

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

HENRIQUE ROCHA SILVA LEMOS

**SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNOSE DE DOENÇAS NAS CULTURAS DA SOJA E DO
MILHO**

**Uberlândia – MG
Agosto – 2006**

HENRIQUE ROCHA SILVA LEMOS

SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNOSE DE DOENÇAS NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Fernando César Juliatti

Uberlândia – MG
Agosto - 2006

HENRIQUE ROCHA SILVA LEMOS

SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNOSE DE DOENÇAS NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 29 de agosto de 2006

Prof. Dr. Fernando César Juliatti
Orientador

Prof. PhD. Lísias Coelho
Membro da Banca

M.Sc. Afonso Maria Brandão
Membro da Banca

RESUMO

A inteligência artificial se presta a diversas aplicações que podem ser úteis ao ser humano, principalmente através de sistemas especialistas. Em fitopatologia diversos sistemas já foram desenvolvidos para auxiliar o homem na diagnose de doenças de plantas. Este trabalho teve o objetivo de desenvolver um sistema especialista para diagnose de doenças nas culturas do milho e da soja. A construção do sistema seguiu etapas descritas por HARMON; KING (1985) que consiste de quatro fases distintas: i) seleção do problema; ii) desenvolvimento do protótipo; iii) desenvolvimento do sistema especialista completo; e iv) avaliação. O sistema especialista desenvolvido é capaz de realizar a diagnose de 27 doenças bióticas e abióticas para o milho e 14 doenças bióticas e abióticas para a soja. Contando com 72 fotografias para a cultura do milho e 20 fotografias para a cultura da soja. O sistema foi avaliado por alunos da Universidade Federal de Uberlândia, obtendo um índice de acerto de 87,5%, sendo de 80% para a cultura do milho e de 100% para a cultura da soja, muito embora o pequeno numero de doenças avaliadas para a cultura da soja possa ter sido insuficiente para caracterizar sua acuracidade. O fator de confiança médio do sistema para as duas culturas foi de 83,3%. Os alunos avaliados obtiveram média de 54,1% de acerto, sendo 52% para a cultura do milho e 55% para a cultura da soja.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Histórico.....	7
2.1 Sistemas especialistas desenvolvidos para fitopatologia	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Seleção do problema.....	10
3.2 Desenvolvimento do protótipo.....	10
3.3 Desenvolvimento do sistema especialista completo.....	11
3.4 Avaliação.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1 Aquisição do conhecimento.....	12
4.2 Organização do conhecimento.....	12
4.3 Desenvolvimento do sistema especialista completo.....	14
4.4 Avaliação.....	17
5 CONCLUSÕES.....	19
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
REFERÊNCIAS	21
APÊNDICE.....	23

1 INTRODUÇÃO

As culturas do milho (*Zea mays* L.) e da soja (*Glycine max* L.) são de grande importância no cenário agrícola brasileiro e mundial, fornecendo produtos utilizados na alimentação humana, animal e matéria-prima para a indústria. São culturas que tem suas produtividades afetadas por diversos fatores como temperatura, disponibilidade de água, fotoperíodo, fertilidade do solo, interferências causadas por plantas infestantes e pela ocorrência de pragas e doenças.

Na cultura do milho, considerando-se os danos causados apenas por doenças foliares, tem-se que, segundo Fancelli (1988), uma destruição de 25% da área foliar do milho em sua porção terminal, próximo ao florescimento o que pode reduzir em 32% a produção. Na cultura da soja doenças como a ferrugem asiática, em alta severidade podem reduzir rendimento de grãos em até 70%. A perda por ferrugem, no Brasil, em 2002, foi estimada em 112.000 toneladas, ou US\$ 24,7 milhões, considerando o valor de US\$ 220,50 por tonelada de grão (YORINORI, 2002; YORINORI et al., 2002). De acordo com dados do Agriannual, 2006, 10% do custo de produção na cultura da soja são referentes a aplicações de fungicidas para o controle de doenças. Para que seja possível ao produtor praticar uma agricultura competitiva e rentável, é imprescindível que se faça correta diagnose dos sintomas apresentados pela cultura para que se possa planejar medidas exatas e efetivas de controle, no momento mais adequado.

