7. Conclusões finais e sugestões

"Um livro é um cérebro que fala;
fechado, é um amigo que espera;
esquecido, uma alma que perdoa;
destruído, é um coração que chora"
Provérbio hindú.

7.1. Conclusões Finais

Apresenta-se um classificador de imagens que se utiliza de um sistema especialista com base de conhecimento. As regras foram construídas a partir de operadores da Morfologia Matemática, em um sistema de programação visual: o Cantata. Essa forma de construção das regras é uma contribuição deste trabalho na área de Morfologia Matemática.

A maior contribuição deste trabalho é o uso homogêneo da Morfologia Matemática e da Teoria dos Conjuntos Nebulosos na classificação de imagens. O tratamento numérico é uniforme, em termos de valores de pertinências a conjuntos nebulosos. Essa abordagem facilita o entendimento desse sistema pelo usuário.

A inexistência de uma linguagem para a comunicação do sistema com o usuário não é exatamente uma desvantagem frente a sistemas como o ICARE. Pela facilidade de interação do usuário com o ambiente Cantata do Khoros e a forma de modelagem das regras da seção 4.2.1, a inserção de novas regras ao sistema, bem como a confecção de um outro sistema é simplificada.

Uma importante característica do classificador implementado foi a obtenção de resultados satisfatórios usando apenas o conhecimento, isto é, sem a necessidade de fontes de dados externos, como mapas, etc, diferentemente de outros trabalhos citados aqui como (Desachy, 1991) e (Mascarilla, 1995). A invariância a translação dos operadoressimplificam as operações de isolar atributos tanto por características de forma (principalmente em imagens binárias) quanto por níveis de cinza, independentemente da localização e quantidade desse atributo presente na imagem. Essa importante característica dos operadores invariantes

por translação permite ainda uma substancial modularidade no sistema, ou seja, uma mesma seqüência de operações pode, com pequenos ajustes de parâmetros, ser utilizado sobre outra imagem proporcionando o mesmo efeito.

O classificador implementado mostrou uma boa relação custo-benefício. O aperfeiçoamento dos resultados poderia depender de regras ainda mais específicas, implicando consequentemente em um aumento do custo computacional. Deve-se notar que a não utilização de fontes externas de informação, no caso analisado, é um importante fator para a boa relação custo-benefício. Porém, a utilização dessas fontes poderia aumentar a acurácia do classificador. Por exemplo, pode-se adicionar bandas correspondentes a informações geográficas de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), ou ainda uma banda com informações de uma pré-classificação por um método numérico de classificação. Porém, deve-se observar que a elevação do custo computacional das regras adicionais para tratar essas fontes adicionais de informação pode aumentar a relação custo-benefício. A aplicação apresentada no Capítulo 5 não se utilizou de toda a potencialidade do algoritmo e espera-se que se utilizada os resultados seriam melhores do que os apresentados.

Como desvantagens, observa-se a necessidade de conhecimento sobre a região a ser classificada para se poder construir um bom classificador e há a necessidade de um conhecimento mínimo sobre os operadores da Morfologia Matemática. Em compensação, a prototipagem do sistema é muito facilitada pelo sistema Khoros e pela sua "toolbox" MMACH, reduzindo o tempo de desenvolvimento do primeiro protótipo e facilitando o desenvolvimento do classificador final.

Visualmente e estatisticamente, os resultados obtidos são satisfatórios. No entanto, não é possível dizer que esse tipo de classificador possa se adequar a qualquer tamanho da imagem da mesma região.A exigência de interação com o usuário requer um conhecimento que ele não necessariamente poderá fornecer, que é o conhecimento de "componentes conexas". Não cabe a denominação essa iteração como uma supervisão na classificação no seu sentido clássico[1], mas sim, no sentido de uma classificação semi-automática ou interativa

Uma vez pronta e funcionando a "workspace", não é possível dizer que ela não terá dificuldades em tratar cenas da mesma região tomadas em diferentes datas, ainda que não surjam novas classes. Isso é devido a aspectos do próprio sistema que envolve um conhecimento armazenado sobre a área em questão que implicitamente possui uma data. Pequenas variações podem ser contornadas, porém, se tempos depois as áreas forem bastante modificadas, esse classificador pode não fornecer resultados confiáveis. Por exemplo, se uma parte da Floresta Densa der lugar a Vegetação Secundária, a aplicação desse classificador poderá

[1] neste trabalho, entende-se que a supervisão clássica se dá em uma etapa inicial do trabalho de classificação quando o operador passa os parâmetros para o classificador.

resultar em erros de classificação.

7.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Para o prosseguimento futuro desse trabalho, pode-se sugerir:

• Verificar qual é o aumento do custo computacional com uma base de regras mais específica e outras fontes de informação (como planos de um SIG ou uma pré-classificação) e se o aumento da precisão é significativo.

• Extender o classificador para toda a área da Floresta Nacional do Tapajós com o auxílio de outros especialistas.

• Modelar os conjuntos nebulosos referentes às informações radiométricas através de amostragens na própria imagem, gerando histogramas, posteriormente probabilidades e finalmente, transformando-as em possibilidades (Dubois e Prade, 1988 e Dubois, Prade e Sandri, 1993).

• Remodelar o sistema especialista introduzindo graus de credibilidade às regras e adotando uma abordagem mais geral, seja dentro da teoria dos conjuntos nebulosos, ou na teoria das Evidências de Dempster-Shafer.

• Verificar se a associação a um classificador numérico (como pós-classificador, ou mesmo em conjunto) pode aumentar significativamente a precisão da classificação.