

Avaliação econômica do ciclo produtivo da laranja através de redes neurais artificiais

Ariangelo Hauer Dias (UEPG) ariangelo@uepg.br
Ivo Mário Mathias (UEPG) ivomathias@uepg.br
Marco Antonio Martin Biaggioni (UNESP) biaggioni@fca.unesp.br
Ângelo Catâneo (UNESP) angelo@fca.unesp.br
Andréa Regina Paes (UNESP) andreapaes@fca.unesp.br
Maura Seiko Tsutsui Esperancini (UNESP) maura@fca.unesp.br
Jorim Sousa das Virgens Filho (UEPG) jvirgen@uepg.br

Resumo

O computador e seus programas tornaram-se uma ferramenta poderosa no cenário agrícola demonstrando ter uma importância fundamental em todas as fases do processo produtivo e organizacional, dando apoio à tomada de decisão para melhor racionalização dos recursos disponíveis, maximizando lucros, minimizando os impactos ambientais, garantindo desta forma a sustentabilidade do processo. A avaliação do ciclo produtivo da laranja tem fatores de grande importância no aspecto econômico e social. Pode-se situar a citricultura em termos de geração de emprego, ocupação de terra, formação de renda, ativação dos elos da cadeia produtiva, captação de divisas e desenvolvimento regional de outros setores da economia como, prestação de serviços, transportes, comércio, etc. Com o intuito de contribuir e agilizar processos dessa natureza, a adoção de tecnologia computacional no desenvolvimento destas atividades, através de Sistemas de Especialistas, torna-se uma ferramenta poderosa no prognóstico e auxílio na tomada de decisões. Diante deste contexto, este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema especialista para avaliação econômica do ciclo produtivo da laranja. Neste sistema são utilizadas técnicas de Inteligência Artificial e Redes Neurais Artificiais e como ferramenta computacional, o ambiente de programação de computadores Borland Delphi Enterprise Versão 7.0. Palavras chave: Inteligência artificial, Redes Neurais, Agricultura.

1. Introdução

O computador e seus programas, tornaram-se uma ferramenta poderosa no cenário agrícola, destacando que, a utilização dos recursos da informática em suas mais diversas áreas de conhecimento, demonstram ter uma importância fundamental em todas as fases do processo produtivo e organizacional, dando apoio à tomada de decisão para melhor racionalização dos recursos disponíveis, maximizando lucros, minimizando os impactos ambientais, garantindo desta forma a sustentabilidade do processo.

Neste contexto, a Inteligência Artificial (IA), Russel (1995), muito pode contribuir na busca destes conhecimentos, através de programas e técnicas que manuseiem estes dados com o objetivo de obter informações úteis e implícitas, Guimarães (2001).

Estas técnicas podem ser utilizadas na produção de Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) e dos Sistemas Especialistas (SE). O uso de SAD permite a representação de conhecimentos de tomadores de decisão experientes, permitindo o acesso a conhecimento que transcendem a especialização profissional de um usuário isolado, o que é importante para problemas que devem ser resolvidos com conhecimentos multidisciplinares, Oliveira (1995).

Assim como um livro, que expressa as idéias e o conhecimento de um escritor através das palavras em textos, um SE representa o conhecimento de um especialista em um

computador, através de técnicas de inteligência artificial e permite a obtenção destes, através de interações com sua base de conhecimento.

Os sistemas especialistas são programas computacionais que podem auxiliar os produtores agrícolas em suas mais diversas atividades, assistindo-os nas tomadas de decisões, oferecendo o conhecimento de um profissional quando este não se encontra disponível, ou ainda predizendo conhecimento, quando previsões são necessárias.

O produtor agrícola no desenvolvimento de suas atividades, principalmente no que se refere a tomada de decisões, depende do cruzamento e obtenção de um número muito grande de informações, as quais tem uma influência significativa em todo o processo produtivo. Informações estas, que podem ir desde a escolha de um implemento agrícola à previsões climáticas. Nesta busca por informações, o sistema especialista pode atuar como um conselheiro profissional no sentido da agregação de conhecimento.