A diagnose correta de doenças é um problema de difícil solução em decorrência da grande variabilidade dos sintomas, do número de agentes causais, além da facilidade de se confundir distúrbios causados por agentes bióticos e por agentes abióticos, podendo ser realizada com segurança apenas por especialistas da área de fitopatologia que possuem conhecimento e experiência sobre o assunto, além do auxílio de equipamentos e técnicas de laboratório.

Para a diagnose de doenças, o conhecimento pode estar disponível aos agricultores na forma de livros, apostilas, fitas de vídeo e, também, de programas de computador (POZZA, 1998).

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), que usam o conhecimento e simulam a lógica da decisão para resolver problemas de difícil solução, somente resolvidos por especialistas (HARMON ;KING, 1985).

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um sistema especialista para diagnose de doenças nas culturas do milho e da soja, que também seja capaz de diagnosticar distúrbios de origem abiótica ou de origem gênica, de maior ocorrência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico

Desde a Segunda Guerra Mundial, os cientistas da computação tentam desenvolver técnicas que permitam que os computadores atuem mais como os seres humanos. Todo o esforço da pesquisa, incluindo os sistemas decisórios, dispositivos robóticos e as várias abordagens à fala do computador chama-se usualmente inteligência artificial. Contudo, uma coleção de técnicas de inteligência artificial que capacitam computadores a ajudarem as pessoas a analisar problemas e a tomar decisões, chamados sistemas especialistas baseados no conhecimento, comprovou recentemente o seu valor. Os sistemas especialistas estão sendo desenvolvidos para ajudar os administradores nas complexas tarefas de planejar e esquematizar, diagnosticar doenças, localizar depósitos minerais, configurar equipamentos de computador complexos e auxiliar a mecânica a consertar problemas de locomotivas (HARMON; KING, 1985).

Atualmente, a inteligência artificial é composta de quatro subáreas principais: robótica e sistemas sensores, interpretação da linguagem natural, visão computacional e reconhecimento de cenas e sistemas especialistas. (MCKINION; LEMMON, 1985; RICH, 1991). A maioria dos especialistas concorda que a inteligência artificial é composta de dois segmentos básicos. O primeiro envolve o estudo dos processos do pensamento humano, para entender o significado da inteligência, e o segundo processa a maneira de pensar do ser humano, via máquina (TURBAN, 1995), *apud* Pozza, 1998.

Dentro das aplicações da inteligência artificial, destaca-se o desenvolvimento de “sistemas de apoio à decisão”, os quais procuram auxiliar não-especialistas nas mais variadas áreas do conhecimento. Em outras palavras, a inteligência artificial não procura substituir o homem, raciocinar como ele, mas sim ajudá-lo, como ferramenta de auxílio na tomada de decisão (POZZA, 1998).

Para tornar possível o acesso de não-especialistas às mais diversas áreas do conhecimento, foram criados os sistemas especialistas, um dos mais promissores ramos da tecnologia da informação. Os sistemas especialistas inicialmente receberam ênfase na área de diagnósticos médicos (HARMON; KING, 1985). Contudo, com o desenvolvimento da tecnologia, as aplicações tornaram-se mais generalizadas, passando a incluir áreas de

relevância para profissionais dos mais diversos campos do conhecimento. Para realizar essa tarefa, o conhecimento do especialista é ordenado de forma simbólica, para permitir tratamento computacional, possibilitando aos não-especialistas interagir com o computador e obter soluções para um determinado problema (SILVA, 1990; BLAIKIE et al., 1997; WALKER et al., 1997) *apud* Pozza, 1998.

Segundo Edward-Jones (1993), a utilização de sistemas especialistas pode também ser justificável nas seguintes situações: i) um especialista humano em determinada área é escasso no mercado, assim, seu conhecimento pode ser preservado nos sistemas especialistas para uso futuro, pois este especialista poderá aposentar-se, mudar de trabalho ou falecer; ii) o conhecimento do especialista pode ser disseminado por um programa de computador para não-especialistas em outras regiões geográficas onde, até então, não era possível a solução de alguns problemas; iii) para enriquecer as conclusões sobre uma determinada decisão, podendo, desta forma, concentrar-se em outros pontos básicos de um determinado problema; iv) o sistema especialista pode ser utilizado como uma ferramenta de treinamento e, então, proporcionar mais conhecimento ao especialista dentro do seu domínio.

