

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS, DEFICIÊNCIAS E NEMATÓIDES DO CAFEIEIRO*

PINTO, A.C.S.¹; POZZA, E.A.¹; CHALFOUN, S.M.² e TIMÓTEO, G.T.S.³

¹DFP/UFLA; ²EPAMIG/UFLA; ³DCC/UFLA; C.P. 37, 37200-000, Lavras-MG; <acspinto@ufla.br>

RESUMO: Um sistema especialista (SE) foi construído para diagnóstico de doenças, deficiências, pragas e nematóides do cafeeiro, com objetivo de adquirir e organizar conhecimento, dar suporte a extensionistas na tomada de decisões e auxiliar no ensino de graduação. Para construção da base de conhecimento, foram consultados três especialistas em fitopatologia, um em entomologia e outro em nutrição mineral. O sistema, denominado “Doctor Coffee”, contém 229 regras, 182 fotos e abrange 13 doenças, 8 deficiências nutricionais, 9 pragas, 4 espécies de nematóides e 12 desordens fisiológicas e danos diversos. A interface foi desenvolvida em Delphi®, e, ao chegar ao diagnóstico, o sistema disponibiliza fotografias e informações sobre o manejo aplicável à causa relacionada. A avaliação foi dividida em: verificação, validação e análise de sensibilidade. Na verificação, avaliou-se a lógica interna do programa, sendo consultados 10 especialistas. As médias de acerto foram de 70% e 91%, sem e com o uso do sistema, respectivamente. Para validação, 10 diferentes distúrbios foram diagnosticados por 30 usuários, de três diferentes níveis de conhecimento. O índice de acerto dos usuários foi de 35,7%, e do SE, de 96,7%. Na análise de sensibilidade, um grupo de cinco estudantes realizou diagnose sem ter acesso ao SE, e outro, após utilizá-lo duas vezes. A média de acerto foi de 40% e 80%, para os que usaram nenhuma e duas vezes, respectivamente. Os resultados obtidos na avaliação demonstram a possibilidade de utilização de SEs como ferramenta de apoio à decisão para diagnose de doenças e no ensino de sintomatologia e diagnose para alunos.

Palavras-chave: inteligência artificial; epidemiologia, *Coffea arabica*.

A SPECIALIST SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF DISEASE, DEFICIENCIES AND NEMATODES IN COFFEE PLANTATIONS

ABSTRACT: An expert system (ES) was constructed for diagnosis of diseases, deficiency, pest and nematodes of coffee, with the objective to acquire and to organize knowledge, to give supported extensionist people in taking decisions and to assist in the graduation education. For construction of the knowledge base three specialists in phytopathology, one in entomology and another in mineral nutrition had been consulted. The system, called " Doctor Coffee ", contains 229 rules, 182 photos and

encloses 13 diseases, 8 nutrition deficiencies, 9 pest, 41 species of nematodes and 12 physiological disorders and diverse damages. The interface was developed in Delphi® and when getting at the diagnosis, the system shows photographs and information on handling applicable measure to the related cause. The evaluation was divided in verification, validation and analysis of sensitivity. In the verification, it was evaluated the intern logical of the program, being consulted 10 specialists. The rightness averages had been of 70% and 91%, without and with the use of the system, respectively. For validation, 10 different riots had been diagnosed by 30 users, of three different levels of knowledge. The index of rightness of the users was of 35,7% and of ES, 96,7%. In the sensitivity analysis a group of five students, carried through diagnose without having access to ES and the other after to use it two times. The rightness average was of 40% and 80% for those that had used none and two times, respectively. The results gotten in the evaluation demonstrate the possibility of use of SE's as bracket tool the decision for diagnose of diseases and in the education of symptomatology and diagnose for students.

Key words: artificial intelligence; epidemiology, *Coffea arabica*.