Quando abordamos as atividades do produtor agrícola, estas se referem a administração da propriedade rural, onde há basicamente três tipos de risco na atividade rural: empresarial, climático e político. E a interação e sinergia entre eles, jamais deve ser esquecida, ou subestimada. Pode-se destacar que, o risco empresarial começa pela decisão de *investir*, e se estende pelos custos operacionais necessários ao longo dos anos, para ver o investimento inicial frutificar, ABS PECPLAN(2004).

Dentre as atividades do setor produtivo, o agronegócio brasileiro é responsável por cerca de 1/3 do produto interno bruto do Brasil, empregando 38% da mão de obra e sendo responsável por 36% das nossas importações. É o setor mais importante da nossa economia, Agronegócio (2004).

Neste contexto em particular, nos últimos 5 anos, foram intensas as mudanças registradas nos diversos segmentos da citricultura brasileira e paulista, com acentuados impactos tanto nos custos de produção como nas receitas da atividade, IEA (2004).

Diante desta abordagem, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema computacional para avaliação econômica do ciclo produtivo da laranja. Foram utilizadas técnicas de Inteligência Artificial e Redes Neurais em seu desenvolvimento, e como ferramenta computacional, o ambiente de programação de computadores Borland Delphi Enterprise Versão 7.0, Borland (2003).

Outros trabalhos relacionados, podem ser obtidos em Dias (2004) e Mathias (2004), nos quais o paradigma de Redes Neurais foi utilizado, em aplicações voltadas a agricultura.

2. Material e Métodos

Para a criação do Sistema Especialista de avaliação do ciclo produtivo da laranja, desenvolveu-se um sistema computacional intitulado SELARANJA, composto pelo programa Avalia_laranja.EXE. O programa foi codificado na linguagem de programação Delphi – versão 7.0, com plataforma de execução Windows. Para a implantação da Rede Neural foi utilizado o componente TMLP (*Multilayer Perceptron*) obtido do livro *Redes Neurais em Delphi*, Medeiros (2003).

A instanciação do componente TMLP cria um tipo de rede neural conhecida na literatura como *Multilayer Perceptron* (*perceptron* de camada múltipla). Este tipo de rede neural permite a execução de tarefas tais como reconhecimento de padrões, aproximação de funções não-lineares, filtragem de sinais, predição de séries temporais, compressão de dados, entre outras aplicações. Sua arquitetura está baseada em camadas de unidades denominadas *neurônios*, que se interligam através de conexões sinápticas. Cada neurônio de uma camada conecta-se com a totalidade de neurônios de suas camadas adjacentes. Estas conexões,

também denominadas *pesos sinápticos*, transformam o sinal de entrada da rede ativando os neurônios pelas camadas internas até a camada de saída, na qual obtemos a resposta desejada.

Para treinamento da rede em questão e formação da base de conhecimento, foram utilizados dados extraídos de um estudo realizado pelos autores para determinação da rentabilidade da produção de laranja ao longo do seu ciclo produtivo. Este estudo, realizado pelo especialista, permitiu a determinação do perfil de rentabilidade (lucratividade) para esta cultura, o qual é apresentado no Quadro 1.

Resultado	Valores Lucro/caixa em R\$	Perfil
Grande prejuízo	-13,68 a -6,50	1
Médio prejuízo	-6,50 a -2,61	2
Nível de lucro operacional	-0,99 a 0,99	3
Baixa rentabilidade	0,99 a 5,17	4
Média rentabilidade	5,17 a 8,40	5
Alta rentabilidade	8,40 a 17,18	6

Quadro 1: Perfil de rentabilidade

Observa-se no quadro acima que a alta rentabilidade é conseguida com a combinação dos seguintes fatores – baixo custo operacional total/ha (R\$ 1604,16/ha), densidade máxima de 400 plantas/ha, produtividade máxima de 2,2 cx/pé (caixa de 40,8kg de laranja) e preço máximo de venda (R\$ 10,76/cx).

O grande prejuízo acontece quando o custo total operacional é de R\$ 978,15/ha (maior custo encontrado para o ano 3), densidade de 300 plantas/ha, a produtividade é de 0,15cx/pé (o que provavelmente só acontece no ano 3 – primeiro ano de produção) e preço mínimo de venda (R\$0,95/cx).

