

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA  
ESPECIALISTA PARA  
DIAGNOSE DAS DOENÇAS DA MACIEIRA  
NO BRASIL**

**LETÍCIA SIMONE GUIMARÃES**

2004

**LETÍCIA SIMONE GUIMARÃES**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA ESPECIALISTA PARA  
DIAGNOSE DAS DOENÇAS DA MACIEIRA NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração Fitopatologia, para a obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador**

**Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Guimarães, Leticia Simone

Desenvolvimento de sistema especialista para diagnose das doenças da  
macieira no Brasil / Leticia Simone Guimarães. -- Lavras : UFLA, 2004.  
54 p. : il.

Orientador: Edson Ampélio Pozza.  
Dissertação (Mestrado) – UFLA.  
Bibliografia.

1. Maça. 2. Doença. 3. Diagnose. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.1193

**LETÍCIA SIMONE GUIMARÃES**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA ESPECIALISTA PARA  
DIAGNOSE DAS DOENÇAS DA MACIEIRA NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração Fitopatologia, para a obtenção do título de “Mestre”.

**APROVADA em 19 de fevereiro de 2004**

**Pesq. Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza**

**Embrapa/CNPUV.**

**Prof. Ricardo Magela de Souza**

**DFP-UFLA**



**Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza  
DFP/UFLA  
(Orientador)**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL**

**A meus pais, Mário e Custódia; aos meus irmãos, Kevin, Douglas, Mariana e Darlan; ao meu padrinho Paulo Silva (in memorian); à minha madrinha, Maria Ondina; minhas tias, Maria e ‘Galega’ e a todos os meus familiares pelo apoio, confiança, encorajamento nas horas difíceis, pelos sacrifícios realizados e por saber que sempre que necessário existirá uma mão amiga estendida para me ajudar, seja aqui ou em qualquer outro lugar.**

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me iluminado na escolha da profissão e por ter me ajudado a concluir mais esta missão.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de realização do curso.

A EMBRAPA Uva e Vinho, estação experimental de Vacaria, RS, por ter disponibilizado seu espaço e pelo apoio no projeto

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Edson Ampélio Pozza, pela amizade, compreensão e ajuda durante o curso de mestrado, e por ter me dado a oportunidade de crescer profissionalmente.

A Dra. Rosa Maria, pela co-orientação, amizade, atenção, auxílio nos trabalhos e também pela grande contribuição para crescer profissionalmente.

A todos os professores do Departamento de Fitopatologia, em particular ao Prof. Ricardo Magela e ao Prof. Mário Lúcio, pelos conhecimentos compartilhados e pela atenção.

Aos colegas de mestrado e doutorado, em especial Giltembergue, Deila, Fernando e Jadir, pela ajuda e amizade.

Às amigas de república, Flávia (KF), Daniela, Sílvia e Mari, pela amizade, paciência, convívio e atenção.

Aos funcionários do Departamento, em especial Eloísa Leite e Ana.

Aos funcionários da EMBRAPA Uva e Vinho, estação experimental de Vacaria, RS, em especial D. Tina, Valdair e Jorge.

Ao meu noivo, Clair, por todo o carinho e apoio.

Ao professor Luiz E.B. Blum, pela minha iniciação na área fitopatológica e por saber quão importante é aprender a fazer as pequenas coisas

para habilitar-nos a fazer as grandes e por vivificar a conduta de que tudo o que merece ser feito merece também ser bem feito.

A todos, indistintamente, que, mesmo por gestos anônimos, quiseram o meu bem e motivaram-me a vencer os infortúnios e dissabores da vida, ajudando-me a ser o que sou, minha exaltação e meu reconhecimento

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	ii
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1 Inteligência artificial.....	4
2.2 Sistemas especialistas .....	5
2.2.1 Características dos sistemas baseados no conhecimento.....	7
2.2.2 Componentes dos sistemas especialistas.....	8
2.2.3 Fases de desenvolvimento dos SEs.....	9
2.2.3.1 Seleção do problema .....	10
2.2.3.2 Aquisição do conhecimento.....	11
2.2.3.3 Representação do conhecimento.....	11
2.2.3.4 Desenvolvimento do sistema.....	12
2.2.3.5 Teste e avaliação.....	13
2.2.4 Sistemas especialistas em fitopatologia .....	13
2.2.4.1 Sistemas especialistas no Brasil.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1 Seleção do problema.....	19
3.2 Desenvolvimento do protótipo .....	19
3.2.1 Aquisição do conhecimento .....	20
3.2.2 Organização e codificação do conhecimento.....	20
3.2.4 Teste e revisão do protótipo .....	21
3.3 Desenvolvimento do sistema completo.....	21
3.4 Avaliação do sistema especialista.....	21
3.5 Análise estatística .....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1 Aquisição do conhecimento .....	24
4.2 Organização do conhecimento .....	24
4.3 Desenvolvimento do SE completo.....	29
4.4 Avaliação.....	37
4.4.1 Verificação.....	37
4.4.2 Validação .....	41
5 CONCLUSÕES .....	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Estrutura de um sistema especialista .....	9
FIGURA 2	Fluxograma da página inicial do SE 'AppLES' .....	25
FIGURA 3	Exemplo de fluxograma inicial do módulo "Frutos" .....	28
FIGURA 4	Tela de boas vindas do sistema especialista 'AppLES' .....	32
FIGURA 5	Tela inicial do programa especialista 'AppLES' .....	32
FIGURA 6	Tela inicial de diagnose do programa 'AppLES' .....	34
FIGURA 7	Tela do programa 'AppLES' com informações sobre a causa relacionada .....	34

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1 - Sistemas especialistas desenvolvidos em fitopatologia.....</b>	<b>15</b>
<b>TABELA 2 Relação das doenças, com seus respectivos agentes etiológicos e distúrbios presentes em 'AppIES'.....</b>	<b>26</b>
<b>TABELA 3 Verificação do programa AppIES, realizado por seis especialistas em doenças da macieira.....</b>	<b>38</b>
<b>TABELA 4 Porcentagem de diagnósticos corretos e teste qui-quadrado para a verificação e validação do 'AppIES'.....</b>	<b>40</b>

## RESUMO

GUIMARAES, L.S. **Desenvolvimento de sistema especialista para diagnose de doenças das doenças da macieira no Brasil.** 54p. Lavras: UFLA, 2004. (Mestrado em Fitopatologia)\*.

A grande quantidade de doenças na região Sul do Brasil e a falta de informação principalmente sobre a diagnose, podem resultar no uso abusivo de agrotóxicos sem reduzir as doenças. É necessário fazer diagnóstico correto para aplicar a medida de controle adequada. O conhecimento para esta diagnose pode ser fornecido por sistemas especialistas (SE's). SE's utilizam o conhecimento e simulam a lógica da decisão para solucionar problemas resolvidos por especialista. Diante disto os objetivos deste trabalho foram construir uma base de conhecimentos e desenvolver sistema especialista para diagnosticar doenças da macieira. O sistema especialista foi desenvolvido no Departamento de Fitopatologia (DFP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e na Embrapa Uva e Vinho. Para construir o sistema utilizou-se o programa 'Expert Sinta' e para a interface a ferramenta de desenvolvimento foi o 'Borland Delphi' versão 5.0. No desenvolvimento do SE foram utilizadas 4 fases: Seleção do problema, desenvolvimento do protótipo, desenvolvimento do SE completo e Avaliação. O conhecimento foi adquirido por meio de entrevistas com especialista na cultura da macieira (fitopatologista e entomologista), e organizado de forma hierárquica, dividido em módulos de acordo com o órgão vegetativo. São disponíveis no sistema para diagnóstico 32 doenças bióticas (23 causadas por patógenos e 9 causadas por pragas) e 5 abióticas. Foram formuladas 133 perguntas, 76 regras e anexadas fotografias para facilitar a diagnose. O Sistema especialista foi denominado ApplES. Na fase de verificação foram consultados seis especialistas em macieira. Estes utilizaram o sistema tentando chegar ao diagnóstico correto de 11 enfermidades (doenças e pragas), obteve-se um acerto de 81,8% dos especialistas e 100% do sistema. Após análise, incluiu-se opção para esclarecer o usuário, visualizada antes de iniciar a diagnose. Esta opção contém o significado de alguns termos que poderiam causar dúvidas no decorrer da diagnose. A validação foi realizada com 45 usuários de três diferentes níveis de conhecimento. O índice médio de acerto obtido pelo sistema foi de 98,4% enquanto que os usuários não tiveram acerto (0%). Nesta fase, como também na verificação realizou-se o teste de qui-quadrado ( $P \leq 0,01$ ), para demonstrar a confiabilidade do programa em realizar o diagnóstico. Verificou-se não ocorrer diferença entre a frequência observada e a esperada, ou seja, os usuários obtiveram índice de acerto na diagnose superior a 90%. Dessa forma verificou-

se a possibilidade do conhecimento ser extraído dos pesquisadores, organizado e disponibilizado na forma de um sistema especialista e também da possibilidade de ser utilizado como ferramenta de treinamento para identificar as doenças da macieira.

---

**\*Orientador: Prof. Edson Ampélio Pozza – UFLA.**

**\*Co-orientador(a): Dra. Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza – Embrapa CNPUV**

## ABSTRACT

**GUITMARÃES, L.S. Development of expert system for diagnosis of apple diseases in the Brazil. 54p. Lavras: UFLA, 2004. (Master in Phytopathology)\*.**

The big quantity of disease in the South region of the country and the lack of information regarding to the diagnose, many times will lead to the use of ineffective measures that can result in the abusive application of fungicides without reducing the disease. It is necessary do correct diagnosis to apply in proportion to control adapted. The knowledge for this diagnose can be supplied by expert systems (ES's). ES's are programs that utilize the knowledge and they simulate the decision logic to give solutions for the difficult problems, only resolved by specialist. Then, the objectives of this work were: build up a base of knowledge and develop a expert system to diagnose disease from the apple. The specialist system was developed by Department of Plant Pathology (DFP) from the Federal University of Lavras (UFLA) and Embrapa section of graps and wine. To build the system utilized itself the program called 'Expert Sinta' was used and for the interface the tool of development went the 'Borland Delphi' version 5.0. To develop the ES four phases were followed: Selection of the problem, development of the prototype, development of the ES complete and evaluation. The knowledge was acquired by means of interviews with specialist of the apple (phytopathology and entomology) and organized of form hierarchy, divided in modules agreement with the organ vegetative. The system make possible to diagnose 32 biotic disease (23 caused by pathogens and 9 caused by pests) and 5 abiotic. They were formulated 133 questions, 76 rules and enclosed photographs to facilitate to diagnose. The expert system was named AppLEs. In the phase of verification they were consulted six specialist in apple. They used the system trying to get to correct diagnosis for 11 diseases (diseases and pests). The specialist were 81.8% corrected but the system was 100% corrected. After finishing up the ES, an option was included to describe details before using it for diagnosis. This option contains the meaning for some technical terms which may cause doubts during the diagnosis. The validation was carried out by 45 users with three peculiar levels of knowledge. The average corrected judgement obtained through the system was 98.4% but users had none (0%). At this phase, as well as, at the verification, the qui square ( $P \leq 0.01$ ) was used to difference between observed and expected frequency, in other words, the users made correct diagnosis at level of 90%. Then the possibility exists to extract the

knowledge from researches, at organized way and available on ES program, as well as on the possibility to be used as a tool for training people to identify disease of apple.

---

**\*Advising Committee: Edson Ampélio Pozza- UFLA (Advisor). Dra. Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza - Embrapa CNPUV (Co-adviser).**

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a fruticultura tornou-se uma atividade de grande importância no Brasil. Na região Sul, as fruteiras de clima temperado conquistaram novos espaços no cenário mundial, com destaque para a cultura da macieira (*Malus domestica*). O desenvolvimento comercial da cultura da macieira teve início na década de 1970, impulsionado pelo pioneirismo de alguns produtores e apoio decisivo do governo do estado de Santa Catarina. A meta foi plantar, até 1975, 3.150 ha de macieira. Este foi o marco decisivo para implantar o agronegócio da maçã no estado e no país. O Brasil passou da categoria de importador de maçãs para a de exportador. Hoje, o setor encontra-se consolidado, suprimindo o consumo do mercado interno e com os plantios concentrados nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná.

Segundo estimativas da Associação Brasileira de Produtores de Maçã (ABPM, 2004), a área plantada no Brasil é de 31.070 ha, com produção em torno de 800.000 toneladas gerando aproximadamente 46.093 empregos diretos. A estimativa para 2002 foi de exportar de 70 a 80 mil toneladas, principalmente para Europa, com perspectiva de obter receita de cerca de US\$40 milhões, 122% acima dos US\$ 18 milhões conquistados em 2001.

As cultivares mais plantadas, 'Gala' e 'Fuji', são de ampla aceitação tanto no mercado nacional quanto no internacional. Trata-se de uma atividade competitiva e requer o uso constante de tecnologia. Assim, a pomicultura enfrenta uma série de desafios peculiares ao cultivo desta espécie, típica de clima temperado, mas desenvolvida no Brasil em uma região de clima subtropical, o que traz grandes desafios quanto ao manejo de doenças. No Brasil, dentre as doenças destacam-se, em função das perdas ainda no pomar sarna da macieira (*Venturia inaequalis*), podridão amarga (*Glomerella cingulata*) e, em pós-colheita mofo-azul (*Penicillium expansum*), podridão olho-de-boi (*Pezizula*

*malicorticis*), podridão branca (*Botryosphaeria dothidea*), entre outras (Sanhueza, 1999,2001; Boneti et al., 1999,2001).