INTRODUÇÃO

Desde a descoberta pelo homem, o café assumiu importante papel na economia e na vida dos povos que o cultivaram. O Brasil tem no mínimo 1.700 municípios cafeeiros, 2,8 milhões de hectares plantados e aproximadamente 10 milhões de pessoas envolvidas direta ou indiretamente com o café, tendo exportado, em 1999, 23 milhões de sacas (Mendes & Guimarães, 1997; Agriannual, 2001). O parque cafeeiro do Brasil é constituído por cerca de quatro bilhões de plantas suscetíveis a um grande número de doenças, as quais podem causar diversos níveis de perda (Mansk, 1990; Zambolim et al., 1997). O aparecimento de novas doenças e também de novas condições de manejo, como a irrigação e o adensamento, as quais causam grande variabilidade nos sintomas das doenças, dificultam a diagnose, mesmo para pessoas bem treinadas. Para a diagnose de doenças, o conhecimento pode estar disponível aos agricultores na forma de livros, apostilas, fitas de vídeo e também na forma de programas de computador (Travis & Latin, 1991). Nos últimos anos, na área de informática, técnicas de inteligência artificial aplicadas à agricultura foram desenvolvidas, principalmente referentes ao manejo de culturas para controlar pragas e doenças (Edward-Jones, 1992); dentre essas, uma técnica capaz de oferecer recursos para tratar de forma eficiente o conhecimento são os sistemas especialistas (SEs). Esses sistemas usam o conhecimento e simulam a lógica da decisão para resolver problemas de difícil solução, somente resolvidos por especialistas (Harmon & King, 1985; Turban, 1995).

Na área de fitopatologia são vários os exemplos de SEs desenvolvidos para diagnose e manejo de doenças em diversas culturas. O MORECROP (Managerial Options for Reasonable Economical Control of Rust and Other Pathogens) foi desenvolvido por Cu & Line (1994) para apoiar a previsão e o manejo da ferrugem e de outras 15 doenças na cultura do trigo na região noroeste dos Estados Unidos. Para o manejo de doenças em videiras na região norte dos Estados Unidos, fitopatologistas desenvolveram o SE VITIS, o qual leva em consideração as diferenças regionais em relação ao clima, a ocorrência de doenças e a restrição do uso de pesticidas (Travis et al., 1994). Yialouris et al. (1997) desenvolveram o VEGES, um SE para diagnose de doenças, pragas e distúrbios nutricionais em seis vegetais cultivados em casa de vegetação, na área do Mediterrâneo, o qual possui um módulo de tradução de linguagem, permitindo a utilização em diferentes países.

No Brasil, alguns SEs foram desenvolvidos para manejo de áreas florestais, como o BRAMA (Lima e Arvanitis, 1994), um SE interativo que simula situações de manejo e plantio para produção de madeira na região Amazônica. Fernandes et al. (1996), utilizando um protótipo, demonstraram a viabilidade e a eficiência do SE em processos de planejamento e desenho de sistemas agroflorestais. Pivello & Norton (1996) desenvolveram um SE para o correto manejo das queimadas em áreas de cerrado, o FIRETOOL. Para a pecuária, Souki et al. (1998) desenvolveram o PROFIT 2.0, um SE desenvolvido em Delphi para auxiliar no manejo de rebanhos, processos de reprodução, diagnoses de gestação e parto, controles de produção, além de oferecer gráficos e tabelas que permitem a comparação das atividades ano a ano, sob diferentes perspectivas. O TomEx, um SE para diagnóstico de doenças do tomateiro desenvolvido por Pozza (1998), é, até o momento, o único exemplo de aplicação dessa tecnologia na área de fitopatologia no Brasil. O SE completo apresenta uma interface amigável com o usuário, contém 78 perguntas, 87 fotografias, 116 regras e possibilita acessar um menu de ajuda. Ao chegar ao diagnóstico, o usuário terá disponível fotografias dos sintomas, breve descrição da doença e o nível de confiança depositado na resposta.

Pelo exposto, pode-se afirmar que o conhecimento acumulado em diagnose e manejo de doenças e fitonematóides pode ser extraído dos pesquisadores e organizado de forma a disponibilizá-lo para usuários de forma simples e rápida, por meio de um sistema especialista. Assim, os objetivos deste trabalho foram: construção de uma base de conhecimentos para diagnose e manejo de doenças bióticas e abióticas, incluindo os fitonematóides; desenvolvimento e avaliação de um sistema especialista; e incorporação na base de conhecimentos de novas estratégias de manejo de doenças e nematóides.

MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento do SE, foram utilizadas três fases distintas: desenvolvimento do protótipo; desenvolvimento do SE completo; e avaliação. O sistema especialista foi desenvolvido no Departamento de Fitopatologia (DFP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em ambiente PC, em um computador pessoal equipado com processador Intel Pentium II[®] de 350 Mhz, HD de 4,8 Gb, 128 Mb de memória RAM, monitor SVGA, placa de vídeo Sis620 e placa de captura de imagem Pixel Viem. Para construção do sistema e da interface foram utilizados os programas EXSYS PROFESSIONAL[®], versão 5.0, e o DELPHI[®] versão 5.0 client/server, respectivamente. O conhecimento foi adquirido por meio de entrevistas, com três especialistas na área de fitopatologia, um especialista na área de entomologia, um na área de nematologia e um na área de nutrição mineral, empregando-se, com adaptações, a metodologia desenvolvida por Evans (1988) e Firlej & Helens (1991). O conhecimento adquirido foi organizado de forma hierárquica, dividido em módulos e em submódulos e codificado por meio de regras, compiladas no programa Exsys[®]. Ao mesmo tempo, foi construída uma base de dados com fotografias de sintomas de doenças do cafeeiro. A árvore de conhecimento obtida na última versão do protótipo foi utilizada para o desenvolvimento do SE, empregando-se a programação em Delphi[®]. Foram incorporados ao programa as fotografias, o glossário de termos técnicos específicos em fitopatologia e em fitotecnia, informações sobre as causas relacionadas aos distúrbios identificados, inclusive de manejo, o comando de ajuda *on-line*, orientando sobre a utilização do sistema, histórico da cultura do café, fotos e informações das estruturas dos patógenos, filmes explicativos sobre como preparar calda bordalesa e como realizar o teste de exudação em gotas para bactérias. Para a avaliação do sistema, foram realizadas a verificação, a validação e a análise de sensibilidade, segundo as metodologias citadas por Geissman & Schultz (1988) e Harrison (1991), com modificações, segundo os cenários avaliados. Na verificação, o SE foi submetido a uma análise, utilizando-se formulários, por dez especialistas em cafeicultura, da UFLA e de outras instituições. Para esse fim, foram montados dez cenários com fotografias.

Os especialistas realizaram o diagnóstico e também a sugestão de manejo e imediatamente inicializaram o programa até obter a resposta acompanhada do nível de confiança. As críticas, sugestões e o número de acertos do especialista e do programa foram catalogados, analisados e posteriormente embasaram modificações no programa. A validação foi realizada com três grupos, de diferentes níveis do conhecimento (10 pessoas/grupo): estudantes de graduação em agronomia que cursaram a disciplina Fitopatologia II, engenheiros-agrônomo, estudantes de pós-graduação em fitopatologia; e engenheiros-agrônomo, estudantes de pós-graduação em outras áreas, com experiência na área agrícola e pouco ou nenhum conhecimento em doenças do cafeeiro. Cada um dos grupos analisou dez doenças (bióticas ou abióticas), previamente identificadas. O formulário e o procedimento do teste foram os mesmos utilizados na verificação. Para a análise de sensibilidade,

cinco alunos do grupo de estudantes de pós-graduação em fitopatologia utilizaram o sistema uma segunda vez. A porcentagem de acerto do SE para diagnose e manejo de doenças do cafeeiro na validação e na verificação foi submetida ao teste de qui-quadrado:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Fo_i - Fe_i)^2}{Fe_i}$$