Segundo Ghilardi (2002), a produtividade de laranja (cx/pé) no estado de São Paulo no período de 1990 a 1999 oscilou entre 1,7 e 2,2 cx/pé, para idade do pomar de 5 a 19 anos.

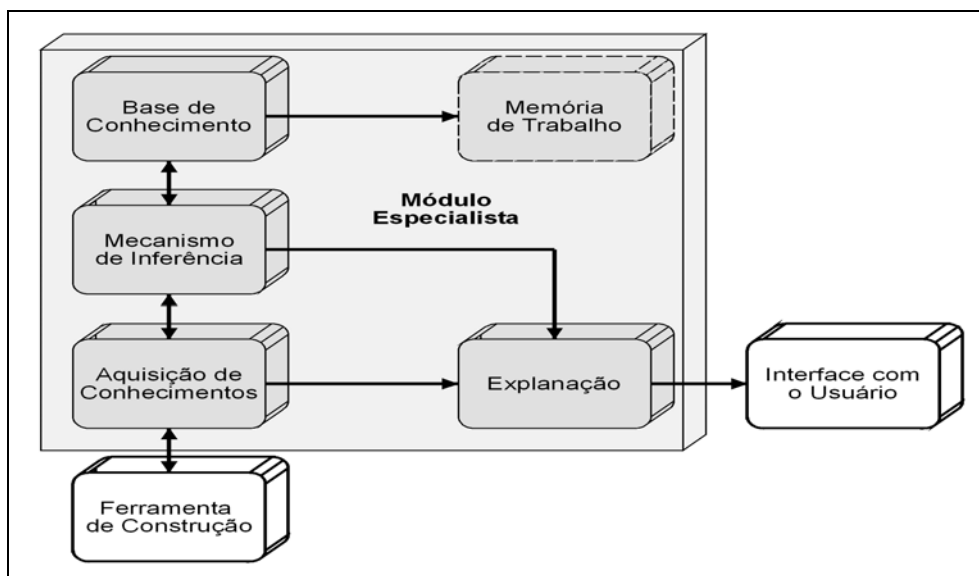
Para uma melhor compreensão da estrutura de um sistema especialista, a seguir são focados alguns aspectos e conceitos importantes a respeito do tema.

3. Sistemas Especialistas

Sistemas Especialistas (SE) são aqueles projetados e desenvolvidos para atender à uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. São capazes de emitir decisões, apoiados em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano, SE (2002).

Os Sistemas Especialistas são uma área de aplicação de sucesso da Inteligência Artificial, e fazem parte dos Sistemas Baseados em Conhecimento, que possibilitam o desenvolvimento de diferentes raciocínios e a integração de várias ações para alcançar um determinado objetivo, Mathias (2000).

A Ilustração 1 apresenta a arquitetura básica do SE que é basicamente formado pelos seguintes componentes: base de conhecimentos, mecanismo de inferência, explanação e aquisição de conhecimentos, Barone (2003), que são definidos a seguir:



Fonte: Barone (2003)

Ilustração 1: Arquitetura Básica dos Sistemas Especialista

A base de conhecimento reúne o conhecimento do especialista modelado conforme a representação escolhida para modelar o domínio em questão. No caso deste trabalho a base de conhecimento foi modelada utilizando a metodologia de Redes Neurais Artificiais modelo *MultiLayer Perceptron* (MLP), e conforme já abordado, para treinamento da rede neural e formação da base de conhecimento, foram utilizados dados extraídos de um estudo realizado pelo especialista que é apresentado, de forma resumida, no

1,70	2,95	380	1.949,16	3
------	------	-----	----------	---

Quadro 2.