Os sistemas especialistas têm sido amplamente utilizados em todo o mundo, em várias áreas, como no meio bancário, judicial, militar e médico, na engenharia, medicina, química e agricultura (Waterman, 1986) *apud* Pozza, 1998. Segundo o levantamento realizado por Edward-Jones (1993), até aquele ano haviam mais de 300 sistemas especialistas desenvolvidos para a área da agricultura, e até o final da década de 90 haviam mais de 30 sistemas desenvolvidos na área de fitopatologia (POZZA, 1998).

2.2 Sistemas especialistas desenvolvidos para fitopatologia

Diversos sistemas especialistas já foram desenvolvidos na área de fitopatologia até o presente momento, para as mais variadas culturas. A seguir, será comentado um pouco sobre alguns sistemas que foram importantes na evolução dos sistemas especialistas, e também comentar-se-á sobre sistemas recentes criados em fitopatologia.

O primeiro sistema especialista desenvolvido em fitopatologia, em 1981, por Michalski et al. (1983), com o objetivo de diagnosticar 17 doenças da soja, nos Estados Unidos. O programa foi batizado de PLANT/ds, e foi construído em um computador de grande porte, através da linguagem PASCAL.

Roach et al. (1985) desenvolveram seu sistema, o POMME, para ser utilizado em pomares de maçã. Este foi o primeiro sistema especialista a incorporar a lógica da decisão do especialista na tomada de decisão nas práticas de manejo de doenças e pragas, no controle da seca e na injúria pelo frio. O POMME foi desenvolvido na linguagem PROLOG e foi também o primeiro sistema especialista a incorporar uma grande base de conhecimentos em seu sistema.

Latin et al. (1990) construíram o MDMS, sistema especialista para a diagnose de doenças no melão, no estado de Indiana nos Estados Unidos. Este foi um sistema inovador por incluir 28 fotografias coloridas, que auxiliam o usuário na identificação da desordem. Inclui, também, o nível de confiança a ser depositado nas conclusões.

O WDCA, desenvolvido por Shtienberg et al. (1990), para o manejo de doenças do trigo em Israel foi um sistema que contou com um trabalho de divulgação, propaganda, palestras, com o intuito de conscientizar o produtor quanto aos benefícios da utilização do sistema especialista.

Pozza (1998) desenvolveu o TomEx-UFV, um sistema especialista para a diagnose de doenças na cultura do tomateiro e desenvolveu também uma rede neuronal para descrever a epidemia da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer) do cacaueiro. Em seu programa TomEx-UFV, Dividiu-se o sistema de acordo com o órgão vegetativo do hospedeiro, onde o usuário informa onde está localizado o sintoma, que foram divididos como: i) folha e, ou, ramo; ii) fruto; e iii) raiz. O autor selecionou 33 doenças de origem biótica e abiótica e incorporou 87 fotografias coloridas com sintomas de doenças, para tornar a interface o mais amigável possível.

Massruhá et al. (1999), desenvolveram para a parceria Embrapa Informática Agropecuária e Embrapa Milho e Sorgo, um sistema para diagnóstico de doenças do milho que faz parte de um subprojeto da própria Embrapa denominado Diagnóstico Remoto. O ponto mais relevante deste sistema é o fato dele poder ser acessado pelo produtor através de conexão via Internet, sendo totalmente gratuito e sem a necessidade de instalar qualquer programa adicional em relação a aqueles usados para visualização de páginas de Internet.

3 MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento do sistema especialista para as culturas da soja e milho, utilizaram-se quatro estágios distintos: i) seleção do problema; ii) desenvolvimento do protótipo; iii) desenvolvimento do sistema especialista completo; e iv) avaliação (HARMON; KING, 1985; WHITTAKER, 1987; JACKSON, 1990; POZZA, 1998).

3.1 Seleção do problema

Os principais critérios para a seleção do problema foram a importância das culturas, a dificuldade na diagnose de doenças abióticas e a existência de um especialista de quem as informações foram obtidas.

3.2 Desenvolvimento do protótipo

Para o desenvolvimento do protótipo foi utilizado um computador PC ADM Athlon, 950Mhz, 248MB RAM, funcionando sob o sistema operacional Windows 98. Para a aquisição das imagens foi utilizado um computador PC X86 AT/AT, 650Mhz, 65MB RAM, com sistema operacional Windows 2000, conectado a um scanner.