em que

Fo_i = freqüência observada ou porcentagem de acerto do SE; e

Fe_i = freqüência esperada (90% de acerto).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento necessário para o desenvolvimento do SE, adquirido por meio de entrevistas e consulta em literatura específica, foi organizado de forma hierárquica, em fluxogramas. A fase de aquisição do conhecimento é considerada a mais complexa no desenvolvimento de um SE e torna-se menos traumática quando o entrevistador é da mesma área de conhecimento do especialista (Edward-Jones, 1992,1993; Pozza, 1998). O sistema foi dividido em três módulos, de acordo com o estágio da cultura: mudas viveiro, formação de lavoura e plantas em produção, sendo cada um desses divididos em outros submódulos. A divisão em módulos, de acordo com o raciocínio do especialista, foi utilizada em diversos SEs para diagnóstico de doenças e tem como principal objetivo facilitar o desenvolvimento do sistema. Assim, o TomEx desenvolvido por Pozza (1998) foi dividido em módulos de acordo com o órgão da planta, em folhas e/ou ramos, fruto e raiz. No SE para identificar doenças na cultura do arroz, desenvolvido por Sánches et al.(1993), para divisão em módulos e submódulos foram considerados estágio fenológico da planta, órgão ou parte afetada, sintoma geral e sintoma específico. Após a organização do conhecimento, este foi codificado em regras, empregando o programa Exsys®. O conhecimento foi organizado e codificado em 229 regras e 85 perguntas, abrangendo 13 doenças, 9 pragas, 8 deficiências nutricionais, as 4 principais espécies de nematóides e 12 desordens fisiológicas e danos diversos. Para auxiliar no diagnóstico, as regras basearam-se em atributos relacionados à doença (cor, tamanho e forma das lesões, por exemplo), ao ambiente (umidade, temperatura, vento, entre outros) e a práticas agrônômicas (aclimatação, aplicação de defensivos, adubações, entre outras), como nos seguinte exemplos:

Regra nº 28

SE as plantas com sintomas encontram-se na fase de mudas no viveiro,

E os sintomas nas folhas,

E ocorrem folhas com lesões circulares de coloração pardo-clara a marrom-escura com centro claro,

E o substrato apresenta pouca matéria orgânica,

ENTÃO a doença é a Mancha-de-Olho-Pardo, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora coffeicola*, com um fator de confiança de 90%.

A árvore de conhecimento obtida na última versão do protótipo foi utilizada para o desenvolvimento do SE completo, com a interface em ambiente Windows, por meio da programação em Delphi®. O sistema passou a ser denominado “Doctor Coffee”. Para tornar mais curto o caminho percorrido do início ao resultado da diagnose, foram colocadas de duas a cinco opções em uma mesma tela. Com o objetivo de tornar a interface o mais amigável possível e aumentar o nível de certeza do usuário, nessa fase foram incorporadas ao sistema fotografias coloridas dos diversos sintomas, num total de 180. As fotografias são apresentadas com a descrição dos atributos empregados para a diagnose. A maioria das opções contém mais de uma foto, acessadas por barra de rolagem. A utilização de maior número de fotografias e a apresentação destas associadas às opções auxiliam o entendimento dos conceitos e diminuem a margem de erros (Pozza, 1998).

Com o propósito de facilitar as ações do usuário ao utilizar o programa, alguns artifícios foram incorporados. Assim, foram acrescentados o histórico, recurso que exibe na parte inferior da tela todas as perguntas e respostas utilizadas até chegar à diagnose; a opção de voltar à pergunta anterior; o glossário de termos técnicos empregados; a barra de ferramentas, para permitir rápido acesso a algumas opções; o sistema de ajuda ao usuário; a lista de doenças; e o módulo de fotografias de estruturas de alguns patógenos. Nessa fase foi incluído o módulo de informações sobre o agente diagnosticado e de manejo. No caso de doenças, o módulo incluiu também informações sobre etiologia e epidemiologia. Nos SEs desenvolvidos para o diagnóstico de doenças, normalmente são incluídas informações sobre manejo, como ocorre no programa Tomex (Pozza, 1998), no MORECOP (Cu & Line, 1994) e no VITIS (Travis et al., 1994). Esse é um recurso importante, por permitir ao usuário obter informações sobre as medidas para o correto manejo, de acordo com a causa diagnosticada. Na verificação, realizada por consultas a dez especialistas de diferentes setores da cafeicultura, obteve-se acerto de 91% dos diagnósticos pelo sistema especialista enquanto os especialistas acertaram 70%.

Praticamente não há relatos, na literatura, da fase de verificação dos programas desenvolvidos na área de fitopatologia. Uma exceção é o TomEx (Pozza, 1998), cujo índice de acerto, nessa fase, foi praticamente igual ao obtido aqui: 91,4% contra 86,7% dos especialistas. Os maiores erros do sistema ocorreram no diagnóstico de mancha de Phoma (30% de erro), mancha de *Cercospora* (20%) e afogamento do hipocótilo (20%). Esses erros foram atribuídos a dois fatores: as fotografias