Produtividade (cx/pé)	preço de venda (R\$/cx)	plantas/ha	custo operacional Total (R\$)	Perfil
0,15	0,95	300	837,96	1
0,15	2,95	320	865,96	1
0,15	8,95	380	949,96	1
0,15	10,76	400	977,96	2
1,00	6,95	360	1.709,61	4
1,00	8,95	380	1.929,61	4
1,00	10,76	400	2.149,61	5
1,70	0,95	300	1.604,16	2
1,70	2,95	320	1.949,16	2
1,70	4,95	340	2.294,16	4
1,70	6,95	360	2.639,16	5
1,70	8,95	380	2.984,16	6
1,70	10,76	400	3.329,16	6
1,70	2,95	380	1.949,16	3

Quadro 2: Representação da base de conhecimento para treinamento da RNA

O mecanismo de inferência examina o conteúdo da base de conhecimento decidindo a ordem em que se tiram as inferências. Ao fazê-lo o mecanismo de inferência

conduz a uma consulta com o usuário transferindo os fatos e regras, utilizados durante uma consulta, para a memória de trabalho. Este mecanismo foi obtido considerando-se os pontos importantes a serem analisados pela metodologia proposta pelos especialistas.

O módulo de aquisição de conhecimento é responsável pela atualização da base de conhecimentos, através de um mecanismo de interação cooperativa gerado a partir do modo de explanação. No trabalho em pauta, este módulo foi implementado em separado, e é compreendido pelo conjunto de treinamento utilizado, o qual considera para a avaliação econômica da laranja. Ghilardi (2002) afirma que nessa estrutura de custo, o Custo Operacional Efetivo - COE é formado pelo conjunto das despesas efetivamente desembolsadas pelo produtor nos tratos culturais, representando a soma das despesas diretas, já o Custo Operacional Total - COT é obtido acrescentando-se ao COE despesas indiretas, referentes à depreciação dos bens duráveis utilizados na atividade, à depreciação do capital investido na formação do pomar, aos encargos sociais e à remuneração ao capital circulante (juros de custeio). Na Ilustração 2 é possível observar a interface no programa computacional responsável pela aquisição do conhecimento.

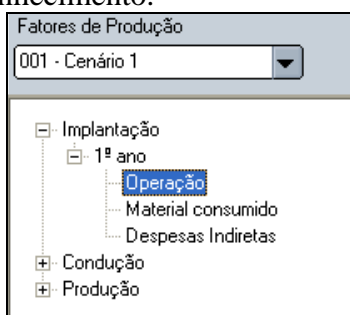


Ilustração 2: Modulo computacional para aquisição do conhecimento

O módulo de explanação é responsável pela descrição do raciocínio do sistema para o usuário. Neste sistema este módulo é representado pelo resultado obtido na análise dos parâmetros de entrada do mecanismo de inferência, que classifica os dados econômicos conforme pode ser observado na Ilustração 3.

Manuseio			Serviços			Insumos ou Despesas		
Incluir	Alterar	Excluir	Incluir	Alterar	Excluir	Incluir	Alterar	Excluir
Serviço	Quantidade	Unidade	Unitário	Total				
Aração (2x)								
Mão de obra tratorista	6.00	hora	R\$ 2.06	R\$ 12.36				
Uso Trator 70 CV	6.00	hora	R\$ 8.98	R\$ 53.88				
Arado 3 discos	6.00	hora	R\$ 0.51	R\$ 3.06				
				R\$ 69.30				
Calagem								
Mão de obra comum	0.70	hora	R\$ 2.00	R\$ 1.40				
Mão de obra tratorista	0.70	hora	R\$ 2.06	R\$ 1.44				
Uso Trator 70 CV	0.70	hora	R\$ 8.98	R\$ 6.29				
Carreta distr. calc./adubo 2.500 Kg	0.70	hora	R\$ 2.41	R\$ 1.69				
				R\$ 10.82				
Gradeação (3x)								
Mão de obra tratorista	3.60	hora	R\$ 2.06	R\$ 7.42				

Ilustração 3: Modulo de explanação da composição do custo operacional da cultura

De um modo geral, sempre que um problema não pode ser algoritmizado, ou sua solução conduza a um processamento muito demorado, os SE's são uma alternativa, pois possuem o seu mecanismo apoiado em processos heurísticos.

Como visto anteriormente, para que o SE possa absorver e manter a experiência (conhecimento) de um especialista humano, deve armazená-la em bases de conhecimento. Em sistemas algorítmicos, o conhecimento é armazenado na forma de código de programa, caso seja necessário aumentar o conhecimento do sistema, mais código deverá ser escrito.