Para a elaboração do sistema e a construção de sua interface, utilizou-se o programa VISUAL BASIC versão 6.0.

As imagens contidas no programa foram obtidas pela digitalização de fotografias através de um scanner, ou foram cedidas por colaboradores.

As informações técnicas foram obtidas através de consultas a um especialista da área de fitopatologia.

O programa foi testado a cada nova versão para verificar a presença, e correção de falhas que levassem a um diagnóstico errado.

3.3 Desenvolvimento do sistema especialista completo

Nesta etapa, foi desenvolvida a versão final do sistema com a construção de sua interface, que consiste no meio de comunicação entre o usuário e o sistema. O comando de ajuda foi incorporado no programa nessa fase, inserindo informações necessárias para que um usuário sem aprofundados conhecimentos sobre informática pudesse realizar uma consulta ao sistema, construiu-se, também, nesta etapa o botão “Diagnosticar”, pelo qual o usuário ordena o sistema realizar a diagnose, e a janela de diagnósticos, onde o sistema apresenta o resultado da consulta realizada.

3.4 Avaliação

A avaliação do programa foi realizada com alunos do curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia. Cada aluno recebeu 24 materiais enfermos, previamente identificados, sendo 15 materiais para a cultura do milho e 9 para a cultura da soja. Primeiro foi pedido que cada aluno tentasse diagnosticar qual a doença de cada material sem consultar o sistema. Em seguida os alunos, utilizando o sistema fizeram consultas para diagnosticar os sintomas dos materiais e os resultados dos alunos e do sistema, juntamente com os níveis de confiança, foram anotados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aquisição do conhecimento

A base de conhecimento para o desenvolvimento do sistema especialista foi obtida através de entrevistas a um especialista da área de fitopatologia. No desenvolvimento deste sistema o especialista entrevistado foi o professor Fernando César Juliatti, professor da disciplina de Fitopatologia Aplicada na Universidade Federal de Uberlândia.

A fim de enriquecer ainda mais o banco de fotografias do sistema, foram adicionadas algumas fotos extraídas de publicações especializadas em fitopatologia.

4.2 Organização do conhecimento

O sistema foi dividido de acordo com a cultura e com o órgão vegetativo do hospedeiro. Ao iniciar uma consulta o usuário informa ao sistema qual a cultura e onde está localizado o sintoma e, então, pode navegar por três módulos: i) folhas e parte aérea; ii) frutos; e iii) raízes. Foram selecionadas 27 doenças bióticas e abióticas para o milho e 14 doenças bióticas e abióticas para a soja. O sistema conta com 72 fotografias para a cultura do milho e 20 fotografias para a cultura da soja.

O sistema foi desenvolvido para proceder da seguinte maneira: i.) carregar as variáveis que caracterizam as doenças de cada cultura através das informações obtidas pela escolha dos sintomas mostrados nas imagens, em uma fase que denominou-se como fase de consulta. A cada sintoma selecionado, um ponto é adicionado à variável correspondente à doença; ii.) diagnose das possíveis doenças pelo cálculo da probabilidade obtido da divisão do valor da variável atribuída a cada doença pelo número total de sintomas escolhidos na fase de consulta; iii.) exibição de uma tela de diagnose das possíveis doenças com a respectiva porcentagem de confiança, onde o usuário pode optar por pedir informações mais detalhadas sobre cada possível doença.

A consulta começa pela escolha da cultura e pela escolha da parte atacada, que foi definida como: folhas e parte aérea, frutos e raízes.

O programa funciona por um sistema de regras do tipo: SE-ENTÃO. Onde a parte SE vem de informações fornecidas pelo usuário e a parte ENTÃO realiza uma ação em função das informações. Podem também ser adicionados operadores do tipo E, OU, NÃO para decisões mais complexas. Abaixo há um exemplo de uma das funções desta regra no sistema:

SE cultura escolhida for milho

E parte atacada ser frutos

ENTÃO exibir a janela de sintomas de doenças nos frutos na cultura do milho.

