se os resultados observa-se que o controlador fuzzy estimou satisfatoriamente a produtividade em sete das oito amostras analisadas. Nota-se ainda que 83% das estimativas de produtividade feitas pelo controlador tem erro inferior a 10%.

Tabela 3. Produtividade de goiaba Paluma obtida por [21] e pelo controlador fuzzy em função da época de poda e do estado nutricional das plantas.

| | Época de poda | Estado nutricional | | | Produtividade | | Diferença |
|---|---------------|-------------------------------|-----|----|------------------------------|-------|-----------|
| | | N | P | K | Campo | Fuzzy | |
| | Mês | ----- g kg ⁻¹ ---- | | | ---ton ha ⁻¹ ---- | | % |
| 1 | Out | 17 | 1,4 | 15 | 37 | 43 | 16,2 |
| 2 | Nov | 18 | 1,9 | 17 | 40 | 42,1 | 5,3 |
| 3 | Nov | 16 | 1,2 | 13 | 26 | 27,3 | 5,0 |
| 4 | Set | 18 | 2 | 17 | 64 | 65 | 1,6 |
| 5 | Jul | 22 | 1,4 | 18 | 78 | 79 | 1,3 |
| 6 | Mai | 20 | 1,4 | 16 | 77 | 70,8 | 8,1 |
| 7 | Ago | 20 | 2,1 | 15 | 61,5 | 65 | 5,7 |
| 8 | Dez | 20 | 2,3 | 19 | 58 | 60,6 | 4,5 |

Na Tabela 4 os resultados da produtividade obtidas no campo por Amorim et al. (2011b) e pelo controlador fuzzy, para seis diferentes níveis nutricionais de NPK e épocas de poda, são comparados. Segundo [14], para as amostras um, três e seis, dadas na Tabela 4, o teor de N não se encontra dentro da faixa adequada; para P somente está fora da faixa ideal a amostra dois e para K somente a amostra quatro está fora da zona de suficiência.

Assim como observado na comparação entre os dados de [21] entre o controlador fuzzy, o resultado da comparação entre os valores da produtividade obtida pelo controlador e por [7] mostrou-se satisfatório. De fato, verifica-se que os valores das produtividades obtidos no campo por [7] e estimados na simulação do modelo fuzzy estão relativamente próximos. Os resultados observados e estimados pelo modelo nota-se que o controlador fuzzy foi bem sucedido em cinco das seis amostras estudadas e dois terços das estimativas de produtividade feitas pelo controlador tem erro inferior a 10%.

Tabela 4. Produtividade de goiaba Paluma obtida por [7] e pelo controlador fuzzy em função da época de poda e do estado nutricional das plantas.

742 Nelson José Peruzzi, Andreia da Silva Meyer, Glauco de Souza Rolim, William Natale, Henrique Antunes de Souza, Luís Roberto Almeida Gabriel Filho, Danilo Eduardo Rozane, Fábio Roberto Chavarette

| | Época de poda | Estado nutricional | | | Produtividade | | Diferença |
|---|---------------|-------------------------------|-----|----|------------------------------|-------|-----------|
| | | N | P | K | Campo | Fuzzy | |
| | Mês | ----- g kg ⁻¹ ---- | | | ---ton ha ⁻¹ ---- | | % |
| 1 | Set | 15 | 1,6 | 15 | 39,1 | 45,0 | 15,1 |
| 2 | Set | 20 | 1,2 | 14 | 64,1 | 55,9 | 12,8 |
| 3 | Dez | 17 | 1,7 | 15 | 39,3 | 38 | 3,3 |
| 4 | Dez | 20 | 1,6 | 13 | 54,8 | 50,4 | 8,0 |
| 5 | Fev | 22 | 1,5 | 15 | 73,6 | 72,3 | 1,8 |
| 6 | Fev | 18 | 1,7 | 15 | 61,3 | 57,9 | 5,5 |

Ressalta-se ainda, que modelos de previsão de safra considerando teor de nutrientes, emprego da época de poda não existem para a cultura da goiaba, portanto, os resultados do controlador fuzzy para estimar a produtividade de goiaba Paluma o presente trabalho pode ser considerado uma primeira aproximação bem sucedida.

4 Conclusão

Este trabalho modelou e estimou a produtividade de um sistema agroindustrial de goiabeira Paluma em função da época de poda e dos níveis nutricionais foliares de nitrogênio, fósforo e potássio da goiabeira.

Os modelos de previsão de safra considerando teor de nutrientes e emprego da época de poda não existem para a cultura da goiaba portanto os resultados do controlador fuzzy para estimar a produtividade de goiaba Paluma podem ser considerados uma primeira aproximação bem sucedida para este sistema produtivo.

O controlador fuzzy para estimar a produtividade de goiaba Paluma mostrou-se um modelo intermediário entre o praticado pela agroindústria e o idealizado academicamente em experimentos. De fato, há que se considerar que vários fatores (Ca, Mg, S, pragas, doenças e micronutrientes), que não foram considerados no modelo fuzzy, podem interferir nos resultados no campo.

5 Referências

1. Barros, L. C. and Bassanezzi, R. C. (2001) Tópicos de lógica *Fuzzy* e biomatemática. 1 ed., 354 p. (Campinas, IMECC/UNICAMP).
2. Cox, E. (1994) *The Fuzzy Systems Handbook: a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems.* 615p. (New York: Academic Press).
3. KLIR, G. J.; YUAN, B. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications.* New Jersey: Prentice Hall PTR, 1995.
4. Pedrycz, W. and Gomide, F. (1998) *An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design.* 465p. (Massachusetts: MIT press).
5. Pedrycz, W. and Gomide, F. (2007) *Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing.* 526p. (New Jersey: John Wiley & Sons).