Devido às doenças de etiologia fúngica, grandes perdas (5%–25%) de produtividade no pomar e em pós-colheita podem causar prejuízo para os produtores, ocorrendo assim a necessidade de pesquisas para se obter o melhor método de controle.

O diagnóstico correto é requisito para se definir medidas de controle adequadas para a doença ou praga em questão. A partir dele é possível selecionar o método mais eficiente e capaz de reduzir ao mínimo as perdas por doenças (Bleicher et al, 1986). Entretanto, identificá-las com simples observação visual requer prática. A falta de informação sobre a identificação de doenças e métodos de controle, muitas vezes resultará em medidas de controle ineficazes, com uso abusivo de agrotóxicos e sem redução das doenças. Esta situação coloca em risco a saúde dos próprios aplicadores, além de causar danos ao ecossistema (Massruhá et al., 2003). 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).

Dentro da informática, uma área capaz de oferecer recursos para tratar de forma eficiente o conhecimento são os sistemas especialistas, um ramo da inteligência artificial (Huggins et al., 1986; Jackson, 1990). Esses programas utilizam o conhecimento e simulam a lógica da decisão para resolver problemas de difícil solução, somente resolvidos por especialistas (Harmon & King, 1985; Crassweller et al., 1992).

Gerar tecnologia de informação no país tornou-se um desafio inadiável, visto que, de maneira geral, as condições agroecológicas brasileiras são diferentes daquelas dos países desenvolvidos produtores de frutas temperadas e subtropicais (Sanhueza, 2000).



Diante do exposto e sabendo ser altamente viável a produção de maçãs, da importância socioeconômica da cadeia da maçã e de sua alta tecnificação, conhecendo as doenças da macieira e considerando a exigência da Certificação Fitossanitária (deve ser emitidos por Engenheiros Agrônomos ou Florestais, que deverão passar por um treinamento para diagnosticar doenças) pela Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais e a importância da manutenção do patrimônio fitossanitário nacional, para a preservação da competitividade da agricultura brasileira e garantia dos procedimentos de certificação fitossanitária (Instrução Normativa 06/2000), os objetivos deste trabalho foram: construir uma base de conhecimentos e desenvolver um sistema especialista para diagnosticar doenças da macieira.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Inteligência artificial

A inteligência artificial (IA) inclui técnicas computacionais para executar tarefas somente realizadas por seres humanos (Gonzalez & Dankel,1993). A IA não é recente; sua história teve início nos anos 1940, quando havia alguma pesquisa em torno de seqüências de estratégia e análise do funcionamento do cérebro com objetivos de formalização de seu comportamento. Buscavam-se apenas novas alternativas de utilização do computador, ainda em projeto. Mas, com o passar dos anos, foram sendo distinguidas duas linhas de pesquisa: uma biológica, calcada no funcionamento do cérebro e dos neurônios, e outra, fruto do estudo da cognição, do raciocínio.

Na década de 40, com a Segunda Guerra Mundial, houve a necessidade do avanço tecnológico para fornecer mais instrumentos para o combate. Os investimentos em pesquisas estavam à disposição dos cientistas preocupados em desenvolver mecanismos para promover a morte em massa. A maior arma na época era a bomba atômica, mas, para seu desenvolvimento, seria necessário uma quantidade gigantesca de cálculos, precisos e exatos. Neste contexto, foi desenvolvido o computador, o qual foi utilizado também para fazer simulações do avanço de tropas. Foi então o início dos jogos por computador, utilizados também para situações mais reais, além de jogos de dama e xadrez. Eis aí o início da inteligência artificial tradicional, baseada em regras.

A introdução da programação na década de 1950, por meio de comandos de lógica de predicados proporcionou um grande avanço para a programação de sistemas que utilizassem esquemas de raciocínio. Nos anos 1960, ocorreu a descoberta da inteligência artificial. Nesse sentido, tentou-se interpretar a linguagem do computador, tal como compreendida pelo ser humano. No ímpeto da racionalização imposta pelo desenvolvimento de suas pesquisas, acreditava-

se que apenas por meio do raciocínio seria possível a interpretação da linguagem. Obviamente, a linguagem humana não é fruto apenas da razão, mas de todo o aparato sensorial e lógico do ser humano. Estudos mais aprofundados na década de 1970 demonstraram o óbvio: que não seria possível a representação, numa máquina, dos estados mentais humanos responsáveis pelo pensamento. A saída veio de uma equipe de pesquisa partindo para os sistemas especialistas, os quais foram responsáveis pela ampliação da inteligência artificial tradicional. E, finalmente, nos anos 1980, na IA tradicional, ampliaram-se as técnicas e aplicações dos sistemas especialistas. Além disso, houve interesse pelo trabalho conjunto com outras áreas, tais como interfaces inteligentes, sistemas de apoio à decisão, controle de robôs, etc. (Muller, 2002).

O desenvolvimento tecnológico ocorrido nos últimos anos possibilitou criar diversas aplicações da IA. Atualmente, ela encontra-se presente nas mais diversas áreas da atividade humana, como, por exemplo, na automação industrial, na aviação, no automobilismo, na medicina, na agricultura e inúmeras outras áreas (Pozza, 1998). Uma das principais aplicações da IA tem sido o desenvolvimento nas mais diversas áreas do conhecimento, de sistemas de apoio à decisão, importantes ferramentas para auxiliar não-especialistas. Em outras palavras, a IA não procura substituir o homem, raciocinar e criar como ele, mas sim ajudá-lo, como ferramenta de auxílio na tomada de decisão. (Pozza, 1998).

## **2.2 Sistemas especialistas**

O nome “sistema especialista” (SE) derivou do termo sistema especialista baseado no conhecimento. O sistema especialista emprega o conhecimento humano capturado em computador para resolver problemas os quais costumam requerer habilidade humana (Turban, 1995; Huggins et al., 1986). O primeiro SE foi desenvolvido por E. Feigenbaum na Universidade de Stanford em meados de 1960 e denominado DENDRAL por Turban (1995).

Sistemas especialistas são freqüentemente empregados como um auxiliar inteligente ou consultor para usuários humanos. Podem ajudar a integrar, interpretar e transferir a informação. Podem ter usos na resolução de problemas de rotina, liberando os peritos para problemas não usuais. Eles podem também levar conhecimento especializado a localidades onde os peritos não estão disponíveis ou torná-la acessível quando os serviços especializados sejam dispendiosos. Algumas organizações vêem SE como uma maneira de coletar e preservar a “memória institucional”, pois especialistas humanos podem se retirar das organizações, adoecer ou mesmo falecer (Genaro, 1986). O investimento para desenvolver e manter SE é significativo, mas pode ser baixo se comparado com o custo de localização e contratação de peritos ou de treinamento e desenvolvimento de outras pessoas. O treinamento destas pessoas para ganharem a necessária experiência pode levar anos (Genaro, 1986).

Inicialmente, SEs foram empregados na área médica, exploração mineral e química, quais sejam, o MYCIN, para diagnosticar infecções bacterianas; o PROSPECTOR, para auxiliar geólogos na exploração mineral e o DENDRAL, para identificar compostos orgânicos (Pasqual & Mansfield, 1988). Mas, nas últimas décadas, foram usados em outras aplicações, nos mais diversos campos do conhecimento, como na engenharia química, na área militar, judicial e bancária (Huggins et al., 1986).

Outra área de grande potencial para aplicações envolvendo sistemas baseados no conhecimento é a agricultura. Nem todo produtor ou técnico tem informação de alta qualidade quando precisa tomar importantes decisões relacionadas ao controle das doenças, e na maioria das vezes, sua decisão é cercada de alto grau de incerteza. Dessa forma, SEs são valiosas ferramentas para auxiliar na solução e resolver problemas práticos. Eles podem servir para ajudar agricultores e técnicos da extensão e também podem ser usados para

monitorar a qualidade do processo na indústria agrícola, controle de condições ambientais e para informar a agricultura financeira e econômica .

Carrascal & Pau (1992) fizeram uma revisão sobre sistemas especialistas no período de julho de 1989 a junho de 1990. Encontraram 110 SEs ligados à área agrícola, os quais foram separados por área, em produção vegetal e animal. São eles: Produção vegetal: cultura 35%, planejamento 7% e solo 6%; produção animal: animal 3%, planejamento 7% e alimento 2%; processamento de alimentos 21%; manutenção de equipamentos agrícola 6%; financiamento e economia agrícola 9%; meio ambiente 2% e direção 2%. Dos 110 SEs encontrados, 18 são ligados à área fitopatológica.

Dos SEs existentes até o momento na área agrícola, podem se citar como exemplos: para determinar a capacidade de uso da terra (Giboshi et al.,1999), na área de irrigação (Mateos et al., 2002; Wilmes et al, 1993), auxílio em fazendas de laticínios (Kerr et al, 1999), grau de compactação do solo agrícola (Canillas & Salokhe,2002), aplicações na análise química de alimentos (Peris, 2002), diagnose de doenças da abelha (*Apis mellifera* L.) (Mahaman, et al.,2002), estudo de modelo de simulação de crescimento do arroz (Luo, et al. 1997), manejo de florestas (Hackett & Vanclay, 1998; Sugumaran, 2002), impacto de pesticidas no meio ambiente (Werf & Zimmer, 1998), na área de entomologia (Bowden et al, 1992; Olson & Wagner, 1992), aplicação de pesticidas (Secher & Murali, 1993), manejo de plantas daninhas (VanDevender et al, 1994) e manejo de insetos (pragas) em grãos estocados (Longstaff, 1994).

### **2.2.1 Características dos sistemas baseados no conhecimento**

Segundo Turban (1995), SEs podem ter vantagens e limitações. As vantagens/benefícios são: i) aumento da saída de dados e produtividade; ii) podem trabalhar mais rápido do que humanos; iii) aumento da qualidade e fornecimento consistente de recomendação e redução da taxa de erro; iv)

flexibilidade; v) conhecimento acessível; vi) confiabilidade; vii) integrar a opinião de vários especialistas; viii) capacidade de trabalhar com informação incompleta ou incerta (SEs podem, semelhante a especialistas humanos, trabalhar com informação incompleta); ix) fornecer treinamento; x) aumentar a resolução de problemas; xi) acessibilidade permanente (o sistema trabalha 24 horas por dia, finais de semana e feriados, e não ficam doentes ou tiram férias); xii) capacidade para resolver problemas complexos e xiii) transferência de conhecimento para locais distantes.

Os problemas e limitações de sistemas especialistas são: i) o conhecimento não está sempre prontamente disponível; ii) é difícil adquirir conhecimento de humanos; iii) a avaliação da situação de cada especialista pode ser diferente, ainda que correta; iv) usuários do SE têm limites naturais cognitivos, ou seja, é fornecida mais informação do que se consegue assimilar; v) o vocabulário, ou gírias que especialistas usam para expressar fatos e relações, é frequentemente limitado e não é entendido pelos outros.

### **2.2.2 Componentes dos sistemas especialistas**

Todos os sistemas especialistas possuem componentes básicos (Figura 1): interface com o usuário, base de conhecimentos e um mecanismo de inferência (Crassweller et al, 1992; Travis & Latin, 1991; Turban, 1995).

A interface é o meio de comunicação com a base de conhecimento (Edwards-Jones, 1992). É a parte do sistema correspondente aos processos convencionais de entrada e saída dos dados no sistema de computação. Fornece ao usuário final um meio amigável de se comunicar com o programa, por meio de gráficos, tabelas, fotografias e menus (Gonzalez & Dankel, 1993).

A base de conhecimento representa o componente mais importante do sistema (Gonzalez & Dankel, 1993). Consiste na representação simbólica do conhecimento coletado proveniente de especialistas (Jones et al, 1993). A base

de conhecimento contém o mecanismo necessário para o entendimento, formulação e resolução do problema (Huggins et al, 1986; Turban, 1995).

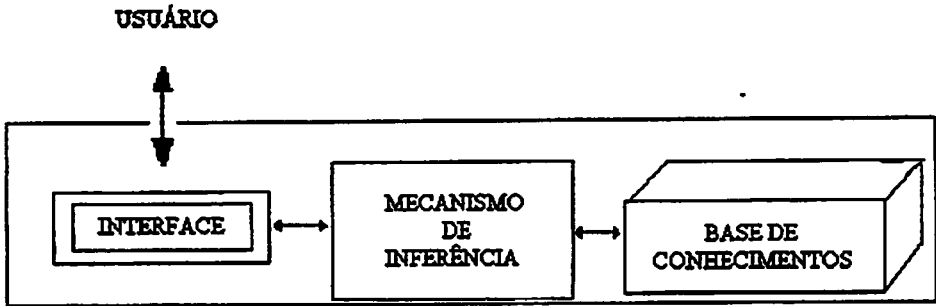


FIGURA 1 Estrutura de um sistema especialista

O mecanismo de inferência acessa a base de conhecimento por meio do processo de raciocínio lógico, similar ao especialista humano (Edwards-Jones, 1992). Examina o conhecimento armazenado na base de conhecimento, interpreta o conteúdo da base de conhecimento e os dados acumulados sobre o problema, deriva dados adicionais e conclui (Gonzalez & Dankel, 1993).