Após a fase de consulta, quando o usuário já tiver entrado com os sintomas apresentados pela planta, através do botão “Diagnosticar”, o programa executa duas funções básicas: somam-se os valores das variáveis de cada doença em cada uma das partes atingidas e realiza os cálculos das probabilidades das possíveis doenças, conforme mostrado abaixo:

Sintomas de Fusarium = \sum Sintomas de Fusarium selecionados

Probabilidade Total = \sum Todos sintomas selecionados

Probabilidade de Fusariose = (Sintomas de Fusarium / Probabilidade Total) * 100

O valor da probabilidade da doença é multiplicado por cem para que a resposta ao ser apresentada na tela de diagnose já apareça na forma de porcentagem.

A probabilidade total corresponde ao número total de sintomas informados durante a consulta.

Desta maneira se em uma consulta o usuário entrar com dois sintomas de fusarium em frutos, um em raízes e com um sintoma de diplodia em frutos, teremos que:

Fusarium Total = 2 + 1 = 3

Probabilidade Fusariose = (3 / 4) * 100 = 75% e

Diplodia Total = 1 = 1

Probabilidade Diplodia = (1/4) * 100 = 25%

Informações técnicas, como medidas de controle, bem como uma descrição mais aprofundada dos sintomas podem ser acessadas através de um clique duplo com o botão esquerdo do mouse sobre o nome da doença apresentada na janela de diagnósticos.

4.3 Desenvolvimento do sistema especialista completo

O sistema foi projetado para ser facilmente utilizado por usuários com pouco domínio da informática. Foi desenvolvida uma interface agradável que guia o usuário através da fase de consulta, facilitando assim a utilização do sistema (Figuras 1, 2 e 3).



Figura 1 – Tela de abertura do programa.