apresentadas pelo sistema não caracterizavam adequadamente os sintomas; e os especialistas não leram as descrições apresentadas pelo sistema. Após a verificação foram realizadas pequenas modificações na base de conhecimento do sistema, para aperfeiçoar a lógica interna. A verificação do programa construído é uma fase importante, pois, como visto, permite o aperfeiçoamento da lógica interna. Além disso, o alto índice de acerto, como no presente caso, se deve ao fato de a lógica interna estar condizente com a realidade e a base de conhecimento bem detalhada e estruturada (Pozza, 1998). Os resultados obtidos nessa fase demonstraram a eficiência do SE no diagnóstico de doenças, pragas e deficiências do cafeeiro, uma vez que, de acordo com os resultados do teste de qui-quadrado ($P \leq 0,01$), não houve diferença entre a frequência observada e a esperada (Tabela 1). Na fase de validação, realizada com o sistema modificado de acordo com as observações da verificação, o índice médio de acerto obtido pelo SE foi de 96,67%, enquanto o dos usuários foi de 35,67% (Tabela 1).

Tabela 1 - Verificação e validação do “Doctor Coffee”

| Fase | Nível de Conhecimento | % de Diagnósticos Corretos | | χ^2 ^(*) Calculado |
|-------------|-------------------------|----------------------------|------------|--------------------------------------|
| | | Usuário | Dr. Coffee | |
| Verificação | Especialistas | 71,0 | 91,0 | 0,01 |
| | Graduação | 34,0 | 96,0 | 0,40 |
| Validação | Pós-grad. Fitopatologia | 40,0 | 97,0 | 0,54 |
| | Pós-grad. Outras áreas | 33,0 | 97,0 | 0,54 |
| | Média (Validação) | 35,7 | 96,7 | 0,49 |

(*) NS ($P \leq 0,01$)

O índice de acerto do sistema obtido nessa fase demonstrou a confiabilidade do programa para realização de diagnósticos, mesmo por usuários com diferentes níveis de conhecimento, pois foi acima da frequência esperada (90%). Ao contrário da verificação, encontram-se na literatura os resultados da validação de alguns SEs, como por exemplo o CALEX/Peaches (Plant et al., 1989), o MDMS (Latin et al., 1990) e o TomEx (Pozza, 1998). O programa CALEX/Peaches foi utilizado, na fase de validação, por 12 estudantes, obtendo índice de acerto de 96%. Na validação do TomEx, o programa foi utilizado por estudantes de três diferentes níveis de conhecimento, obtendo em todos eles índices de acerto superior a 95%, demonstrando que a lógica interna do sistema e a base de conhecimentos foram bem detalhadas e condizentes com a realidade. Resultados semelhantes foram obtidos com o “Doctor Coffee”, com grande diferença entre a média de acerto dos usuários (35,7%) e a do sistema (96,7%), demonstrando a utilização como ferramenta de apoio à decisão para diagnose.

Na análise de sensibilidade do programa no ensino, o índice médio de diagnósticos corretos realizados pelos estudantes passou de 40% antes de utilizarem o programa para 80% após terem utilizado duas vezes, diferença essa considerada significativa ($P=0,01$) pelo teste de qui-quadrado.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem afirmar ser possível extrair dos pesquisadores o conhecimento acumulado em diagnose e manejo de doenças e disponibilizá-lo de forma organizada, simples e rápida, por meio de um sistema especialista como o “Doctor Coffee”.

A construção da base de conhecimentos bem detalhada e condizente com a realidade, como demonstrado pelos resultados da avaliação do “Doctor Coffe”, possibilita a utilização do SE como ferramenta de apoio para diagnose e manejo de doenças, além de permitir a incorporação de novos conhecimentos e tecnologias.

A construção de uma interface amigável, com inclusão de fotografias para auxiliar no diagnóstico, aliada a adequadas base de conhecimentos e lógica interna, permitem, como demonstram os resultados da validação, a utilização do SE por técnicos com diferentes níveis de conhecimento.

Os resultados alcançados no teste de sensibilidade voltado ao ensino demonstraram que SEs podem ser utilizados como valioso material didático no ensino de sintomatologia e diagnose de doenças de plantas.