### 2.2.3 Fases de desenvolvimento dos SEs

SEs desenvolvidos atualmente incluem as fases seleção do problema, aquisição do conhecimento, representação do conhecimento, programação, teste e avaliação (Travis & Latin, 1991).

Travis & Latin, (1991) resumem os procedimentos da construção de sistemas especialistas:

- selecionar um problema que não é tão complexo e é importante para o cliente;
- garantir a cooperação dos especialistas disponíveis;

- representar o conhecimento do especialista na forma traduzível dentro de um código no computador;
- testar o protótipo do SE para averiguar a consistência da lógica;
- revisar o SE por especialistas e fazer correções como necessário;
- testar o SE com usuários futuros e fazer revisões;
- liberar o SE e fornecer suporte para os usuários;
- revisar e atualizar regularmente o SE.

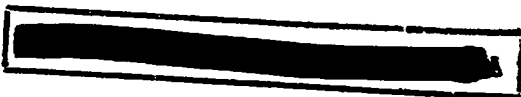
### **2.2.3.1 Seleção do problema**

O passo crítico no desenvolvimento do SE é identificar o problema adequado. SEs são mais apropriados para problemas possíveis de requerer experiência, conhecimento e bom senso para chegar à solução. Um dos primeiros testes para determinar se a área é adequada para desenvolver o SE é determinar se a solução do problema requer o conhecimento e habilidade do especialista humano (Travis & Latin, 1991; Crassweller et al., 1992).

Para selecionar o problema é necessário atender a uma série de exigências anteriores, incluindo: identificar o problema, encontrar um especialista disposto a participar, identificar o modo de tratar o problema, analisar os custos e benefícios e preparar um plano de desenvolvimento específico (Pozza, 1998).

Alguns problemas em fitopatologia são adequados para o uso de SEs e devem ter duas características básicas: necessitar de um especialista humano para montar e avaliar o sistema e ocorrer sazonalmente no campo. Um alvo importante para desenvolver um SE é o diagnóstico de doenças, pois demanda um especialista humano e ocorre sazonalmente. O especialista clínico adquire conhecimento pelo contato com diferentes doenças, em várias culturas e segue raciocínio lógico para a diagnose correta (Pozza, 1998).





### **2.2.3.2 Aquisição do conhecimento**

É uma das fases mais críticas no desenvolvimento de sistemas especialistas. O desenvolvimento de um típico SE inicia com um engenheiro de conhecimento que exaustivamente entrevista uma reconhecida autoridade (Genaro,1986). A fonte potencial de conhecimento inclui especialistas humanos, livros-textos, base de dados, figuras, etc. (Jones et al,1993; Pasqual & Mansfield, 1988; Edwards-Jones, 1992). Segundo Pinto (2001), a base de conhecimento dos SE desenvolvidos para a diagnose de doenças tem informações provenientes de literaturas e de entrevistas realizadas com especialistas da área.

### **2.2.3.3 Representação do conhecimento**

É o processo de organização do conhecimento adquirido. A atividade envolve preparar o “mapa conhecimento” e codificar o conhecimento na base de conhecimento. Há vários métodos formais para representar o conhecimento de um especialista, porém, o mais utilizado é embasado no sistema de regras (Pozza, 1998).

A base de conhecimento pode ser representada pela produção de regras, consistindo de uma condição ou premissa, seguida de uma ação ou conclusão (IF condição, THEN ação) (Travis & Latin,1991).

Quando existe um nível maior de complexidade na regra, podem ser adicionados operadores do tipo “E”, “OU”, “NÃO” (Pozza, 1998; Pinto, 2001), ou seja:

SE um fungo tem micélio apocítico

E produz basidiósporos

ENTÃO é um basidiomiceto.

#### 2.2.3.4 Desenvolvimento do sistema

A maior parte dos SEs é desenvolvido utilizando ferramenta para construir a “shell” antes de utilizar a linguagem de programação (Travis & Latin, 1991). Ferramentas denominadas “shells” permitem ao criador do sistema preocupar-se somente com a representação do conhecimento dos especialistas, deixando para a “shell” a tarefa de interpretar o conhecimento representado e executá-lo em uma máquina, além de permitir depurações e explicar como o computador chegou àquela(s) conclusão(ões). A principal função de uma “shell” é simplificar ao máximo o trabalho de implementar o sistema especialista e permitir seu uso por qualquer pessoa sem conhecimentos de informática. Esta ferramenta utiliza um modelo de representação do conhecimento baseado em regras.

O ‘Expert SINTA’ é uma ferramenta computacional (‘shell’) que utiliza técnicas de inteligência artificial para geração automática de sistemas especialistas. Esta ferramenta utiliza modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e probabilidades, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação de sistemas especialistas por meio do uso de uma máquina de inferência compartilhada, da construção automática de telas e menus, do tratamento probabilístico das regras de produção e da utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada (Grupo SINTA, 1996).

Linguagem de programação é a forma de escrever um programa para um computador. Um programa é uma seqüência lógica de tarefas. Existem diversas formas de escrever o programa; entre elas, o uso de linguagem corrente, normalmente o inglês e o uso de um interpretador que se encarrega de convertê-la em linguagem de máquina por um compilador (ex COBOL, FORTRAN, LISP, PROLOG, PASCAL e linguagem C), que fará a conversão de todo o programa escrito em alto nível para um programa contendo o código objeto que,

uma vez compilado, poderá ser executado várias vezes, sem depender mais do uso do programa compilador (Turban, 1995; Rinaldi, 1990).

#### **2.2.3.5 Teste e avaliação**

Nesta fase são verificadas a qualidade da interface, a correção do raciocínio, a qualidade da decisão gerada e a relação custo-benefício da utilização do mesmo. A avaliação pode ser dividida em: verificação e validação. Na fase de verificação, procura-se confirmar a veracidade da lógica interna do sistema, de acordo com os conhecimentos do especialista e garantir o bom desempenho do mecanismo de inferência. Na validação, é verificado se a estrutura do SE é apropriada e pode ser utilizada pelo público alvo (Geissman & Schultz, 1988; Pozza, 1998; Pinto, 2001).

#### **2.2.4 Sistemas especialistas em fitopatologia**

O auxílio na decisão computadorizada não é novo em fitopatologia. O precursor do SE foi o sistema de previsão de doenças BLITECAST, baseado no clima. BLITECAST e o sistema de previsão da sarna da macieira são exemplos de sistemas de previsão usados para ajudar produtores a decidir sobre o manejo de requeima da batata e sarna da macieira, respectivamente (Travis & Latin, 1991).

Em meados da década de 1980, Teng & Rouse (1984) listaram as aplicações da tecnologia da informação na fitopatologia. Até então, podia-se usar os computadores para analisar dados e elaborar gráficos, simular e modelar, coletar e armazenar dados, processar textos e disseminar informações. Nesta época, a tecnologia da informação podia ser resumida simplesmente pela palavra computador e ainda falava-se em linguagem FORTRAN, processador de texto Wordstar e planilha Visicalc. A disseminação de informações, citada pelos

autores, referia-se apenas ao correio eletrônico, em fase de propagação no meio científico.

Nos últimos, anos houve transformações. De simples máquinas não inteligentes, os computadores estão sendo utilizados para aplicações mais avançadas, como os sistemas especialistas e também como aliados na disseminação de informações, via "world wide web" (WWW). Conforme Canteri et al. (1999), atualmente a tecnologia da informação pode ser aplicada na fitopatologia para muitas outras aplicações, como, organizar fatos, produzir informações, interpretar informações para produzir conhecimento, usar conhecimento para apoio no processo de tomada de decisão, usar conhecimento para fazer previsões, transmitir o conhecimento com função de educação e treinamento e armazenar e disseminar informações.

O que facilitou este avanço foi que, antigamente, eram utilizados computadores de grande porte e de difícil locomoção. Atualmente, os SEs são desenvolvidos em computadores pessoais, bem menores, de fácil transporte, como os "notebooks", facilitando as consultas aos especialistas (Pozza, 1998; Pinto, 2001).

Ao longo das duas últimas décadas, foram desenvolvidos SEs em fitopatologia, principalmente na diagnose de doenças (Tabela 1). Estes SEs sofreram mudanças, de acordo com o progresso da informática. Por exemplo, o primeiro SE para a agricultura, o PLANT/ds para diagnose de 17 doenças de soja (Michalski et al., 1981), utilizava modelagem matemática para facilitar a programação e foi desenvolvido em computador de grande porte, não deslocável mesmo a pequenas distâncias (Pinto, 2001).

Destacam-se ainda MoreCrop (Manageral Options for Reasonable Economical Control of Rusts and Other Pathogens) e Halzpest. O MoreCrop é um SE para o manejo de doenças do trigo, nos EUA, baseado em mais de 30 anos de dados de manejo da cultura, epidemiologia e controle de doenças. São

consideradas 16 doenças. A primeira versão foi liberada em março de 1992. O sistema divide as regiões produtoras em cinco zonas agrícolas, com suas condições climáticas, cultivares e práticas de manejo (Cu & Line, 1994). O outro SE, Halzpest, foi desenvolvido para o manejo de pestes e doenças em avelã. A diferença destes com outros SEs é a Inclusão de discussões sobre problemas com a recomendação de pesticidas e sobre o custo para seu desenvolvimento (Drapek et al., 1990).

TABELA 1 - Sistemas especialistas desenvolvidos em fitopatologia

Cultura	Objetivo	Nome do sistema	Referência
Abacaxi	Diagnóstico de doenças e deficiências	Diana	PERRIER et al. (1991)
Abóbora	Manejo de pragas e doenças em casa de vegetação	--	SHIPP et al (1993)
Ameixa	Manejo	---	KABLE (1991)
Avelã	Manejo de pragas e doenças	Halzpest	DRAPEK et al. 1990)
Batata	Diagnóstico	PDPRO	BOYD e SUN (1994)
Café	Diagnóstico e manejo	Doctor Coffe	PINTO (2001)
Cereais	Diagnóstico e manejo	Pro-Plant	FRAHM e VOLK (1993)
Cravo	Diagnóstico	Carnation expert	FAYET (1987)
Frutas e Hortaliças	Identificação de bactérias associadas doenças pós-colheita	--	WELLS et al. (1993)
Essências Florestais	Diagnóstico e manejo	Foreshealth	NASH et al. (1992)
Hortaliças	Manejo em casa de vegetação	--	VANDERMAAS (1992)
Maçã	Manejo de doenças e pragas	PSAOC	TRAVIS et al. (1992)
Maçã	Manejo	--	HALEY (1990)
Maçã	Manejo	POMME	ROACH et al. (1987)
Maçã	Diagnóstico	Apple pest and disease diagnosis	KEMP et al. (1988)
Melão	Diagnóstico	MDMS	LATIN et al. (1990)
Milho	Manejo	Maize	HEINEMANN et al. (1992)

"... Continua..."

Tabela , "cont."

Cultura	Objetivo	Nome do sistema	Referência
Pêssego e nectarina	Manejo	Calex/Peaches	PLANT et al. (1989)
Milho	Diagnóstico	--	HOCINE e TAMINE (1988)
Soja	Diagnóstico	Plant/DS	MICHALSKI et al. (1981)
Tomate	Diagnóstico	Tomato disorder diagnosis system	GUAY e GAUTHIER (1991)
Tomate	Diagnóstico	--	YALOURIS e SIDERIDIS (1996)
Tomate	Diagnóstico e manejo	TomEx	POZZA (1998)
Trigo	Previsão	EPINFORM	CARISTI et al. (1987)
Trigo	Previsão	--	SANDS et al. (1986)
Trigo	Manejo	WDCA	SHTIENBERG et al. (1990)
Trigo	Manejo	MORECROP	CU e LINE (1994)
Trigo	Manejo	COUNSELLOR	JONES (1988)
Videira	Diagnóstico e controle	UVA	NARDI et al. (1988)
Videira	Manejo	GRAPES	SAUNDERS et al. (1987)

Para doenças da macieira existem três SE, POMME, Apple Pest and Disease Diagnosis e PSAOC. Cada sistema possui vantagens e desvantagens características. POMME foi desenvolvido na Virgínia, por Roach et al. (1985), para ajudar no manejo de doenças e insetos na macieira. Foi um dos primeiros SE a incorporar o processo de decisões de um especialista para auxiliar produtores a tomar decisões no manejo de doenças. O sistema fornece recomendações para pesticidas e sugere o tempo para pulverização. Porém, foi construído em computador de grande porte e é pouco acessível.

O sistema Apple Pest and Disease Diagnosis foi desenvolvido na Nova Zelândia, por Kemp et al. (1988). Neste, já foi incluída a diagnose de desbalanços nutricionais, entretanto, não oferece recomendações de tratamento. A principal característica considerada no sistema é ter boa interface (tela do programa), pois faz excelente uso da capacidade gráfica, o que auxilia o usuário a entender as questões formuladas pelo SE e a respondê-las (Travis & Latin,

1991). Porém, não possui fotografias, que poderiam facilitar a identificação das enfermidades, já que o sistema foi desenvolvido principalmente para diagnose.