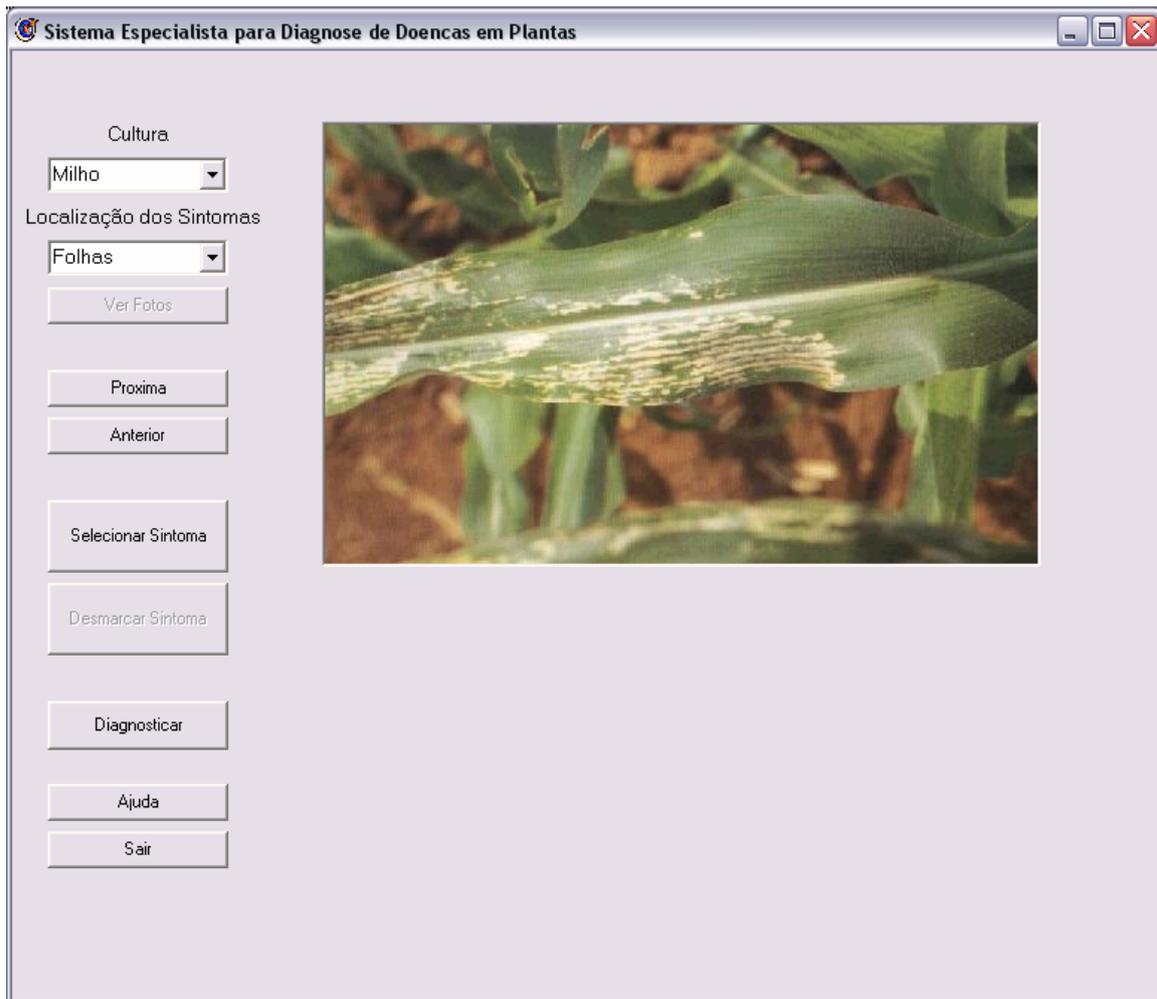


Figura 2 – Tela de seleção de sintomas: fase de consulta.

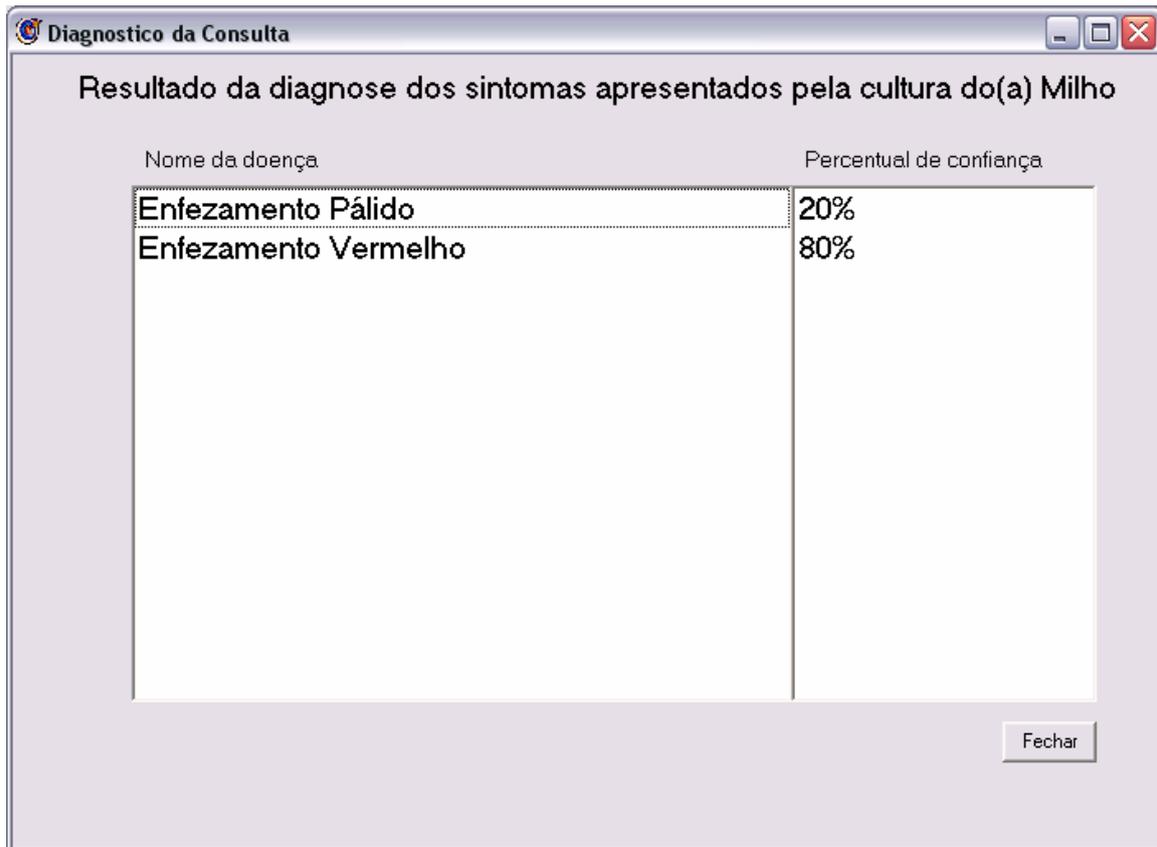


Figura 3 – Tela de resultado da diagnose da consulta.