Uma característica importante que pode ser destacada sobre a base de conhecimento, é que a mesma é manipulada como uma base de dados, podendo ser alterada sem alterar o código do programa, desta forma o sistema pode adquirir conhecimentos novos com maior eficiência e facilidade.

Em sistemas algorítmicos, o programador deve construir rotinas para manipular o conhecimento em seus mínimos detalhes. Em sistemas de IA, o programador preocupa-se em construir rotinas de inferência da base de conhecimentos, rotinas de questionamentos, ou seja, o programador preocupa-se em especificar o que deve ser buscado, não interessando como o banco de dados fará a busca na base de dados.

Resumidamente, pode-se considerar como objetivos principais dos SE's, preservar e transmitir o conhecimento de um especialista humano em uma determinada área, ou ainda levar o conhecimento especializado a locais onde os peritos não estão disponíveis, ou torná-los acessíveis quando os serviços especializados sejam muito dispendiosos, Genaro (1986).

Em virtude de este trabalho adotar a metodologia de Redes Neurais Artificiais para modelagem da base de conhecimento, conceitos introdutórios sobre este paradigma serão apresentados a seguir.

4. Redes Neurais Artificiais

Conforme a literatura, Azevedo et al. (2000), Medeiros (2003), Neurais (2003), as redes neurais artificiais consistem em um método de solucionar problemas de inteligência artificial, construindo um sistema que tenha circuitos que simulem o cérebro humano, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas. São técnicas computacionais que apresentam um modelo inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. Uma grande rede neural artificial pode ter centenas ou milhares de unidades de processamento, enquanto que o cérebro de um mamífero pode ter bilhões de neurônios.

Apesar da complexidade das redes neurais não permitir uma única definição, as linhas seguintes seguem como uma tentativa das inúmeras definições ou interpretações do que seja realmente uma rede neural, conforme abordado em Neurais (2003).

Um grafo direcionado é um objeto geométrico que consiste de um conjunto de pontos, chamados nós, ao longo de um conjunto de segmentos de linhas direcionadas entre eles. Uma rede neural é uma estrutura de processamento de informação distribuída paralelamente na forma de um grafo direcionado, com algumas restrições e definições próprias.

Os nós deste grafo são chamados elementos de processamento. Suas arestas são conexões, que funcionam como caminhos de condução instantânea de sinais em uma única direção, de forma que seus elementos de processamento podem receber qualquer número de conexões de entrada. Estas estruturas podem possuir memória local, e também possuir qualquer número de conexões de saída desde que os sinais nestas conexões sejam os mesmos. Portanto, estes elementos têm na verdade uma única conexão de saída, que pode dividir-se em cópias para formar múltiplas conexões, sendo que todos carregam o mesmo sinal.

Então, a única entrada permitida para a função de transferência (que cada elemento de processamento possui) são os valores armazenados na memória local do elemento de processamento e os valores atuais dos sinais de entrada nas conexões recebidas pelo elemento de processamento. Os únicos valores de saída permitidos a partir da função de transferência são valores armazenados na memória local do elemento de processamento, e o sinal de saída do mesmo.

A função de transferência pode operar continuamente ou episodicamente. Sendo que no segundo caso, deve existir uma entrada chamada *activate* que causa o ativamento da função de transferência com o sinal de entrada corrente e com valores da memória local, e produzir um sinal de saída atualizado (ocasionalmente alterando valores da memória). E no primeiro caso, os elementos estão sempre ativados, e a entrada *activate* chega através de uma conexão de um elemento de processamento agendado que também é parte da rede.

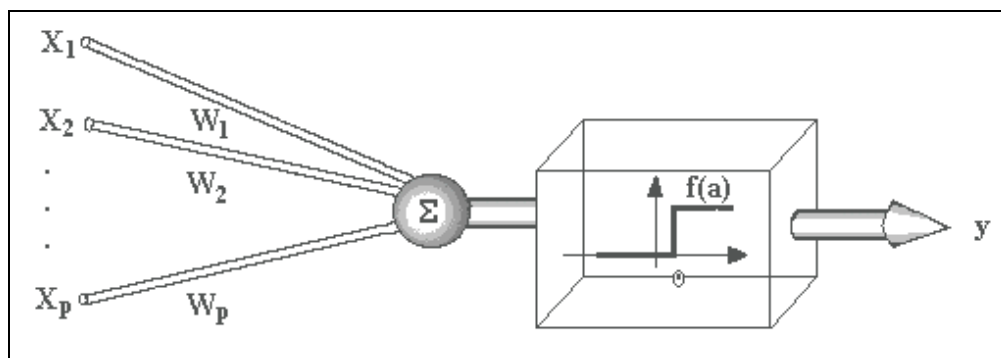
Sinais de entrada para uma rede neural a partir de fora da rede chegam através de conexões que se originam do mundo externo, saídas da rede para o mundo externo são conexões que deixam a rede.