6. AMORIM, D.A.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; NATALE, W. Efeito da estação do ano na produtividade e qualidade da goiaba 'Paluma' destinada à industrialização. In: Simpósio Internacional de Fucultura, 1, Campinas, 2011. Anais... Campinas: IAC, 2011a.
7. AMORIM, D.A.; NATALE, W.; SOUZA, H.A.; ROZANE, D.E.; MODESTO, V.C.; HERNANDES, A. Estado nutricional de goiabeiras 'Paluma' submetidas à adubação nitrogenada e potássica. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, Uberlândia, 2011. Anais... Uberlândia: UFU/SBCS, 2011b.
8. BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).
9. HOJO, R.H.; CHALFUN, N.N.J.; HOJO, E.T.D.; SOUZA, H.A.; PAGLIS, C.M.; SÃO JOSÉ, A.R. Caracterização fenológica da goiabeira 'Pedro Sato' sob diferentes épocas de poda. Rev. Bras. Frutic., 29: 20-24, 2007.
10. HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. Agricultural and Forest Meteorology, v. 103, n. 1-2, p. 137-157, 2000.
11. PARENT, L.E. & DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 117:239-242, 1992.
12. PEREIRA, F.M.; MARTINEZ JR., M. Goiabas para industrialização. Jaboticabal: Legis Suma, 1986. 142p.
13. NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; PEREIRA, F.M.; BOARETTO, A.E.; OIOLI, A.A.P.; SALES, L. Adubação nitrogenada na cultura da goiabeira. Rev. Bras. Frutic., 17: 7-15, 1995.
14. NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; BOARETTO, A.E.; PEREIRA, F.M. Goiabeira: calagem e adubação. Jaboticabal: FUNEP, 1996a. 22 p.
15. NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; BOARETTO, A.E.; PEREIRA, F.M.; OIOLI, A.A.P.; SALES, L. Nutrição e adubação potássica na cultura da goiabeira. Rev. Bras. Cien. Solo, 20: 247-250, 1996.
16. NATALE, W. ; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; CENTURION, J. F. Resposta da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma em formação à adubação fosfatada. Rev. Bras. Frut., 23: 92-96, 2001.
17. NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. Rev. Bras. Cien. Solo, 31: 1.475-1.485, 2007.
18. NATALE, W. Adubação, nutrição e calagem na goiabeira. In: NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; AMORIM, D. A. Cultura da goiaba do plantio à comercialização. Jaboticabal: FCAV/Capes/CNPq/FAPESP/Fundunesp/ SBF, 2009. v. 1. p. 257-280.
19. ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; BARBOSA, J.C. Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional de goiabeiras com e sem irrigação. Rev. Bras. Eng. Agrí. Ambient., 13: 233-239, 2009a.
20. ROZANE, D. E.; BRUGNARA, V.; SOUZA, H. A.; AMORIM, D. A. Condução, arquitetura e poda da goiabeira para 'mesa' e/ou 'indústria'. In: NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; AMORIM, D. A. Cultura da goiaba do plantio à comercialização. Jaboticabal: FCAV/Capes/CNPq/FAPESP/Fundunesp/ SBF, 2009b. v. 2. p. 429-470.

744 Nelson José Peruzzi, Andreia da Silva Meyer, Glauco de Souza Rolim, William Natale, Henrique Antunes de Souza, Luís Roberto Almeida Gabriel Filho, Danilo Eduardo Rozane, Fábio Roberto Chavarette

21. ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. La población de referencia et le diagnostic de la composition nutritionnelle (CND) du goyavier (*Psidium guajava* L.) 'Paluma' au Brésil. In : Congrès Association Québécoise de Spécialistes en Sciences du Sol e da Canadian Society of Soil Science, Québec, 2012. Annales... Québec: AQSSS, 2012.
22. SALAZAR, D.M.; MELGAREJO, P.; MARTINEZ, R.; MARTINEZ, J. J.; HERNANDEZ, F.; BURGUERA, M. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, 108: 157-161, 2006.
23. SERRANO, L.A.L.; MARINHO, C.S.; RONCHI, C.P.; LIMA, I.M.; MARTINS, M.V.V.; TARDIN, F.D. Goiabeira 'Paluma' sob diferentes sistemas de cultivo, épocas e intensidades de poda de frutificação. *Pesq. Agrope. Bras.*, 42:785-792, 2007
24. SERRANO, L.A.L.; MARINHO, C.S.; LIMA, I.M.; MARTINS, M.V.V.; RONCHI, C.P.; TARDIN, F.D. Fenologia da goiabeira 'Paluma' sob diferentes sistemas de cultivo, épocas e intensidades de poda de frutificação. *Bragantia*, v. 67, n. 3, p. 701-7012, 2008.
25. SILVA, M. A. C. Importância dos critérios de amostragem. In: Prado, R. M.; Rozane, D. E.; Vale, D. W.; Correia, M .A. R.; Souza, H. A. (ed.). *Nutrição de plantas diagnose foliar em grandes culturas*. Jaboticabal: FCAV/Capes/FUNDUNESP, 2008. p.61-82.
26. SOUZA, H. A. Uso agrônômico do subproduto da indústria processadora de goiabas. 2011. 238 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.