4.4 Avaliação

Devido a fatores ambientais desfavoráveis à ocorrência de alguns patógenos e pelo estágio fenológico das culturas, não foi possível realizar a avaliação do sistema para todas as doenças contidas no programa.

Todas as doenças foram diagnosticadas previamente por um especialista, sendo posteriormente oferecido a cada um dos estudantes 24 materiais (sendo 9 para a cultura da soja e 15 para a cultura do milho) para diagnose sem o auxílio do programa e logo após com o auxílio do programa, todos os alunos que participaram da avaliação já haviam cursado a disciplina Fitopatologia Aplicada. O índice de acerto do programa foi de 87,5%, com um percentual médio de confiança de 83,3%, enquanto o índice de acerto dos alunos foi de 54,1% (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Avaliação para a cultura do milho.

Doença	Diagnósticos corretos				Fatores de confiança
	Alunos	%	SEDSM	%	Média
Enfezamento pálido	5	50%	10	100%	67%
Enfezamento vermelho	7	70%	10	100%	67%
Ferrugem Polysora	7	23,30%	20	66,60%	83,30%
Ferrugem Comum	13	32,50%	30	75%	87,50%
Cercosporiose	18	90%	20	100%	87,50%
Diplodia	18	60%	20	66,60%	80%
Mancha de Phaeosphaeria	10	100%	10	100%	100%
TOTAL	78	52%	120	80%	

Tabela 2 – Avaliação para a cultura da soja.

Doença	Diagnósticos corretos				Fatores de confiança
	Aluno	%	SEDSM	%	Médio
Oídio	19	63,3%	30	100%	100%
Ferrugem Asiática	13	43,3%	30	100%	87,5%
Antracnose	18	60%	30	100%	100%
TOTAL	50	55%	90	100%	

Diagnoses do sistema que obtiveram um fator de confiança menor que 50% foram desconsiderados como certos. Os menores fatores de confiança encontrados foram na cultura do milho para Diplodia (40%) e Ferrugem Comum (50%). Tais valores se devem a um excessivo número de sintomas diversos entrados pelo usuário durante a fase de consulta, fazendo assim que o sistema perca sua acuracidade.

Na avaliação sobre doenças na cultura da soja o pequeno número de doenças avaliadas pode ter sido insuficiente para caracterizar sua acuracidade.

Os alunos que participaram da avaliação relataram facilidade ao realizar consultas no sistema e acharam que se trata de um sistema confiável, que pode servir como ferramenta de apoio ao ensino e treinamento. Alguns alunos deram sugestões que podem ser incorporadas em versões futuras do programa.

Em comparação a outros sistemas como o TomEx-UFV, que obteve um índice de 95,8%, e com o PLANT/ds que obteve um índice de acerto de 96,9% em suas avaliações deve-se considerar que o sistema desenvolvido no presente trabalho ainda pode ser melhorado obtendo índices de acerto comparáveis com sistemas especialistas comerciais como o TomEx-UFV e PLANT/ds

5 CONCLUSÕES

O sistema obteve durante a sua avaliação um percentual médio de acerto de 87,5%, sendo de 80% para a cultura do milho e de 100% para a cultura da soja, com fator de confiança médio de 83,3%, enquanto os alunos avaliados obtiveram média de 54,1% de acerto, sendo 52% para a cultura do milho e 55% para a cultura da soja.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema desenvolvido ainda deve ser aprimorado futuramente, incluindo um maior número de imagens, adicionando imagens de sintomas iniciais das doenças, criação de ferramentas de apoio que possibilitem o usuário aumentar o tamanho da imagem, além da inclusão de um questionário para refinar ainda mais a certeza do programa em sua diagnose.

Avaliações futuras com especialistas da área de fitopatologia e profissionais da área podem fornecer dados comparativos em relação à influência do conhecimento do usuário sobre o percentual de diagnose correta do programa.