De forma geral, a operação de uma célula da rede se resume em:

- Sinais são apresentados à entrada;
- Cada sinal é multiplicado por um peso que indica sua influência na saída da unidade;
- É feita a soma ponderada dos sinais que produz um nível de atividade;
- Se este nível excede um limite (*threshold*) a unidade produz uma saída;

O Neurônio Artificial e a Rede Neural

O fisiologista Warrem MacCulloch interpretou o funcionamento do neurônio biológico como sendo um circuito de entradas binárias combinadas por uma soma ponderada (com pesos) produzindo uma entrada efetiva:



Fonte: Neurais (2003)

Ilustração 4: Modelo de McCulloch e Pitts

No modelo geral de neurônio (Ilustração 4) as entradas $W_i U_i$ são combinadas usando uma função F , para produzir um estado de ativação do neurônio (correspondente à frequência de descarga do neurônio biológico). As entradas chegam através dos dendritos e tem um peso atribuído pela sinapse. A função básica de um neurônio é somar as entradas e retornar uma saída, caso esse valor seja maior que o valor de soma (*threshold*).

Em síntese, podemos definir uma rede neural artificial como sendo um sistema de neurônios ligados por conexões sinápticas e dividido em neurônios de entrada, que recebem estímulos do meio externo, neurônios internos ou ocultos (*hidden*) e neurônios de saída, que se comunicam com o exterior.

Diante do enfoque computacional apresentado anteriormente, a seguir focamos as idéias que nortearam o desenvolvimento do protótipo de um Sistema Especialista para avaliação econômica do ciclo produtivo da laranja.

5. Custos da atividade agrícola

Nesta seção apresentamos uma abordagem introdutória sobre custos da atividade agrícola conforme dados extraídos de, Ribeiro (2004). As atividades agrícolas são exercidas das mais variadas formas, desde o cultivo caseiro para a própria subsistência até os grandes complexos, sendo de vital importância para a economia mundial.

Apesar disso e do avanço das tecnologias modernas, observa-se que o papel do controle de custos e administração, como responsáveis pelo controle econômico das atividades e seus eventos, não tem desempenhado a mesma razão, deixando muitas vezes os administradores dos empreendimentos agrícolas sem ferramentas necessárias para a tomada de decisões seguras.

Uma das principais ferramentas que o administrador possui é procurar por todos os meios, reduzir os seus custos de produção, os quais são representados pelos custos de utilização dos insumos, mão-de-obra e máquinas.

A apuração do custo da produção em uma empresa agrícola segue alguns dos processos utilizados em uma empresa industrial qualquer, observando algumas particularidades inerentes ao tipo de atividade.

Dentre essas particularidades aparecem:

- a) O crescimento natural da produção, que deverá ser de alguma forma avaliado e considerado na apuração dos custos;
- b) Se desenvolve a céu aberto, muitas vezes em grandes extensões de terra, com distanciamento dos trabalhadores e dos administradores durante a jornada de trabalho;
- c) Em vista de se desenvolver a céu aberto está vulnerável a mudanças climáticas;
- d) Não é contínua durante o ano variando em função da estação, que propicia o tipo de cultura a ser desenvolvida;
- e) Predomina o trabalho manual sobre o mecanizado, exceto em grandes culturas onde o aparelhamento mecânico e a utilização de máquinas resultam em economia;
- f) Apresenta dificuldades quanto a controles mecânico e automático do rendimento de cada tarefa desempenhada.
- g) A relação custo/benefício de se manter controles mais complexos em busca de informações mais precisas, deve ser sempre considerada, por outro lado a necessidade de controles, por mais simples que pareçam ser, torna-se fator imprescindível quando se tratar de valorização dos estoques agrícolas.