Ambos os sistemas utilizaram linguagem PROLOG para seu desenvolvimento.

Um terceiro SE, o PENN STATE APPLE ORCHARD CONSULTANT (PSAOC), foi desenvolvido para elaborar o manejo de 8 doenças e 17 insetos. Foi escrito em linguagem de programação C e é considerado um dos mais completos e bem sucedidos. O sistema contém 3 partes: perfil do pomar, módulo manejo de pestes e módulo manejo químico. Depois de 4 anos de desenvolvimento e testes, o sistema foi disponibilizado para venda em 1990, para produtores de maçã no estado da Pensilvânia, Estados Unidos. O sistema é revisado e ampliado anualmente. Apesar de ser considerado um dos melhores SE, maneja somente 8 doenças e não trata de nenhuma doença de raiz. Para formular a recomendação, são requeridos do usuário informações corretas, com entrada de dados seguros e confiáveis. O sistema não possui fotografias. O PSAOC não pretende substituir um bom manejo, mas sim ser uma fonte de informação para guiar e auxiliar a decisão do produtor (Rajotte et al., 1992; Travis & Latin, 1991).

#### **2.2.4.1 Sistemas especialistas no Brasil**

Apesar de encontrar-se um número razoável de sistemas especialistas desenvolvidos em fitopatologia e conhecer as vantagens que pode proporcionar, poucos SE foram desenvolvidos no Brasil, onde a primeira aplicação desta tecnologia foi desenvolvida em 1998, por Pozza. O sistema, denominado 'TomEx', contém 78 perguntas, 116 regras, 87 fotografias e realiza o diagnóstico de 37 doenças do tomateiro. Em 2001, Pinto desenvolveu um sistema especialista para a diagnose de doenças, deficiência, pragas e nematóides do cafeeiro, denominado 'Doctor Coffee'. O sistema contém 229 regras, 182 fotos e realiza o

diagnóstico de 13 doenças, 8 deficiências nutricionais e 9 pragas. Além disso, o sistema contém glossário com termos técnicos, histórico, filmes e ajuda on-line.

Atualmente, com a disseminação de informações, sistemas especialistas estão sendo desenvolvidos e colocados à disposição via "web". O "Sistema de auxílio à tomada de decisão para doenças do trigo", desenvolvido pelo Centro Nacional da Embrapa Trigo (CNPt-EMBRAPA), permite que o usuário utilize uma base de conhecimento a fim de auxiliá-lo no processo de controle de doenças. O CNPt-EMBRAPA, atualmente, está trabalhando com sistemas especialistas, base de dados para doenças da cana-de-açúcar e software hipermídia, atualizáveis via internet. O programa está disponível no site : <http://www.uepg.br/~deinfo/infoagro> (Canteri et al., 2003).

Um sistema para diagnóstico de doenças do milho foi desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária, em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo. O projeto integra três facetas tecnológicas: SE, internet e sistemas multimídia. O sistema está disponível na página:

<http://www.cnptia.embrapa.br/projetos/svttta/servicos/diagnostico> (Massruhá et al., 2003).

Um último SE disponível na rede é Postbloom Fruit Drop of Citrus (PFD-FAD), desenvolvido por Peres et al. (2002). O sistema prediz a necessidade de aplicar fungicidas, baseado nos fatores: história anterior de *C. acutatum* no pomar, suscetibilidade das espécies de citrus, o estágio da flor, como também a chuva, duração do molhamento foliar e o tempo desde a última aplicação. O sistema foi desenvolvido em Java, que interage com a forma HTML. Nos testes realizados em São Paulo, utilizando-se o PFD-FAD, obteve-se uma economia de \$47/ha. O PFD-FAD pode ser acessado diretamente em : <http://it.ifas.ufl.edu/disc/pfd>.



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Para desenvolver o sistema especialista (SE) utilizaram-se 4 fases: seleção do problema, desenvolvimento do protótipo, desenvolvimento do SE completo e avaliação do sistema especialista.

#### **3.1 Seleção do problema**

Segundo Travis & Latin (1991) e Pozza (1998), os principais critérios para escolher problemas em fitopatologia são a ocorrência sazonal, a existência de especialistas na área, a importância da cultura, o número de doenças e a facilidade de adquirir informação.

Como todas as pressuposições foram atendidas na análise da cultura da macieira, optou-se por desenvolver um sistema especialista para a diagnose de doenças da macieira.

#### **3.2 Desenvolvimento do protótipo**

Esta fase é subdividida em: aquisição, organização e codificação do conhecimento, teste e revisão do protótipo. O SE foi desenvolvido no Laboratório de Epidemiologia e Manejo de Doenças do Departamento de Fitopatologia (DFP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em ambiente PC. As fases de aquisição de conhecimento, obtenção de fotografias, verificação e validação foram desenvolvidas no Centro Nacional de Pesquisas Uva e Vinho (Embrapa-CNPUV), estação experimental de Vacaria, RS. O computador utilizado foi um computador pessoal equipado com processador Intel Pentium II® de 300Mhz, HD de 20Gb, 128 Mb de memória RAM, monitor de 14" e scanner TCE S550.

Para construir o sistema, utilizou-se o programa 'Expert Sinta' (Grupo Sinta, 1996) e, para construção da interface, a linguagem escolhida foi 'Object Pascal' e a ferramenta de desenvolvimento, Borland Delphi versão 5.0.

### **3.2.1 Aquisição do conhecimento**

O conhecimento foi adquirido por meio de entrevistas com uma especialista em doenças da macieira. Para complementar a aquisição do conhecimento, foram consultadas também literaturas específicas sobre macieira (livros, circulares técnicas) e consultado um especialista na área de entomologia.

### **3.2.2 Organização e codificação do conhecimento**

O conhecimento adquirido foi organizado de forma hierárquica, dividido em módulos de acordo com o órgão vegetativo da planta e, em seguida, codificado por meio de regras utilizando a 'shell' 'Expert SINTA' (Grupo Sinta, 1996).

Foi construída também a base de dados com fotografias de sintomas de doenças da macieira.

### **3.2.3 Aquisição e seleção de figuras**

As fotografias foram obtidas na Embrapa Uva e Vinho, estação experimental de Vacaria, RS e pomares de macieira localizados próximo. Foi também consultada a biblioteca de fotografia da Embrapa.

Para capturar as imagens, quando foi necessário, utilizou-se câmara digital Sony® Cyber-shot P92. As fotos cedidas pelos pesquisadores foram digitalizadas com scanner TCE® S550. Para melhorar a qualidade das fotos e redimensionar as mesmas para a perfeita adaptação ao sistema, utilizou-se tratamento computacional com o software Adobe Photoshop.

### **3.2.4 Teste e revisão do protótipo**

Ao término da construção de cada versão do sistema, com auxílio do programa 'Expert SINTA', o sistema foi testado para verificar a lógica interna da árvore do conhecimento. Após, foi realizada revisão do sistema, em que o construtor avaliou cada um dos ramos com o objetivo de detectar erros.

### **3.3 Desenvolvimento do sistema completo**


Com o término da revisão do protótipo e feitas as devidas correções, foi iniciado o desenvolvimento do sistema completo. Utilizou-se a ferramenta de desenvolvimento Borland Delphi versão 5.0. Foram construídas as telas e os menus (lista de opções ou programas disponíveis para o usuário). A finalidade da programação foi capacitar o usuário a escolher uma base de conhecimentos e responder a uma seqüência de questões inseridas nas telas e menus. O sistema fornece respostas pela manipulação de regras, utilizando o motor de inferência produzidas com objetos de Delphi.

O sistema contém fotografias, glossário de termos técnicos, lista das doenças diagnosticadas pelo sistema, informações sobre etiologia, epidemiologia, sintomas, distúrbios fisiológicos, algumas pragas, histórico sobre a cultura da macieira e informações sobre o sistema.

### **3.4 Avaliação do sistema especialista**

Para avaliar o sistema foram utilizadas as fases de verificação e validação (Geissman & Schultz, 1988; Pozza, 1998; Pinto, 2001).

A verificação foi realizada com 6 especialistas em doenças da macieira, de Vacaria, RS, sendo três de campo e três de pós-colheita. Montou-se uma mesa com 11 enfermidades diferentes, já identificadas anteriormente pelo desenvolvedor do sistema. Ao chegar, cada especialista respondeu a um questionário, para verificar se era conhecido o diagnóstico das enfermidades sem



utilizar o programa, Após era fornecido o programa para que o especialista tentasse chegar ao diagnóstico. Todas as informações foram anotadas, assim como as sugestões e críticas. Ao final da fase de verificação, analisaram-se todas as informações e, posteriormente, conforme a necessidade, foram feitas modificações no sistema.

Feitas as modificações necessárias e condizentes com a diagnose, procedeu-se a validação.

A validação foi realizada com três grupos (15 pessoas/grupo) de diferentes níveis de conhecimento: i) estudantes de graduação em agronomia que cursaram a disciplina fitopatologia; ii) engenheiros agrônomos, estudantes de pós-graduação em fitopatologia e iii) engenheiros agrônomos, estudantes de pós-graduação em outras áreas. Foram fornecidas as mesmas enfermidades utilizadas na fase de verificação. O sistema foi o mesmo utilizado na verificação.

### 3.5 Análise estatística

A porcentagem de acerto do SE para diagnose de doenças da macieira foi submetida ao teste de qui-quadrado para as fases de verificação e validação (Pozza, 1998; Pinto, 2001):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(F_{o_i} - F_{e_i})^2}{F_{e_i}}$$

em que:  $F_{o_i}$  = frequência observada ou porcentagem de acerto do SE,

$F_{e_i}$  = frequência esperada (90% de acerto).

Neste caso, a frequência observada não deve ser estatisticamente diferente da esperada ( $H_0$  = as frequências são iguais, ou seja, a porcentagem do acerto do SE deve estar próxima de 90%).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Aquisição do conhecimento**

O conhecimento para desenvolver o sistema especialista foi adquirido primeiramente por meio de livros, circulares técnicos e periódicos existentes sobre a cultura da macieira. Após, foi realizada uma série de entrevistas com os pesquisadores da Embrapa CNPUV- Vacaria, RS, Dra. Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza, especialista em doenças da macieira e Dr. Adalécio Kovaleski, entomologista. De posse deste material e em conjunto com o conhecimento já existente sobre a cultura, foi construída a base de conhecimento.

Como observado nos trabalhos de Pozza (1998), Pinto (2001) e Pasqual & Mansfield (1988), essa fase de entrevistas para formar a base de conhecimentos torna-se menos traumática quando o entrevistador é da mesma área do conhecimento do especialista, como ocorreu neste trabalho. Isto porque dispensa definições de termos técnicos e o conhecimento do processo de diagnose é comum a ambos. Vários SE utilizaram o método de aquisição de conhecimento por meio de entrevistas com especialistas do domínio (Massruhá et al., 1999; Clarke et al., 1999; Travis et al., 1992).

O tempo gasto na fase de aquisição de conhecimento, com entrevistas e consultas a literatura, foi de 40 horas. No SE desenvolvido por Pinto (2001), nesta fase foram dispendidas 80 horas. O menor tempo dispendido para desenvolvimento nessa fase deveu-se à existência de conhecimento prévio sobre diagnose de doenças na cultura da macieira, obtido durante dois anos de pesquisa do entrevistador ou engenheiro do conhecimento durante a graduação.

### **4.2 Organização do conhecimento**

O conhecimento foi organizado de forma hierárquica, em fluxogramas.

O sistema foi dividido de acordo com o órgão vegetativo da planta. O sistema tem início com a pergunta: Onde está localizado o sintoma? O usuário poderá optar por quatro opções: folhas, frutos, raízes e ramos (Figura 2) . Para auxiliar na diagnose, foram consideradas algumas características, como sintomas básicos (mancha, podridão, etc...) e características das lesões (cor, forma). São fornecidas pelo sistema, para diagnóstico, 32 doenças bióticas (23 causadas por patógenos e 9 causadas por pragas) e 5 abióticas (Tabela 2).

Foram formuladas 133 perguntas, 76 regras e anexadas fotografias para facilitar a diagnose.

O sistema especialista foi denominado AppLES.

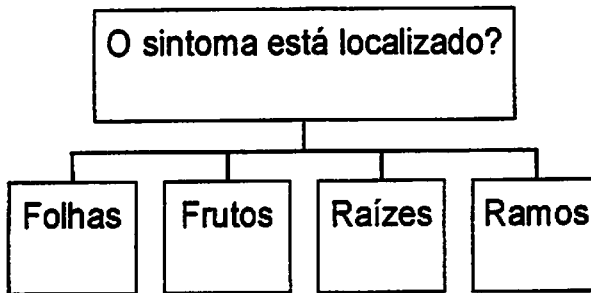


FIGURA 2 Fluxograma da página inicial do SE 'AppLES'.

O módulo para diagnóstico nos ramos é o menor. Sua diagnose é baseada em sintomas e sinais presentes nos ramos e também a cor da lesão para auxílio da diagnose.

