

5 Conclusão

Neste trabalho foram propostos quatro grupos de métodos com o objetivo de sugerir o diagnóstico para Nódulos Pulmonares Solitários. Os grupos de métodos foram divididos de acordo com características comuns. O Grupo I tratou dos métodos comuns na literatura de processamento de imagens, como Histograma, Método de Dependência Espacial de Níveis de Cinza – SGLDM, Método de Diferença de Níveis de Cinza - GLDM, e Método de Comprimento de Primitivas de Níveis de Cinza - GLRLM. Esses métodos foram adaptados para se obter as características 3D do nódulo. O Grupo II também tratou da textura dos nódulos, mas utiliza quatro funções geoestatísticas para seu diagnóstico. As funções foram: semivariograma, semimadograma, covariograma e correlograma. O Grupo III descreveu apenas medidas baseadas na geometria do nódulo. Foram analisadas medidas de convexidade, esfericidade, e medidas baseadas na curvatura. Por fim, no Grupo IV, analisaram-se métodos que levam em consideração tanto a geometria quanto a textura do nódulo: o coeficiente de Gini e o esqueleto do nódulo. O coeficiente de Gini foi calculado para seis regiões distintas determinadas pela codificação de *voxels*. Com base no esqueleto, foram extraídas mais oito medidas: número de segmentos, número de ramificações, fração do volume, comprimento dos segmentos, volume do fecho convexo, taxa entre o número de segmentos e o volume do fecho convexo, coeficiente de variação e momentos do histograma.

Para sugerir o diagnóstico dos nódulos, foram estudadas duas técnicas de classificação que determinaram a sua benignidade ou malignidade. A primeira técnica é baseada nos métodos clássicos de estatística, chamada de Análise Discriminante Linear de Fisher. A segunda técnica realiza discriminações não lineares e é chamada de Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas.

A avaliação dos grupos de métodos propostos e a combinação deles mostraram que: 1) todos os grupos de métodos tiveram mais de 80% de precisão nos diagnósticos dos NPS; 2) não houve grande predominância na

classificação dos NPS de algum classificador, isto é, a ALDF e MLP tiveram precisão bem semelhante nos diagnósticos; 3) os Grupos II e III, e todos os Grupos combinados tiveram precisão no diagnósticos considerada excelente; 4) somente o Grupo IV teve precisão considerada regular; 5) o Grupo II, tanto com ALDF quanto com MLP, e os Grupos combinados, somente com MLP, tiveram a área da curva ROC considerada perfeita ($AUC = 1.000$); e 6) os Grupos combinados foi comprovadamente eficiente no diagnóstico de NPS, portanto concluímos que este resultado está de acordo com a idéia fundamental da tese, que é combinar medidas de textura e geometria como forma de obter características complementares para diagnosticar NPS.

A adaptação de métodos clássicos de textura em processamento de imagens, como o Método de Dependência Espacial de Níveis de Cinza – SGLDM, o Método de Diferença de Níveis de Cinza - GLDM, e o Método de Comprimento de Primitivas de Níveis de Cinza - GLRLM, para caracterizar o nódulo em 3D, são comprovadamente eficientes em várias aplicações de reconhecimento de padrões, e também demonstraram eficiência na discriminação e classificação dos nódulos ($0.800 < AUC \leq 0.900$).

As funções geoestatísticas estudadas, mais precisamente o semivariograma e correlograma, forneceram excelentes características para discriminar NPS entre malignos e benignos, já que a área da curva ROC foi igual a 1.000. Mesmo assim a técnica *passo a passo* não selecionou nenhuma medida dos métodos covariograma e semimadograma. Além disso, também não foi selecionada nenhuma medida com distância igual a 1, e ainda 4 das 7 medidas selecionadas foram do último *lag* (maior distância). Esta seleção contradiz a idéia inicial de que *lags* com distância menores seriam mais importantes na análise dos nódulos, pois detectariam pequenas mudanças de densidades.

A combinação do coeficiente de Gini e do esqueleto do nódulo para se obter características de textura e geometria para diagnósticos dos nódulos não foi tão eficiente quanto o esperado, já que obteve conceito considerado regular ($0.700 < AUC \leq 8.000$). A utilização do coeficiente de Gini como medida de caracterização do nódulo não teve muita importância para modelo, tendo somente uma medida selecionada. A aplicação do esqueleto do nódulo em relação à geometria foi importante para a discriminação dos nódulos, mas as medidas que procuravam combinar as características de textura e geometria, não foram selecionadas para o modelo. A idéia de verificar a variação da textura nos segmentos do esqueleto é válida, mas as medidas escolhidas para fazer esta tarefa talvez não sejam as ideais.