De acordo com Marion (1996), “agricultura é definida como a arte de cultivar a terra. Arte essa decorrente da ação do homem sobre o processo produtivo à procura da satisfação de suas necessidades básicas”.

A atividade agrícola é classificada em dois tipos de culturas existentes: culturas temporárias e culturas permanentes.

Culturas Temporárias - Segundo Crepaldi (1993) “são consideradas culturas temporárias aquelas sujeitas ao replantio após a colheita com um período de vida curto, normalmente não superior a um ano” . Após a colheita são arrancadas do solo para que seja realizado um novo plantio. São também chamadas como cultura anual. Exemplo: soja, milho, arroz, entre outras.

Dessa forma as plantações com prazo inferior a um ano, passam a ser temporárias, mesmo que com mais de uma produção ou colheita nesse prazo.

Também são consideradas temporárias aquelas que tenham vida inferior a três anos, normalmente no máximo de 2 anos, desde que produzam uma única colheita.

A cultura temporária é formada por diversos custos, entre eles, sementes, inseticidas, adubos, mão-de-obra, gastos indiretos de produção, entre outros.

Culturas Permanentes - Segundo Crepaldi (1993), “são consideradas culturas permanentes as que não estão sujeitas ao replantio após a colheita, com um período de vida longo, normalmente em torno de três a quatro anos”. Exemplo: citricultura (laranja, limão), café, entre outras.

Crepaldi (1993) ainda ressalta que deverão ser encaradas como culturas permanentes àquelas que permanecem vinculadas ao solo, têm um prazo de maturação e produção superior a, pelo menos um ano, produzem mais de uma vez em sua vida útil econômica, ou mesmo as que produzem uma única vez, mas têm prazo de maturação e produção acima do razoável, normalmente acima de dois anos.

Tanto a cultura temporária com a cultura permanente, para um melhor controle a apuração dos custos poderão ser subdivididas por operações.

Segundo Marion (1996) essas operações são classificadas como: preparo do solo/calagem, plantio/adubação, adubação, tratamento fitossanitário, cultivo manual, cultivo mecânico, cultivo químico, raleação, irrigação, manutenção, poda, colheita e outras.

O conhecimento do custo da produção agrícola classificada distintamente nos dois tipos de cultura, e ainda por operações dentro dessas culturas é importante principalmente devido a controle e decisão do empreendedor agrícola.

No entender de Marion (1994), custo rural agrícola é o relativo às atividades das lavouras, que compreende todos os gastos feitos desde a preparação da terra até o ponto da colheita.

A classificação dos custos depende de fatores tais como identificação com a produção ou relação com o volume dessa produção e classificam-se em: diretos, indiretos, fixos e variáveis.

6. Considerações Finais

Face aos resultados apresentados pelo programa, o uso de sistemas especialistas parece ser muito promissor para elevar a eficácia da avaliação do ciclo produtivo da laranja, pois permitiu realizar prognósticos com o nível de precisão similar ao dos especialistas, o que contribui de forma significativa no auxílio a tomada de decisão, pois permite ao avaliador maior segurança nas decisões.

No que se refere ao uso das Redes Neurais, pode-se dizer com segurança que é uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas, pois demonstraram inferir conhecimentos com exatidão similar a dos especialistas. Pode-se afirmar que, é mais um trabalho que se soma à literatura, onde as redes neurais artificiais aparecem como um método adequado ao desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento.

Observou-se que esse sistema exige o cruzamento de inúmeras variáveis, obtidas diretamente do ciclo produtivo da laranja. Essas inferências, por sua vez, nada mais são do que resultantes de cruzamentos subjetivos de informações quantitativas e/ou qualitativas sobre o tema em estudo. Este cruzamento de dados constitui tarefa complexa marcado por um grau de subjetividade que muitas vezes pode comprometer a confiabilidade e a transferência do conhecimento, pois depende de informações oriundas do próprio produtor.