A seguir, tem-se um exemplo de uma regra deste módulo:

**SE** a doença está localizada nos ramos

**E** o sintoma observado é o desprendimento da parte externa da casca

**E** ao cortar o ramo observa-se podridão de cor amarela

ENTÃO a doença é cancro dos ramos, agente etiológico *Pezicula malicorticis*

TABELA 2 Relação das doenças, com seus respectivos agentes etiológicos e distúrbios presentes em 'AppLES'.

<b>Doenças ou distúrbios</b>	<b>Agente etiológico</b>
<b>FRUTOS</b>	
Podridão de alternaria	<i>Alternaria alternata</i>
Podridão preta	<i>Botryosphaeria obtusa</i>
Podridão branca	<i>Botryosphaeria dothidea</i>
Mofocinzeno	<i>Botrytis cinerea</i>
Mofocinzeno azul	<i>Penicillium expansum</i>
Podridão por Rhizopus	<i>Rhizopus nigricans</i>
Podridão carpelar	
Sarna da macieira	<i>Venturia inaequalis</i>
Podridão "olho-de-boi"	<i>Pezicula malicorticis</i>
Podridão amarga	<i>Glomerella cingulata/ C. Acutatum</i>
Queima por sol	
Dano por amônia	
Grafolita	<i>Grapholita molesta</i>
Lagarta-enroladeira	<i>Bonagota cranaodes</i>
Outras lagartas	Famílias Noctuidae e Geometridae
Bitter pit	
Mancha foliar da Gala	<i>Colletotrichum spp.</i>
Oídio	<i>Podosphaeria leucotricha</i>
'Russeting'	
Cochonilha	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>
Russet ring (virose)	
Mosca das frutas	<i>Anastrepha fraterculus</i>
<b>RAMOS</b>	
Cancro por pezicula	<i>Pezicula malicorticis</i>
Cancro por Botryosphaeria	<i>Botryosphaeria dothidea</i>
'Burrknots'	
Pulgão lanígero	<i>Eriosoma lanigerum</i>
<b>RAÍZES</b>	
Galha da coroa	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Pulgão lanígero	<i>Eriosoma lanigerum</i>
Xilariose	<i>Xylaria sp.</i>

"...Continua..."



Tabela 2, "cont."

<b>Doenças ou distúrbios</b>	<b>Agente etiológico</b>
Podridão branca por <i>Corticium</i>	<i>Corticium galactinum</i>
Roseliniose	<i>Rosellinia necatrix</i>
Podridão de <i>Esclerotium</i>	<i>Sclerotium rolfsii</i>
Podridão do colo da macieira	<i>Phytophthora spp.</i>
<b>FOLHAS</b>	
Oídio	<i>Podosphaera leucotricha</i>
Sarna	<i>Venturia inaequalis</i>
Ácaro vermelho	<i>Panonyhus ulmi</i>
Mancha necrótica foliar	
Mancha foliar da Gala	<i>Colletotrichum spp.</i>
Declínio do Marubakaido	
Anaerobiose	
Deficiência de nitrogênio	
Podridão de raízes	
Lagartas	
Vírus do mosaico da macieira	
Galha da coroa	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Lagarta-enroladeira	<i>Bonagota cranaodes</i>
Queima por frio	
Doença de replantio da macieira	

O módulo para diagnóstico nas raízes foi dividido em dois submódulos I) podridão e II) galhas. Sua diagnose é baseada em sintomas e sinais causados pelos agentes bióticos ou por algum fator abiótico.

O segundo maior módulo do sistema é para diagnóstico nas folhas. Foi dividido em submódulos: I) manchas; II) desfolha; III) descoloração ou ausência da cor verde; IV) folhas de tamanho reduzido e V) presença de um pó ou pulvurulência branca. É um módulo grande e complexo, e utiliza, para sua diagnose, sintomas, sinais, tato, forma e muita diferenciação por coloração.

O módulo para diagnose nos frutos é o maior do sistema. Foi dividido em 5 grandes submódulos: I) manchas ou pequenas lesões; II) deformação dos frutos; III) 'russeting'; IV) exsudação no cálice e V) podridão (Figura 3). O submódulo podridão é o maior em número de regras

Também para a diagnose neste módulo utilizou-se de sintomas, sinais, tamanho, localização das lesões e, principalmente, a diferenciação pela coloração.

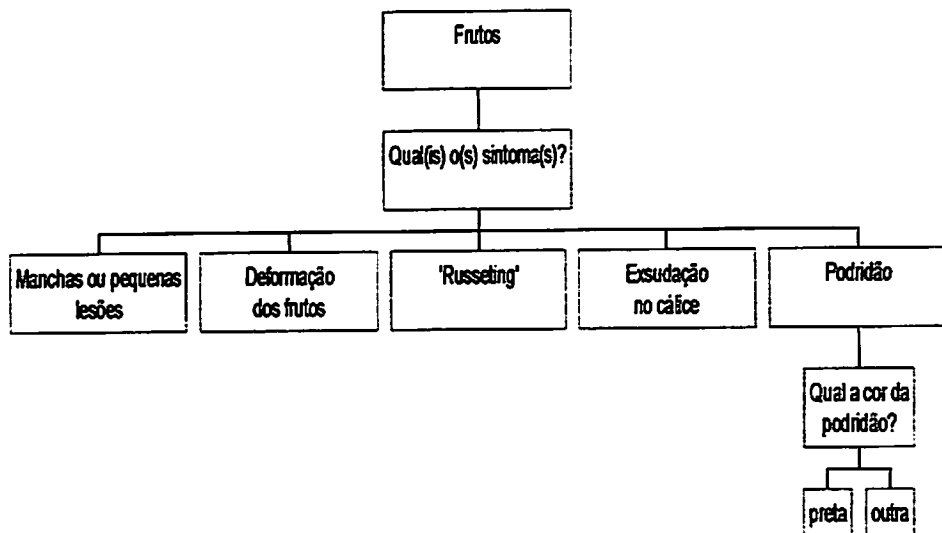


FIGURA 3 Exemplo de fluxograma inicial do módulo “Frutos”

A seguir, tem-se um exemplo de um regra deste módulo:

**SE** a doença está localizado nos frutos

**E** o sintoma observado é podridão

**E** a cor da podridão é preta

**E** a lesão Não é levemente deprimida

**ENTÃO** a doença é podridão preta, agente causal *Botryosphaeria obtusa*.

A organização do conhecimento em módulos pode facilitar a construção do sistema. Pozza (1998), para desenvolver o SE denominado TomEx também utilizou a divisão em módulos baseada no órgão da planta afetada. Já no sistema

desenvolvido por Pinto (2001), o sistema foi dividido em módulos e submódulos, baseado na fase de desenvolvimento da planta em que os sintomas se encontram (viveiro, formação da lavoura e plantas em produção).

PSAOC também é dividido em uma série de módulos: manejo de pestes, análise foliar, etc., e cada módulo é subdividido várias vezes (Travis, et al., 1992). Por exemplo, o módulo para o manejo de pragas inclui: diminuição potencial para sarna da macieira, oídio, ferrugem e limiar para insetos, submódulo de químicos, doses e intervalo de pulverização. Foi desenvolvido na Pensylvania (EUA) e é considerado um dos melhores e mais completos SE, pois agrega diversas áreas. O time de especialistas entrevistados inclui: fitopatologistas, entomologistas, engenheiros agrícola, meteorologista, economista agrícola e sociologista rural. O módulo manejo trata de 8 doenças e 17 insetos.

Os sistemas especialistas para o manejo de doenças têm a melhor chance para sucesso se o especialista (patologista de plantas) tiver uma função integral no seu desenho e desenvolvimento. Como o método para representação do conhecimento torna-se menos técnico, o desenvolvimento do SE pelos especialistas torna-se mais comum (Travis & Latin,1991). Nesta fase, foram consumidas 240 horas.

### **4.3 Desenvolvimento do SE completo**

Uma das principais metas na construção dos SEs é ser desenvolvido com interface o mais amigável possível, para não ocorrer objeção ao seu uso. Pois, apesar da grande difusão da informática, muitos produtores e extensionistas apresentam resistência em utilizar computadores. Com isso, a qualidade do software assume cada vez mais importância e sua evidência é mostrada como fator diferenciador nos produtos. Utiliza-se a palavra qualidade para descrever o grau de excelência de um produto ou serviço. De acordo com a

norma ISO (ISO/CD8402, 1990), "qualidade é a totalidade das características de um produto ou serviço com capacidade de satisfazer as necessidades implícitas de seus usuários". Portanto, a qualidade está diretamente relacionada à satisfação do usuário ou cliente e é percebida de formas diferentes. Estes usuários são, em geral, de diferentes classes e o software deve ter características para atender a todas as classes (Campos, 1999). Então, para tentar amenizar estas situações e devido ao alto grau de interação existente entre o sistema e o usuário, menus explicativos, uma interface usuário de alta qualidade e fotografias são necessários na construção de SEs.

O incremento de uma interface amigável depende da linguagem de programação escolhida para construir o sistema. Na construção da interface, a linguagem escolhida foi o 'Object Pascal' e a ferramenta de desenvolvimento foi o 'Borland Delphi' versão 5.0. Esta linguagem foi escolhida por ser uma ferramenta de desenvolvimento para aplicação em ambiente Windows e tem grande quantidade de recursos gráficos, de banco de dados e a possibilidade da comunicação via internet. Esta mesma linguagem foi utilizada por Pozza (1998) e Pinto (2001) para a construir seus SEs, 'TomEX' e 'Doctor Coffee', respectivamente.

Sistemas mais modernos visam criar aplicações que possibilitem a realização de diagnósticos de doenças on-line. Para tal, a linguagem Java com HTML é utilizada (Massruhá et al., 1999; Peres et al., 2002).

Essa fase dispendeu 480 horas para a sua construção, num período de 2 meses, o maior tempo entre as etapas. Pinto (2001) gastou 640 horas para construir sua interface, num período de 4 meses. Construíram-se 135 telas e vários menus. Todas as opções são acessadas por meio de cliques no respectivo botão e os mesmos são auto-explicativos.

O sistema possui um programa de instalação facilmente acessível. Após a sua completa instalação, um ícone do sistema aparecerá. Basta clicar sobre ele para iniciar a utilização do sistema.

A primeira tela a aparecer será de boas vindas onde são fornecidas as opções Iniciar o sistema ou o Tour (Figura 4).

A opção Tour deverá ser acessada quando o usuário for utilizar o programa pela primeira vez. Ela fornece informações sobre a correta utilização do sistema e demonstra como todas as outras opções fornecidas ao usuário são utilizadas. Clicando-se na opção Iniciar, aparecerá a tela inicial (Figura 5).

Observando-se esta tela verifica-se a mensagem: “Antes de iniciar a diagnose, aconselha-se observar a opção esclarecimentos”. Este menu foi adicionado após a fase de verificação do sistema, na qual, mesmo para especialistas surgiram dúvidas sobre algumas expressões e palavras, como consistência firme e mole. Então organizou-se um dicionário com significados e fotos para facilitar o entendimento das expressões.

Ao acessar a opção Iniciar a diagnose, aparecerá outra tela contendo a página inicial da diagnose do programa (Figura 6). A partir desta opção, o SE inicia a consulta à base de conhecimento. É a principal função do SE. Ao iniciar a consulta, o usuário deve escolher o órgão da macieira no qual observou os sintomas e então clicar no botão ou na fotografia. Ao passar o mouse sobre as opções, estas mudarão de cor, passando a vermelho. Feito isso, o SE começa uma série de perguntas sobre possíveis sintomas. O usuário responde a estas perguntas, sempre escolhendo uma entre as respostas apresentadas.



FIGURA 4 Tela de boas vindas do sistema especialista 'AppIES'.

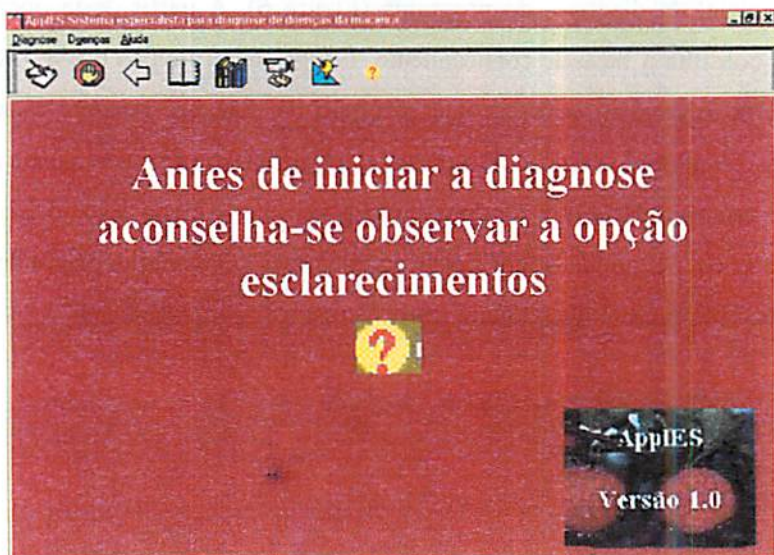


FIGURA 5 Tela inicial do programa especialista 'AppIES'.