O tamanho da amostra (29 nódulos benignos e 7 malignos) e a sua desproporção (mais nódulos benignos do que malignos) prejudicaram sensivelmente uma análise mais precisa dos métodos propostos. Desta forma, se faz necessária outra análise com uma amostra maior e mais equilibrada. Também é importante utilizar outra amostra com protocolo de aquisição diferente da estudada, para se obter uma conclusão mais definitiva. Com a criação, prevista para o fim de 2004, de uma base de dados de imagens tomográficas de pulmões será possível fazer uma análise mais detalhada dos métodos e fazer comparações com métodos de outros pesquisadores. Maiores informações sobre essa base de dados podem ser encontradas em http://www3.cancer.gov/bip/steer_miss.htm e <http://www3.cancer.gov/bip/steercom.htm>.

Uma limitação do “Sistema de Análise de Nódulo Pulmonar – SANP” é a segmentação. Foi percebido pelos médicos durante sua utilização que a segmentação semi-automática faz com que a extração do nódulo seja demorada, e é necessária uma boa precisão motora e visual na eliminação de estruturas próximas ao nódulo. Estes fatores podem trazer algum tipo de informação errada para os métodos propostos, pois, se médico não conseguir distinguir e delimitar corretamente o nódulo, a consequência poderá ser um diagnóstico também errado [68], [57].

A expectativa com este trabalho é oferecer uma ferramenta que contribua com mais informações na análise dos NPS, permitindo aos médicos realizarem diagnósticos mais precisos.

5.1 Trabalhos Futuros

Com a experiência adquirida neste trabalho, são sugeridas as seguintes extensões para esta tese:

- Incluir parâmetros clínicos do paciente, como por exemplo idade, sexo e se é fumante, como entrada para os classificadores, ou ainda construir um sistema especialista que complemente os resultados vindos dos classificadores.
- Aplicar outras técnicas para selecionar variáveis, como algoritmos genéticos, análise de componentes principais (PCA), etc.
- Comparar os resultados encontrados com ALDF e MLP com outros tipos de classificadores, como por exemplo *Support Vector Machine* (SVM) ou um classificador Fuzzy.

- Este trabalho se restringiu apenas a classificar os nódulos como malignos ou benignos. Com uma amostra bem maior, pode-se fazer um estudo mais detalhado dos nódulos e classificá-los por tipos de lesões, como tuberculoma, granuloma, hamatomas, carcinoma, etc.
- Extrair/Segmentar o NPS de uma forma mais automática é um importante trabalho a ser realizado, pois diminuiria o tempo gasto pelos médicos na sua segmentação e evitaria erros de precisão motora.
- O SANP já verifica a evolução do nódulo através do tempo de dobra, utilizando a medida de volume ou diâmetro. Porém, outras maneiras podem ser estudadas, como a de analisar a alteração das densidades ou da geometria.
- O NPS maligno possui grandes quantidades de vasos, por isso quando o contraste iodado é injetado no paciente, este nódulo tende a absorver mais o iodo e conseqüentemente a realçar os tecidos. Nódulos com realce menor de 15 UH possuem 99% de probabilidades de serem benignos, e nódulos com realce maior que esse valor podem indicar malignidade. Um trabalho a ser realizado seria fazer um mapeamento das regiões que sofreram alterações com o contraste e visualizá-las.
- Os dois tratamentos padrões para nódulos malignos são radioterapia e a quimioterapia. Com esses tratamentos as células cancerígenas tendem a desaparecer, e para a imagem isto significa alterar a densidade do *voxel* e a geometria do nódulo. Um estudo muito interessante seria fazer o acompanhamento desses nódulos durante o tratamento.
- Os métodos propostos podem ser facilmente adaptados para trabalhar com outros tipos de lesões pulmonares, ou outros tipos de anomalias de outros órgãos (tumor no cérebro, por exemplo) ou ainda para qualquer outro trabalho que envolva a obtenção de características 2D ou 3D de um objeto para o reconhecimento de padrões. Um trabalho futuro seria utilizar estes métodos em outros estudos.
- Um passo fundamental para se verificar a evolução do NPS é fazer o registro de dois deles adquiridos de tempos diferentes. Uma das maiores dificuldades em se fazer o registro de imagens médicas é determinar os pontos comuns entre elas. O esqueleto do nódulo, descrito neste trabalho, pode ser uma boa solução para esse problema. Um trabalho futuro seria verificar a eficiência do esqueleto no registro dos nódulos.

- O NPS contém várias estruturas internas em sua composição, como vasos, calcificações, áreas de necrose, etc. Um dos trabalhos realizados em paralelo a esta tese foi a detecção, visualização e quantificação dessas estruturas [95]. Entretanto, é necessário validar este método comparando os resultados obtidos com imagens vindas do exame histopatológico.
- Examinar a possibilidade de utilizar métodos que não exijam a prévia segmentação do nódulo (por exemplo, operem sobre toda a tomografia).