Desta forma conclui-se que este sistema especialista cumpre plenamente a sua função que é a de dar suporte a tomada de decisão por parte do produtor agrícola, uma vez que o desenvolvimento rural e a conservação dos recursos naturais exigem um tratamento adequado dos dados sobre o meio físico e uma melhor compreensão das relações existentes entre o solo e seu uso.

7. Referências Bibliográficas

- AGRONEGÓCIO, Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/>>. Acesso em: julho/2004.
- ABS PECPLAN. Disponível em: <http://www.abspecplan.com.br/novosite/artigocorte004.asp>. Acesso em: julho/2004.
- AZEVEDO, F. M., BRASIL, L. M. e OLIVEIRA, R. C. L. de; Redes neurais com aplicações em controle e em sistemas especialistas. Florianópolis: Visual Books Editora, 2000, 401p.
- BARONE, D. et al.; Sociedades artificiais a nova fronteira da inteligência nas máquinas. São Paulo: Artmed Editora S/A, p. 127 – 154, 2003.
- BORLAND, Disponível em: <<http://www.borland.com.br/products/index.html>>. Acesso em: setembro/2003.
- CREPALDI, Silvio Aparecido. Contabilidade rural uma abordagem decisória. São Paulo: Atlas, 1993. In: OLIVEIRA, L. H.; Potencial e Aplicações de Sistemas de Apoio à Decisão para Empresas Rurais, Agrosoft 95 - Feira e Congresso de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria, 1995.
- DIAS, A.H.; MATHIAS, I. M.; VIRGENS FILHO, J. S. & RICKLI, L. I. Simulador de dados genéricos – aplicação de redes neurais artificiais topologia MLP, In: SUCESU 2004 – CONGRESSO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO. 2004. Anais. Florianópolis, SUCESU-NACIONAL, 2004, CD-ROM.
- GENARO, S.; Sistemas Especialistas: o Conhecimento Artificial. Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1986.
- GHILARDI, Arthur A. et al. CITRICULTURA PAULISTA: exigência física de fatores de produção, estimativa de custo e evolução das técnicas agrícolas. Informações Econômicas, São Paulo, v. 32, p. 21-45, set. 2002.
- GUIMARÃES, A. M.; VRIESMANN, L. M., TOMASI, A. L. B., CANTERI, M. G., MATHIAS, I. M., Aplicação de Técnicas de Data Mining na obtenção de padrões de características físico-químicas do solo em função de sua produtividade. In: X ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E I ENCONTRO DE PESQUISA DA UEPG, Anais, Ponta Grossa: Editora UEPG, v.1. p.292 – 293, 2001.
- IEA, Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1385>>. Acesso em: julho/2004.

- MARION, José Carlos. Contabilidade rural. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1994. In: RIBEIRO, O. D.J.; Adequação dos custos em empresas que explorem atividade agrícola, Disponível em: <<http://www.contabeis.ufpe.br/repositorio3/Tema08/T033.doc>>. Acesso em: julho/2004.
- MATHIAS, I. M.; SISMAT – sistema de matrícula inteligente. 2000. Dissertação. 93f. (Mestrado em Informática), Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná, 2000.
- MATHIAS, I. M.; DIAS, A.H.; CATANEO, A. & GUIMARÃES, A.M. Sistema especialista para avaliação da aptidão agrícola das terras, In: SUCESU 2004 – CONGRESSO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO. 2004. Anais. Florianópolis, SUCESU-NACIONAL, 2004, CD-ROM.
- MEDEIROS, L. F. de; Redes neurais em delphi. Florianópolis: Visual Books Editora, 2003, 115p.
- NEURAI, Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/neurais>>. Acesso em: setembro/2003.
- OLIVEIRA, L. H.; Potencial e Aplicações de Sistemas de Apoio à Decisão para Empresas Rurais, Agrosoft 95 - Feira e Congresso de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria, 1995.
- RUSSEL S. & NORVIG P.; Artificial Intelligence: a modern approach. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
- SE - Sistemas Especialistas, Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/especialistas/>>. Acesso em: setembro/2002.
- SCHREIBER, G.; WIELINGA, B.; HOOG, R. et al.; "CommonKADS: A Comprehensive Methodology for KBS Development", IEEE EXPERT, pag. 28-36, 1994.