Chegando-se a uma causa relacionada, são fornecidas diversas fotos sobre a etiologia. Ao lado das fotos, existe uma barra de rolagem que permite ao usuário visualizar diversas fotos. Nesta fase, também foi gasto bastante tempo para se obter e selecionar as fotografias, pois sempre buscou-se obter fotos de alta qualidade, objetivando auxiliar no entendimento dos termos utilizados durante a utilização do programa para a diagnose

Foram avaliadas em torno de 1000 fotografias da coleção da Embrapa-CNPUV. Além destas, foram confeccionadas, no mínimo, mais 1.000 fotografias. Feita detalhada seleção, foram utilizadas 342 fotografias no sistema especialista 'AppLES'. O tempo gasto para a obtenção e seleção das fotografias foi de 240 horas.

De acordo com Pozza (1998), a utilização de maior número de fotografias e a apresentação dessas auxiliam o entendimento dos conceitos e diminuem a margem de erro.

Ao tentar utilizar o SE para diagnosticar doenças de milho via Web (Massruhá et al., 1999), observou-se a falta de fotografias para auxiliar na correta diagnose. Várias perguntas e termos técnicos causaram dúvidas que as fotografias poderiam sanar. A qualidade das fotos é outro fator a verificar. Neste sistema, as fotos existentes estão, na maioria, fora de foco, sem definição e não se consegue observar detalhes. O mesmo observou-se no 'Doctor Coffee', ou seja, em algumas fotos apresentadas neste SE criado por Pinto (2001) é difícil visualizar o sintoma e estão sem definição, ou seja, o verdadeiro objetivo da inserção de fotografias não está sendo alcançado, qual seja, o de facilitar a diagnose.

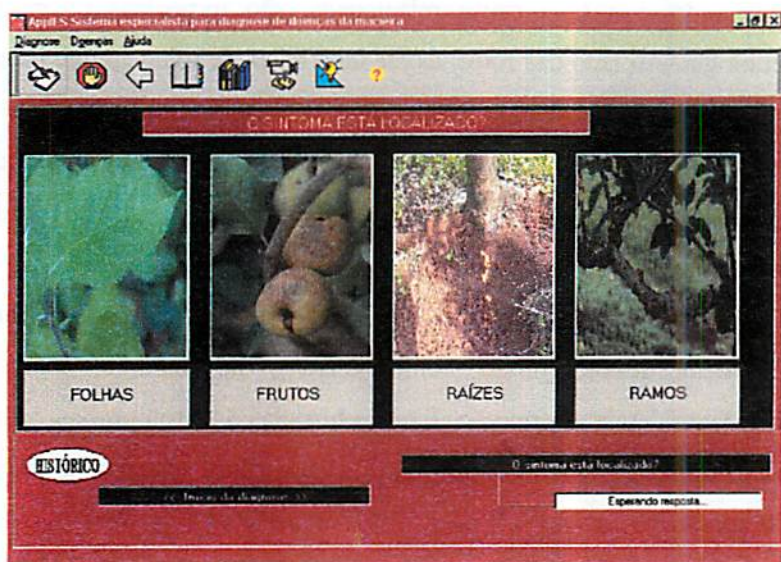


FIGURA 6 Tela inicial de diagnóstico do programa 'AppLES'.

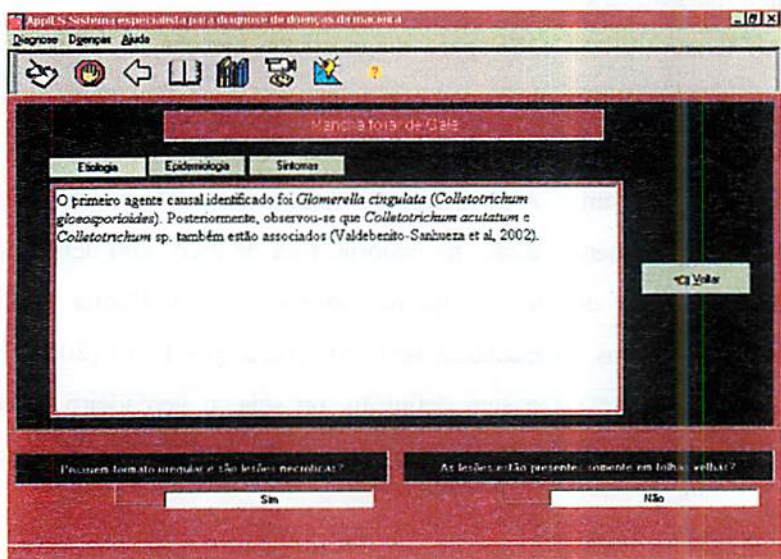


FIGURA 7 Tela do programa 'AppLES' com informações sobre a causa relacionada.



O sistema permite ainda acessar uma opção, que é a de descrever a etiologia, a epidemiologia e os sintomas, no caso da causa ser uma doença; no caso de uma praga, sua descrição e biologia, danos e hospedeiro e disseminação; e no caso de ser um distúrbio fisiológico, são fornecidos os sintomas e as suas prováveis causas (Figura 7). O PSAOC desenvolvido por Travis et al. (1992) também fornece informações adicionais sobre doenças, insetos e produtos químicos. O ciclo de vida dos patógenos e diversas ilustrações estão à disposição do usuário.

No SE para pepino e tomate em casa de vegetação (Clarke et al., 1999), após identificar a desordem, é apresentada uma fotografia. Porém, após verificar o SE, usuários sugeriram inserir fotos ao longo do sistema para possibilitar diferenciar os sintomas e outras palavras chaves com figuras. O sistema dispõe de 366 fotos. Usuários também requisitaram a colocação de figura e textos descrevendo a desordem. Esta solicitação também foi adicionada após análise dos dados obtidos na verificação

Visando facilitar a utilização do sistema para o usuário, inseriu-se na parte superior do sistema a barra de ferramentas e na parte inferior a barra de rolagem. A barra de ferramentas possui as opções de voltar à pergunta anterior, de parar a diagnose, de acessar o glossário de termos técnicos, de verificar lista de doenças, além de vídeo, histórico da cultura da macieira e sobre o sistema. A barra de rolagem foi colocada para facilitar o entendimento da diagnose. Sempre será exibida a pergunta anterior com a resposta fornecida pelo usuário e a próxima pergunta.

Em MoreCrop (Cu & Line, 1994), objetivando maior interatividade e facilidade na utilização do sistema, o teclado pode ser utilizado, mas o mouse oferece um caminho mais fácil e eficiente para navegar através do programa, simplesmente “apontando e clicando”. Menus, botões de controle, botões de

comando, ícones, gráficos e biblioteca são ferramentas para tornar mais fácil o uso de MoreCrop.

Em alguns SE desenvolvidos para diagnose de doenças foram incluídas informações sobre o manejo. Esta opção encontra-se nos SE desenvolvido por Pozza (1998) denominado 'TomEX', por Cu & Line (1994) o MORECROP, por Pinto (2001) o 'Doctor Coffee' e por Travis et al. (1992) o 'PSAOC'. A opção manejo de químicos no SE 'PSAOC' (Travis et al., 1992) é bem sucedida. Possivelmente, isso seja devido a interações entre os pesquisadores de diversas áreas e o objetivo principal deste SE, qual seja, a diminuição do uso de pesticidas, obtendo-se frutos de alta qualidade. Este módulo contém várias divisões: seleção de agrotóxicos, doses e intervalo de pulverização. Em todos submódulos foram observados vários fatores que poderiam afetar a seleção por um produto. Na seleção dos agrotóxicos, são considerados: estágio de crescimento da planta, severidade da doença no pomar, potencial de infecção do patógeno desde a última aplicação e número de dias até a colheita; doses e intervalo de pulverização; estágio de crescimento, taxa potencial da doença, preferência de intervalo de pulverização, quantidade de chuva e produto químico usado na última aplicação. Devido a todos estes cuidados a recomendação do SE contribui para um sistema mais sustentável.

Porém, no 'AppLES' optou-se por não colocar esta opção, devido a alguns fatores. O objetivo principal da aplicação de produtos fitossanitários na agricultura é o de eliminar ou controlar as pragas, doenças ou outros agentes prejudiciais às culturas. Para executá-la com eficiência, necessita-se conhecer o agente etiológico do dano, seu ciclo biológico e os pontos vulneráveis, os produtos mais eficientes, com menos danos ao ambiente e o equipamento mais adequado para sua aplicação (Palladini & Katsurayama, 2002). A tecnologia de aplicação consiste na aplicação de produtos fitossanitários, na aplicação dos conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto

biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas. Com isso, optou-se por não colocar a opção manejo no sistema.

São poucos os trabalhos que comentam o fato de utilizar ou não a recomendação do manejo. No trabalho realizado por Drapek et al. (1990), uma das principais discussões é sobre a inclusão de informações sobre pesticidas. Segundo estes autores, mudanças no registro e na efetividade dos pesticidas fazem com que a inclusão de alguma informação no manejo tenha a probabilidade ou a tendência a cair em desuso. Fazer recomendações sobre manejo de pesticidas é um risco, sob algumas circunstâncias; uma incorreta recomendação pode acarretar em sérias conseqüências.

Outro ponto a observar é que a recomendação de agrotóxicos é somente permitida aos técnicos e agrônomos com registro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA).

#### **4.4 Avaliação**

##### **4.4.1 Verificação**

Como o programa foi construído para ser utilizado tanto no campo quanto em pós-colheita, na fase de verificação foram consultados seis especialistas em diagnose e manejo de doenças da macieira, sendo três de campo e três de pós-colheita que não participaram do desenvolvimento do sistema.

Nesta fase da verificação, os especialistas utilizaram o sistema tentando chegar ao diagnóstico correto de 11 enfermidades. Entre elas encontravam-se doenças e pragas e obteve-se um acerto de 81,8% dos especialistas e 100% do sistema (Tabela 3).

A verificação do programa é uma fase importante, pois permite aperfeiçoar a lógica interna. Além disso, o alto índice de acerto deveu-se ao fato

de a lógica interna estar condizente com a realidade e a base de conhecimento bem detalhada e estruturada (Pozza, 1998; Pinto, 2001). Altos índices de acertos também foram obtidos no 'TomEx' (Pozza, 1998) e no 'Doctor Coffee' (Pinto, 2001). O sistema acertou 91,4% contra 86,7% dos especialistas e 91% do sistema contra 70% dos especialistas, respectivamente.

Dos SEs existentes em fitopatologia, poucos discutem a fase de verificação. Entre estes poucos, pode-se citar o 'PSAOC'. O grande sucesso do 'PSAOC' parece ser devido ao grande tempo dedicado à avaliação. O programa foi testado durante dois anos por produtores no campo. Mais de 140 produtores participaram como voluntários na primeira fase de avaliação. Desses, 26 produtores de maçã representativos da região produtora da Pensilvânia foram selecionados para o teste piloto. Com o objetivo principal de diminuir o uso de pesticidas obtendo frutos de alta qualidade, após 8 meses de uso do SE, 82,5% foram estimulados a aumentar o monitoramento de pestes e 65,2% fizeram mudanças no manejo.

TABELA 3 Verificação do programa AppLES, realizado por seis especialistas em doenças da macieira.

Diagnóstico laboratorial	Número de diagnóstico corretos		Porcentagem de acerto	
	Especialista	AppleEx	Especialista	AppleEX
Mancha foliar	6	6	100	100
Sarna	6	6	100	100
Cancro por <i>Pezicula</i>	0	6	0	100
Pulgão	6	6	100	100
Podridão <i>Pezicula</i>	6	6	100	100
<i>B. dothidea</i>	6	6	100	100
Podridão carpelar	5	6	83,3	100
Podridão <i>Botrytis</i>	3	6	50	100
Podridão <i>Penicillium</i>	6	6	100	100
Podridão <i>Alternaria</i>	4	6	66,7	100
Podridão <i>Glomerella</i>	6	6	100	100
% de acerto			81,8	100

O principal problema ocorrido com especialistas na verificação do 'AppLES' foi em relação ao cancro de ramos, cujo agente etiológico é *Pezicula malicorticis*. Por apresentar sintoma externo semelhante ao cancro de *Botryosphaeria dothidea* e ser uma doença de identificação recente no país, todos os especialistas erraram este diagnóstico, enquanto que ao utilizarem o sistema, obtiveram 100% de acerto. Os menores acertos, 50% e 66,7%, foram relacionados a *Botrytis e Alternaria*, respectivamente. Isto ocorreu porque estes patógenos infectam a maçã em pós-colheita e os especialistas de campo não estão familiarizados com moléstias de pós-colheita. *Botrytis e Alternaria* manifestam-se exclusivamente após a colheita, quando são armazenados os frutos. Por este motivo, obtiveram-se menores índices de acertos nestas duas enfermidades.

O principal problema encontrado foi no módulo podridão quando pede-se para diferenciar a maçã doente quanto à sua consistência: mole ou firme. A maioria dos especialistas teve dúvidas quanto a este conceito. Após análise detalhada desta fase, realizaram-se pequenas modificações na base de conhecimento do SE.