Novas versões do programa devem ser produzidas sempre que a acuracidade do sistema seja aperfeiçoada, buscando alcançar o índice de acerto de outros programas que estão acima de 95%.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Ed. Agros Comunicação, 2006.
- EDWARD-JONES, G. Knowledge based systems for crop protection: theory and practice. **Crop Protection**, v.12, p. 565-578. 1993.
- FANCELLI, L.A. **Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. (Tese de Doutorado). Piracicaba. Universidade de São Paulo. 1988. 135p.
- HARMON, P., KING, D. **Expert systems: artificial intelligence in business**. Ner York: JohnWiley & Sonos, 1985. 283p.
- 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, 1986.
- JACKSON, P. **Introduction to Expert Systems**. California: Addison Wesley Publishing Company, 1990. 526p.
- LATIN, R.X.; MILES, G.E.; RETTINGER, J.C., MITCHELL JR. An expert systems for diagnosing muskmelon disorders. **Phytopathology**, St Paul, v. 74, n. 1, p. 83-87, 1990.
- MASSRUHÁ, S. M. F. S.; SOUZA, E. de; ROMANI, L. A. S.; CRUZ, S. A. B. Virtual services for agricultural technology transfer. In: EUROPEAN CONFERENCE OF THE EUROPEAN FEDERATION FOR INFORMATION TECHNOLOGY IN AGRICULTURE, FOOD AND THE ENVIRONMENT – EFITA 99, 2., 1999, Bonn. Anais Bonn: Universität Bonn-ILB, 1999. p. 53-62.
- MCKINION,J.M., LEMMON, H.E. Expert systems for agriculture. **Computers and Eletronics In Agriculture**, Amsterdam, v.1, n.1, p.31-40, 1985.
- MICHALSKI, R.S., DAVIS, J.H., BISHT, V.S., SINCLAIR, J.B.. A computer based advisory system for diagnosing soybean diseases in Illinois. **Plant Disease**, St Paul, v.67, n.4, p. 459-63,1983.
- POZZA, E.A. **Desenvolvimento de Sistemas Especialistas e Redes Neurais e Suas Aplicações em Fitopatologia**. (Tese de Doutorado) Viçosa, 1998. 207p.
- RICH, E. **Artificial Intelligence**. New York: McGraw Hill, 1991. 436p.
- ROACH, J.; VIRKAR, R.; WEAVER M.; DRAKE, C. POMME: A computer-based consultation system for apple orchad management using Prolog. **Expert Systems** v. 2, n. 2, p. 56-69. 1985.

SHTIENBERG, D., DINOOR, A., MARANI, A. (1990). Evaluation of the single tillers method for yield loss assessment in wheat under Israeli conditions. **Journal of**

Phytopathology v. 130, p. 849-852.

TURBAN, E. **Decision support and expert systems**: Management support systems. New York. Macmillan. 1995. 248p.

WHITTAKER, A.D., JONES, D.D., THIEME, R.H., BARRET, J.R. Guidelines for getting start with expert Systems. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.68, n.5, p.24-27, 1987.

YORINORI, J.T. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. In: II ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA. **Resumos de Palestras**. Passo Fundo, Aldeia Norte, 20-21 agosto 2002. p.47-54, 2002.

YORINORI, J.T.; MOREL, W.P.; FREDERICK, R.D.; COSTAMILAN, L.M.;

BERTAGNOLLI, P.F. Epidemia de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, em 2001 e 2002. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. Suplemento, p. S178, 2002.

APÊNDICE A – Lista de doenças diagnosticáveis pelo programa

Cultura do milho:

Carvão

Enfezamento pálido

Enfezamento vermelho

Ferrugem branca

Ferrugem comum

Ferrugem polyssora

Fitotoxicidez por Herbicida

Macrophomina

Bipolaris

Helmintosporium

Mosaico Comum

Mutação Gênica

Podridão Cartucho Erwinia

Pseudomonas

Pythium

Raiado fino

Rostratum

Diplodia

Cercosporiose

Phaeosphaeria

Deficiência de magnésio

Giberella

Fusarium

Antracnose

LateWilt

Nematoide

Cultura da soja

Mancha alvo

Complexo de doenças de final de ciclo

Deficiência de manganês

Crestamento bacteriano

Cancro

Sclerotium

Ceptoria

Escaldadura

Seca da haste

Oidio

Ferrugem asiática

Deficiência de nitrogênio

Mildio

Podridão vermelha