Doenças, pragas, e deficiências nutricionais que não foram contempladas na presente versão do SE poderão ser futuramente incluídas em nova versão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2001- **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Ed. Agros Comunicação, p.545. 2001.
- CU, R.M. & LINE, R.F. An expert advisory system for wheat disease management. **Plant Disease**, St Paul, 78: 209-215. 1994.
- EDWARD-JONES, G. Knowledge based systems for pest management: an applications based review. **Pesticide Science**, 36: 143-153. 1992.
- EDWARD-JONES, G. Knowledge based systems for crop protection: theory and practice. **Crop Protection**, 12: 565-578. 1993.
- EVANS, J.J.T. The knowledge elicitation problem: a psychological perspective. **Behavior and Information Technology**, 7: 111-130. 1988.
- FERNANDES, E.N.; SILVA, C.A.B. & COUTO, L. Inteligência artificial e sua contribuição em programas de fomento florestal – um protótipo para o estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, 20 (4): 565-72. 1996.

- FIRLEJ, M. & HELENS, D. **Knowledge elicitation, a practical handbook**. New York, Prentice Hall, p.188. 1991.
- GEISSMAN, J.R. & SCHULTZ, R.D. Verification and validation of expert systems. **AI Expert**, San Francisco, 1:26-33. 1988.
- HARMON, P. & KING, D. **Expert systems: Artificial intelligence in business**. New York, John Wiley & Sons, p. 283. 1985.
- HARRISON, S.R. Validation of agricultural expert systems. **Agricultural Systems**. Oxford, 35: 265-285. 1991.
- LATIN, R.X.; MILES, G.E.; RETTINGER, J.C. *et al.* An expert systems for diagnosing muskmelon disorders. **Phytopathology**, St Paul, 74: 83-87. 1990.
- LIMA, J.P.C. & ARVANITIS, L.G. A computer expert system for managing forests in the Amazon. **Floresta e Ambiente**, Itaguaí, 1: 64-70. 1994.
- MANSK, Z. Doenças do cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas cafeeiras, 16. Anais. Espírito Santo do Pinhal: Faculdade de Agronomia e Zootecnia, p.61-67. 1990.
- MENDES, A.N.G. & GUIMARÃES, A.F. Economia cafeeira: O Agribusiness. Universidade Federal de Lavras - UFLA – FAEPE, Lavras/MG. p. 59 .1997.
- PIVELLO, V.R.; NORTON, G.A. FIRETOOL: an expert system for the use of prescribed fires in Brazilian savannas. **Journal of Applied Ecology**, 33:348-356. 1996.
- PLANT, R.E.; ZALOM, F.G.; YOUNG, T.A. *et al.* CALEX/Peacher, an expert system for the diagnosis of peach and nectarine disorders. **HortScience**, 24: 700.1989.
- POZZA, E.A. **Desenvolvimento de sistemas especialistas e redes neuronais e suas aplicações em fitopatologia**. Viçosa: UFV, (Tese-Doutorado em Fitopatologia). p.139. 1998.
- SÁNCHEZ, L.C.; VEJA, S.A. & JARAMILLO, A.A. Development of an expert system to identify diseases in the rice crop (*Oryza sativa* L.) in Colombia. **Acta Agronomica** ,43 (1 - 4): 134-144. 1993.
- SOUKI, G.Q.; MACHADO, A.C.; LOPES, M.A. *et al.*. PROFIT 2.0 – An expert system to cattle raising. In: 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, Orlando, Florida, USA, October, p. 910-915. 1998.
- TRAVIS, J.; MUZA, A.; DASKOPOULOS, D. *et al.* VITIS, a grape disease management expert system. **Special Report of New York State Agricultural Station**, Geneva. 68:103-107. 1994.
- TRAVIS, J.W. & LATIN, R.X. Development, implementation, an adoption of expert systems in plant pathology. **Annual Review of Phytopathology**, 19,343-360.1991.

TURBAN, E. **Decision support and expert systems**: Management support systems. New York, Macmillan, p. 833. 1995

YIALOURIS, C.P.; PASSAM, H.C.; SIDERIDIS, A.B. *et al.* VEGES – A multilingual expert system for the diagnosis of pest, diseases and nutritional disorders of six greenhouse vegetables. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, 19, (1): 55-67. 1997.

ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO DO VALE, F.X.; PEREIRA, A.A.; CHAVES, G.M. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças. In: RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. Controle de doenças de plantas: grandes culturas. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia; Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2: 554. 1997.