Para melhorar a diagnose, sugere-se, antes de iniciá-la, observar a opção esclarecimentos. Esta opção, contém o significado de alguns termos que poderiam causar dúvidas no decorrer da diagnose. Os termos são: deprimida, saliente, cv. Golden, micélio, mofo, teia, estrutura dos patógenos, 'russeting', exsudação, consistência firme e mole, seca, úmida e irregular.

Na estrutura da base de conhecimentos foram feitas modificações no módulo folhas, que foi dividido em 5 ramos. No módulo frutos, algumas perguntas responsáveis por causar dúvidas no entendimento foram melhoradas. O principal problema detectado foi em relação à diferenciação de cores, como amarelo, marrom e preto.

O mesmo foi observado no trabalho de Yialouris et al. (1997). Ao utilizar o sistema especialista pela primeira vez, um grande número de estudantes expressou dificuldade em distinguir mudanças da cor da folha associada com certas desordens. Confusões ocorreram na diferenciação das cores verde para verde-claro para amarelo-claro associadas com deficiência de nitrogênio em alface e pepino, causando certo grau de incerteza.

Foram melhoradas também as fotografias no módulo frutos e folhas. Acrescentaram-se também três novas desordens: dano por amônia, deficiência por nitrogênio e anaerobiose.

A parte relacionada a pragas também foi verificada por especialista da área. Realizaram-se pequenas modificações no módulo frutos, ao qual características mais marcantes relacionadas a estas pragas foram adicionadas, visando facilitar o diagnóstico correto.

Após análise do teste qui-quadrado ( $P \leq 0,01$ ), de acordo com o resultado verificou-se não haver diferença entre a frequência observada e a esperada (Tabela 4). Isto demonstra a eficiência do SE na diagnose.

**TABELA 4** Porcentagem de diagnósticos corretos e teste qui-quadrado para a verificação e validação do 'AppLES'.

Fase	Nível de conhecimento	(%)		$\chi^2$ (*) calculado
		Usuário	AppLES	
Verificação	Especialistas	81,8	100	1,11
	Graduação	0,0	97,0	0,55
Validação	Pós-graduação em Fitopatologia	0,0	99,4	0,98
	Pós-graduação em outras áreas	0,0	98,8	0,86
	Média (Validação)	0,0	98,4	0,80

\* Significativo a 1 % de probabilidade

#### 4.4.2 Validação

Revisado o sistema completo, iniciou-se a fase de validação. O índice médio de acerto obtido pelo sistema foi de 98,4%, enquanto os usuários não tiveram acerto (0%). Nesta fase também foi realizado o teste de qui-quadrado ( $P \leq 0,01$ ), o qual demonstrou a confiabilidade do programa em realizar o diagnóstico. De acordo com o resultado, verificou-se não haver diferença entre a frequência observada e a esperada (Tabela 4). A inclusão de fotografias no decorrer do programa facilitou o diagnóstico correto, permitindo que usuários de diferentes níveis de conhecimento utilizassem o programa, atingindo os mesmos resultados e chegando ao diagnóstico correto.

Pozza (1998), na fase de validação do sistema 'TomEx', utilizou estudantes de três diferentes níveis de conhecimento e obteve, em todos os índices, acertos superiores a 95%, demonstrando que a lógica interna do sistema e a base de conhecimentos foram bem detalhadas e condizentes com a realidade. O 'Doctor Coffee', desenvolvido por Pinto (2001; 2003), obteve resultados semelhantes nesta fase do programa. Foi utilizado também estudantes de três diferentes níveis de conhecimento, com grande diferença entre a média de acertos dos usuários (35,7%) e a do sistema (96,7%), demonstrando o potencial de sua utilização como ferramenta de apoio à decisão para diagnose e ao ensino de fitopatologia.

Resultados semelhantes, porém com maiores diferenças percentuais entre a média de acertos dos usuários, foram obtidos no 'AppLES'. Dos 45 usuários, nenhum acertou o diagnóstico antes de utilizar o sistema; já após sua utilização, o índice de acerto aumentou para 98,4%. Como o 'Doctor Coffee', o 'AppLES' também demonstrou grande potencial para ser utilizado como ferramenta de treinamento para diagnose.

No SE desenvolvido por Pasqual (1994), quando foi feita uma segunda avaliação, em 1991, identificou-se um número de problemas com aceitação do

usuário ao sistema. O maior problema foi a falta de disponibilidade de 'hardware' para "correr" o programa e alguns reconheceram que o sistema foi lento e as respostas nem sempre eram instantâneas.

Portanto, apesar do grande interesse dos produtores, de consultores técnicos e das empresas produtoras de maçã, o programa necessitará ainda passar por uma revisão, para verificar o tipo de 'hardware' que o sistema irá requerer e algumas possíveis correções.



## 5 CONCLUSÕES

O conhecimento pode ser extraído dos pesquisadores e especialistas, organizado e disponibilizado para a comunidade na forma de um sistema especialista.

O sistema 'AppLES' foi promissor como ferramenta de treinamento para identificar doenças da macieira.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MAÇÃ - ABPM.  
Disponível em: <<http://www.macabrasileira.com.br/>>. Acesso em: 22/01/2004.

BLEICHER, J.; MELZER, R.; BERTON, O.; BONETI, J. I. da S.; DRIESSEN, A. C. Doenças da macieira. In: EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, SC. 1986. p. 380-442.

BONETI, J. I. da S.; KATSURAYAMA, Y. Doenças da macieira (*Malus domestica* Bork.) In: BONETI, J. I. da S.; RIBEIRO, L. G.; KATSURAYAMA, Y. **Manual de identificação de doenças e pragas da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 1999. p. 13-95.

BONETI, J. I. da S.; KATSURAYAMA, Y.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Manejo da sarna na produção integrada de maçãs**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2001. 19 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 30).

BOWDEN, R. O.; LUTTRELL, R. G.; SHIN, W. S. Decision aid for managing cotton insects. **Interfaces**, Epkridge, v. 22, n. 4, p. 86-94, July/Aug. 1992.

BOYD, D. W.; SUN, M. K. Prototyping an expert system for diagnosis of potato diseases. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 259-267, June 1994.

CAMPOS, F. C. A. Qualidade de software agropecuário. In: CONGRESSO DA SBI-AGRO. Agrosoft 99, 2., 1999. Disponível em: <<http://agrosoft.softex.Br/agrosobr/ver.php?page=ss>>. Acesso em: 10 ago. 2003.

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2 , p. 221-230, May 2002.

CANTERI, M. G.; GIGLIOTTI, E. A.; VIRGENS FILHO, J. S. das; VAZ, M. S. M. G.; FOLTRAN JÚNIOR, D. C.; ROCHA, J. C. F. da. Tecnologia da informação aplicada à fitopatologia. In: CONGRESSO DA SBI-AGRO- Agrosoft 99, 2., 1999. Disponível em: <<http://agrosoft.softex.Br/agrosobr/ver.php?page=ss>>. Acesso em: 10 ago. 2003.

CARISTI, T.; SCHAREN, A. L.; SHARP, E. L. et al. Development and preliminary testing of EPINFORM, an expert system for predicting wheat disease epidemics. *Plant Disease*, St Paul, v. 71, n. 12, p. 1147-1150, Dec. 1987.

CARRASCAL, M. J.; PAU, L. F. A survey of expert systems in agriculture and food processing. *AI Applications*, Moscow, v. 6, n. 2, p. 27-49, 1992.

CLARKE, N. D.; SHIPP, J. L.; PAPADOPOULOS, A. P.; JARVIS, W. R.; KHOSLA, S.; JEWETT, T. J.; FERGUSON, G. Development of the Harrow Greenhouse Manager: a decision-support system for greenhouse cucumber and tomato. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 195-204, Dec. 1999.

CRASSWELLER, R. M.; TRAVIS, J. W.; RAJOTTE, E. G.; McCLURE, J.; HEINEMANN, P. H. Building expert systems for use by commercial farmers. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 313, p. 205-208, 1992.

CU, R. M.; LINE, R. F. An expert advisory system for wheat disease management. *Plant Disease*, St Paul, v. 78, n. 2, p. 209-215, Feb. 1994.

DRAPEK, R. J.; CALKIN, J. A. ; FISHER, G. C. A hazelnut pest management expert system. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 276, p. 21-25, 1990.

EDWARDS-JONES, G. Knowledge-based systems for pest management: An applications-based review. *Pesticide Science*, Chichester, v. 36, n. 2, p. 143-153, 1992.

FAYET, J. C. An expert system to diagnose carnation diseases. *Acta horticulturae*, Wageningen, n. 216, p. 141-145, 1987.

FRAHM, J.; VOLK, T. PRO-PLANT a computer based decision-support system for cereal disease control. *Bulletin OEPP/EPPO*, Wageningen, v. 23, p. 685-693, 1993.

GEISSMAN, J. R.; SCHULTZ, R. D. Verification and validation of expert systems. *AI Expert*, San Francisco, v. 1, n. 1, p. 26-33, 1988.

GENARO, S. *Sistemas especialistas: o conhecimento artificial*. Rio de Janeiro: LCT – Livros Técnicos e Científicos, 1986. 192 p.

GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A.; LOMBARDI neto, F. Sistema especialista para determinação da capacidade de uso da terra. In: CONGRESSO DA SBI-AGRO. Agrosoft 99, 2., 1999. Disponível em: <<http://agrosoft.softex.Br/agrosobr/ver.php?page=ss>>. Acesso em: 10 ago. 2003.

GONZALEZ, A. J.; DANKEL, D. D. **The engineering of knowledge-based systems**. New Jersey: An Alan R. Apt Book, 1992. 523 p.

Grupo SINTA – Sistema INTeligentes Aplicados, Expert Sinta V. 1. 1 Manual do usuário. Universidade Federal do Ceará. (1996). Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br>>. Acesso em: 10 ago. 2003.

GUAY, R.; GAUTHIER, L. Knowledge representation in a tomato disorder diagnoses system. **Computers and Eletronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 21-32, 1991.

HACKETT, C.; VANCLAY, J. K. Mobilizing expert knowledge of tree growth with the PLANTGRO and INFER systems. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 106, n. 2/3, p. 233-246, Mar. 1998.

HALEY, S.; CURRANS, K. G.; CROFT, B. A. A computer aid for decision-making in apple pest management. **Acta horticulturae**, Wageningen, n. 276, p. 27-38, 1990.

HARMON, P.; KING, D. **Expert systems: artificial intelligence in business**. New York: John Wiley, 1985. 283 p.

HEINEMANN, P. H.; CALVIN, D. D.; AYERS, J. et al. Maize a decision support system for management of field corn. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 8, n. 3, p. 407-414, May/June 1992.

HOCINE, A.; TAMINE, K. Un système à base de connaissances d'aide a la detection de troubles du mais. In: INTERNATIONAL WORKSHOP APLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO AGRICULTURAL, AGRO CHEMICAL, AND FOOD PROCESSING INDUSTRIES, 1988, Caen. **Proceedings ... Caen: Conscil regional de Basse-normandie & EC2**, 1988. p. 278-289.

HUGGINS, L. F.; BARRET, J. R.; JONES, D. D. Expert systems: concepts and opportunities. **Agricultural Engineering**, St Joseph, v. 67, n. 1, p. 21-23, Jan./Feb. 1986.

INSTRUÇÃO NORMATIVA 06/2000. Disponível em:

<[http://www.mko.com.br//index.html\\_jornalagapomi](http://www.mko.com.br//index.html_jornalagapomi)>. Acesso em: 22 jan. 2004.

JACKSON, P. **Introduction to expert systems**. California: Addison Wesley Publishing Company, 1990. 526 p.

JONES, M. J. COUNSELLOR: A cereal disease advisory program. In: INTERNATIONAL WORKSHOP APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO AGRICULTURAL, AGRO CHEMICAL, AND FOOD PROCESSING INDUSTRIES, 1988, Caen. **Proceedings...** Caen: Conscil regional de Basse-normandie & EC2, 1988. p. 188-203.

JONES, T. H.; MUNFORD, J. D.; COMPTON, J. A. F.; NORTON, G. A.; TYLER, P. S. Development of an expert system for pest control in tropical grain stores. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 3, p. 335-347, 1993.

KABLE, P. F. An expert system to assist orchardists in the management of rust disease of French prunes. **AI applications**, Idaho, v. 5, n. 3, p. 59-61, 1991.

KEMP, R.; STEWART, T.; BOORMAN, A. Improving the expert system interface. **AI Application Natural Research Management**, Moscow, v. 2, p. 48-53, 1988.

KERR, D. V.; COWAN, R. T.; CHASELING, J. DAIRYPRO—a knowledge-based decision support system for strategic planning on sub-tropical dairy farms. I. System description. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 59, n. 3, p. 245-255 Mar. 1999.

LATIN, R. X.; MILES, G. E.; RETTINGER, J. C. et al. An expert systems for diagnosing muskmelon disorders. **Phytopathology**, St Paul, v. 74, n. 1, p. 83-87, Jan. 1990.

LONGSTAFF, B. C. PestMan: A decision support system for pest management in the Australian central grain-handling system. **AI Applications**, Idaho, v. 8, n. 3, p. 13-22, 1994.

MAHAMAN, B. D.; HARIZANIS, P.; FILIS, I.; ANTONOPOULOU, E. YIALOURIS, C. P.; SIDERIDIS, A. B. A diagnostic expert system for honeybee pests. **Computers and Electronics in Agriculture**, Denmark, v. 36, n. 1 p. 17-31, Oct. 2002.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; CRUZ, S. A. B. da; SOUZA, de. Diagnose virtual:Um sistema para diagnóstico de doenças do milho via Web. In: CONGRESSO DA SBI-AGRO. Agrosoft 99, 1999. Disponível em: <<http://agrosoft.softex.Br/agrosobr/ver.php?page=ss>>. Acesso em: 10 ago. 2003.

MATEOS, L.; LÓPEZ-CORTIJO, I.; SAGARDOY, J. A. SIMIS: the FAO decision support system for irrigation scheme management **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 193-206, Aug. 2002.

MICHALSKI, R. S.; DAVIS, J. H.; BISHT, V. S.; SINCLAIR, J. R. PLANT/ds: an experimental computer consulting system for the diagnosis of soybean diseases. **Phytopathology**, St. Paul, v. 71, p. 272, 1981. (Abstr.).

MULLER, D. N. **Inteligência artificial**. Disponível em: <<http://www.ulbra.tche.br/~danielnm/ia/ia.ht>>. Acesso em: 2002.

NARDI, D.; NARDI, M.; NARDI, S. UVA: User-friendly viticulture advisor. Knowledge systems and farming. In: INTERNATIONAL WORKSHOP APLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO AGRICULTURAL, AGRO CHEMICAL, AND FOOD PROCESSING INDUSTRIES, 1988, Caen. **Proceedings...** Caen: Consil regional de Basse-normandie & EC2, 1988. p. 278-289.

NASH, B. L.; SAUNDERS, M. C.; MILLER, B. J. et al. Foreshealth an expert system for assessing foliar and crown health of selected northern hardwoods. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 22, n. 11, p. 1770-1775, 1992.

OLSON, R. L.; WAGNER, T. L. WHIMS, A knowledge-based system for cotton pest management. **AI Applications**, Idaho, v. 6, n. 1, p. 41-58, 1992.

PALLADINI, L. A.; KATSURAYAMA, Y. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. p. 637-659.

PASQUAL, G. M. . Development of an expert system for the identification and control of weeds in wheat, triticale, barley and oat crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, West Lafayette, v. 10, n. 2, p. 117-134, Mar. 1994.

PASQUAL, G. M.; MANSFIELD, J. Development of a prototype expert system for identification and control of insect pests. **Computers and Electronics in Agriculture**, West Lafayette, v. 2, p. 263-276, 1988.

PERES, N. A. R.; KIM, S.; BECK, H. W.; SOUZA, N. L.; TIMMER, L. W. A fungicide application decision (FAD) support system for postbloom fruit drop of citrus (PFD). Online. Plant Health Progress doi: 10. 1094/PHP-2002-0731-01-RV. Disponível em: <<http://it.ifas.ufl.edu/disc/pfd>>. Acesso em: 10 out. 2002.

PERIS, M. Present and future of expert systems in food analysis. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 454, n. 1, p. 1-11, Mar. 2002.

PERRIER, X.; LACOEUILHE, J. J. DIANA: A diagnosis aid system for pineapple growing. **Fruits**, Paris, v. 46, n.4, p. 351-354, July/Aug. 1991.

PINTO, A. C. S. **Sistema especialista para diagnose e manejo de problemas fitossanitários e redes neuronais para descrever epidemias da ferrugem do café**. 2001. 91p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PINTO, A. C. S.; POZZA, E. A.; TIMÓTEO, G. T. S.; SOUZA, P. E.; CASTRO, H. A.; POZZA, A. A. A.; MAFIA, L. A. Desenvolvimento e validação de sistema especialista para diagnose e manejo de doenças do cafeeiro. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 29, n. 3, p. 283-285, jul./set. 2003.

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**, Alexandria, v. 24, n. 4, p. 700, Aug. 1989.

POZZA, E. A. **Desenvolvimento de sistemas especialistas e redes neuronais e suas aplicações em fitopatologia**. 1998. 139 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RAJOTTE, E. G.; BOWSER, T.; TRAVIS, J. W.; CRASSWELLER, R. M.; MUSSER, W.; LAUGHLAND, D.; SACHS, C. Implementation and adoption of an agricultural expert system: The penn state apple orchard consultant. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 313, p. 227-231, 1992. RINALDI, R. Turbo Pascal: versão 5. 5. São Paulo: Érica, 1990. 567 p.

ROACH, J.W.; VIRLAR, R.; DRAKE, C. et al. An expert system for helping apple growers. *Computers and Eletronics in Agricultural*, Amsterdan, v.2, n.1, p.97-108, 1987.

ROACH, J. W.; VIRKAR, R. S.; WEAVER, M. J. et al. POMME: A computer based consultation system for apple orchard management using. PROLOG. *Expert Systems*, Oxford, v. 2, n. 2, p. 56-69, 1985.

SANDS, D. C.; SHARP, E. L.; SCHAREN, A. L. et al. An expert system for predicting crop disease epidemics. *Phytopathology*, St. Paul, v. 76, n. 10, p. 1083, Oct. 1986. (Abstracts).

SANHUEZA, M. V. Outras Estratégias de Pesquisa e Desenvolvimento na Produção Integrada de Frutas. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 2., 2000, Bento Gonçalves, RS. *Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000. p. 60-63. (Embrapa Uva e Vinho, Documentos 28).*

SANHUEZA, R. M. V. Características e controle de *Glomerella cingulata* (*C. gloeosporioides*), agente causal da mancha das folhas e frutos da macieira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. 16 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 54).

SANHUEZA, R. M. V. Podridão de frutos e cancro dos ramos causados por *Cryptosporiopsis perennans* nas macieiras. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2001. 7 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 29).

SAUNDERS, M. C.; HAESELER, C. W.; TRAVIS, J. W.; et al. GRAPES: an expert system for viticulture in Pennsylvania. *AI Application Natural Research Management*, Idaho, v. 1, n. 2, p. 13-20, 1987.

SECHER, J. M.; MURALI, N. S. The use of a computer-based decision support system to evaluate new parametrs in crop protection research. *Bulletin OEPP/EPO*, Wageningen, v. 23, p. 663-667, 1993.



SHIPP, J. L.; CLARKE, N. D.; JARVIS, W. R. et al. Expert system for integrated crop management of greenhouse cucumber. **IOBC wprs Bulletin**, Wageningen, v. 16, n. 2, p. 149-52, 1993.

SHTIENBERG, D.; DINOOR, A.; MARANI, A. Wheat Disease Control Advisory, a decision support system for management of foliar diseases of wheat in Israel. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Guelph, v. 12, n. 2, p. 195-203, 1990.

TENG, P. S.; ROUSE, D. I. Understanding computers: applications in plant pathology. **Plant Disease**, St. Paul, v. 68, n. 6, p. 539-43, June 1984.

TRAVIS, J. W.; LATIN, R. X. Development, implementation, an adoption of expert systems in plant pathology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 19, p. 343-360, 1991.

TRAVIS, J. W.; RAJOTTE, E.; BANKERT, R. HICKEY, K. D.; HULL, L. A.; EBY, V.; HEINEMAMM, P. H.; CRASSWELLER, R.; McCLURE, J.; BOWSER, T.; LAUGHLAND, D. A working description of the penn state apple orchard consultant, an expert system. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 6, p. 545-554, June 1992.

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

VANDERMAAS, A. A. Development of a decision support system for crop protection in glasshouse horticulture. In: **INTERNACIONAL CONGRESS OF TECHNOLOGY IN AGRICULTURE**, 4., 1992, Versailles. **Proceedings....** Versailles, 1992. p. 94-98.

VANDEVENDER, K. W.; COSTELLO, T. A.; FERGUSON, J. A.; et al. Weed management support system for rice producers. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 10, n. 4, p. 573-578, July/Aug. 1994.

WERF, H. M. G van der.; ZIMMER, C. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. **Chemosphere**, Oxford, v. 36, n. 10, p. 2225-2249, Oct. 1998.

WILMES, G. J.; MARTIN, D. L.; SUPALLA, R. J. Decision support system for design of center pivots. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, n. 1, p. 165-175, Jan./Feb. 1993.

YIALOURIS, C. P.; PASSAM, H. C.; SIDERIDIS, A. B.; MÉTIN, C. VEGES-  
A multilingual expert system for the diagnosis of pests, diseases and nutritional  
disorders of six greenhouse vegetables. **Computers and Electronics in  
Agriculture**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 55-67, Dec. 1997.

YIALOURIS, C. P.; SIDERIDIS, A. B. An expert system for tomato diseases.  
**Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 61-76,  
1996.

ROACH, J.W.; VIRKAR, R.S.; WEAVER, M.J.; et al. POMME: A computer  
based consultation system for apple orchard management using PROLOG.  
**Expert systems**. Oxford, v.2, n.2, p.56-69, 1985.

ROACH, J.W.; VIRLAR, R.; DRAKE, C. et al. An expert system for helping  
apple growers. **Computers and Electronics in Agricultural**, Amsterdam, v.2,  
n.1, p.97-108, 1987.

SANDS, D.C.; SHARP, E.L.; SCHAREN, A.L. et al. An expert system for  
predicting crop disease epidemics. **Phytopathology**, St Paul, v.76, n.10, p.1083.  
1986 (Abstracts).

SANHUEZA, M.V. Outras Estratégias de Pesquisa e Desenvolvimento na  
Produção Integrada de Frutas. In: NACHTIGAL, G.R.; CZERMARWSKI,  
A.B.C. (eds) II Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas. Bento  
Gonçalves, RS, 2000. **Anais...** Bento Gonçalves. Embrapa Uva e Vinho, 2000.  
p.60-63. (Embrapa Uva e Vinho, Documentos 28).

SANHUEZA, R. M. V. Características e controle de *Glomerella cingulata* (*C.  
gloeosporioides*), agente causal da mancha das folhas e frutos da macieira.  
Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999, 16p. (Embrapa Uva e Vinho.  
Circular Técnica, 54).

SANHUEZA, R.M.V. Podridão de frutos e cancro dos ramos causados por  
*Cryptosporiopsis perennans* nas macieiras. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e  
Vinho, 2001, 7p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 29).

SAUNDERS, M.C.; HAESLER, C.W.; TRAVIS, J.W.; et al. GRAPES: an  
expert system for viticulture in Pennsylvania. **AI Application Natural  
Research Management**, Idaho, v.1, n.2, p.13-20, 1987.

SECHER, J.M.; MURALI, N.S. The use of a computer-based decision support system to evaluate new parameters in crop protection research. **Bulletin OEPP/EPPO Bulletin** 23, 663-667, 1993.

SHIPP, J.L.; CLARKE, N.D.; JARVIS, W.R.; et al. Expert system for integrated crop management of greenhouse cucumber. **IOBC wprs Bulletin**, v.16, n.2, p.149-52, 1993.

SHTIENBERG, D.; DINOOR, A.; MARANI, A. Wheat Disease Control Advisory, a decision support system for management of foliar diseases of wheat in Israel. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Guelph, v.12, n.2, p.195-203, 1990.

SUGUMARAN, R.. Development of an integrated range management decision support system. **Computers and Electronics in Agriculture**. West Lafayette, v.37, n.1-3 p. 199-205, 2002.

TENG, P.S. & ROUSE, D.I. Understanding computers: applications in plant pathology. **Plant disease**, 68, 539-43, 1984.

TRAVIS, J.W. & LATIN, R.X. Development, implementation, an adoption of expert systems in plant pathology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.19, p.343-360, 1991.

TRAVIS, J.W.; RAJOTTE, E.; BANKERT, R. HICKEY, K.D.; HULL, L.A.; EBY, V.; HEINEMANN, P.H.; CRASSWELLER, R.; McCLURE, J.; BOWSER, T.; and LAUGHLAND, D. A working description of the penn state apple orchard consultant, an expert system. **Plant Disease**, v.76, n.6, p.545-554, 1992.

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

VANDERMAAS, A.A. Development of a decision support system for crop protection in glasshouse horticulture. In: **INTERNACIONAL CONGRESS OF TECHNOLOGY IN AGRICULTURE**, 4, 1992. Versailles. Proceedings ... Versailles:1992. p.94-98.

VANDEVENDER, K.W.; COSTELLO, T.A.; FERGUSON, J.A.; et al. Weed management support system for rice producers. **Applied engineering in agriculture**. v.10, n.4, p.573-578, 1994.

**WERF, H.M.G van der. & ZIMMER, C. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system *Chemosphere*, v.36, n.10, p.2225-2249, 1998.**

**WILMES, G.J.; MARTIN, D.L.; SUPALLA, R.J. Decision support system for design of center pivots. *Transactions of the ASAE*. v.37, n.1, p.165-175,. 1993**

**YIALOURIS, C.P.; PASSAM, H.C.; SIDERIDIS, A. B. ; MÉTIN, C. VEGES- A multilingual expert system for the diagnosis of pests, diseases and nutritional disorders of six greenhouse vegetables. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v.19, n.1, p. 55-67, Dec.1997.**

**YIALOURIS, C.P.; SIDERIDIS, A. B. An expert system for tomato diseases. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v.14, n.1, p. 61-76, 1996.**