

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nesta pesquisa foram testados vários parâmetros de campo sobre as linhas de manilhas de concreto e tubulações de PVC instaladas no SCGR do IAG/USP, visando obter imagens ótimas desses alvos e assim permitir obter os melhores parâmetros de campo. Para isso, vários parâmetros de campo foram testados, tais como, modos de aquisição, passo a passo e contínuo, antenas não blindadas com frequências de 100MHz e 200MHz, polarização das antenas (Ey-Ey e Ex-Ex), espaçamento entre os traços (0,2, 0,1 e 0,05 m) e stack dos traços (4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 e 512). Os estudos de campo foram precedidos por estudos de modelagem numérica bidimensional, os quais permitiram definir os melhores parâmetros de campo e os resultados obtidos puderam ser comparados com os dados reais.

Para a linha de manilhas de concreto as aquisições passo a passo se mostraram melhores, pois o arranjo de antenas Ex-Ex só pode ser aplicado neste tipo de aquisição. No entanto, é notado que o modo de aquisição contínuo apresentou características importantes, pois neste puderam ser utilizados pequenos valores de espaçamentos entre traços, os quais proporcionaram maior resolução espacial dos alvos, e também pequenos valores de stacks, os quais, aumentaram a velocidade da aquisição dos dados. Enquanto, que no modo de aquisição passo a passo o aumento da razão sinal/ruído é possibilitado, através do aumento do stack,

porém não é permitida a diminuição do espaçamento entre traços, devido ao tempo excessivo na aquisição dos dados.

Para a linha de manilhas de concreto o arranjo Ex-Ex apresentou maior eficiência do que o arranjo de antenas Ey-Ey, independentemente das frequências utilizadas, ou seja, todos os alvos foram identificados, devido ao fato desse arranjo de antenas ter apresentado a melhor combinação entre as polarizações das antenas transmissora e receptora e a disposição do alvo. Já para o arranjo de antenas Ey-Ey essa combinação não obteve a mesma qualidade de respostas, pois esse arranjo não identificou todos os alvos e não apresentou valores de amplitudes iguais ao Ex-Ex.

Com relação às frequências utilizadas, a frequência de 100MHz apresentou melhor desempenho, ou seja, todos os alvos foram visualizados. Já a frequência de 200MHz não obteve os mesmos resultados da antena de 100MHz, pois não conseguiu detectar os alvos mais profundos com igual eficiência, apesar de proporcionar maior resolução vertical dos alvos.

O aumento de stacks mostrou importante função, pois proporcionou melhor visualização dos alvos, principalmente ao longo da profundidade, devido ao aumento da relação sinal/ruído, fazendo com que os alvos mais profundos fossem visualizados com maior nitidez.

Por fim, os resultados dos dados reais apresentaram boa concordância com os resultados das modelagens 2D, no que diz respeito ao arranjo de antenas Ex-Ex e frequência de 100MHz, mas não no modo de aquisição, pois na modelagem 2D o espaçamento entre traços ótimo foi de 0,01m e nos dados reais não foi possível a aquisição no modo contínuo com o arranjo de antenas Ex-Ex, devido à impossibilidade de acoplamento ao sistema “trenó”.

Mediante esses resultados, pode-se dizer, que para a linha de manilhas de concreto, todos os alvos foram identificados com sucesso e os melhores refletores foram obtidos,

através dos seguintes parâmetros ótimos, modo de aquisição passo a passo, polarização de antenas Ex-Ex, frequência de 100MHz, espaçamento entre traços de 0,2m e stack 512.

Para a linha de tubulação de pvc, as aquisições no modo contínuo se mostraram melhores do que as do modo passo a passo, pois foi possível a aplicação de menores espaçamentos entre traços, proporcionando, assim maior resolução espacial dos alvos e maior velocidade de aquisição, devido aos pequenos valores de stacks. Apesar, do modo passo a passo possibilitar levantamentos com altos valores de stacks, onde os alvos mais profundos possuem mais chances de serem visualizados, isso não fez com que esse modo de aquisição de dados tivesse desempenho superior ao modo contínuo, pois nenhum alvo abaixo de 1m de profundidade foi detectado.

Com relação às frequências utilizadas foi notado que, seus desempenhos estiveram intimamente ligados aos arranjos de antenas (polarizações) empregados, ou seja, para as aquisições realizadas com os arranjos Ey-Ey e Ex-Ex, ambos, com frequência de 100MHz, nenhum refletor foi encontrado, além do cano metálico guia encontrado com a polarização Ey-Ey. Entretanto, houve nítida diferença no padrão dos refletores para as aquisições realizadas com frequência de 200MHz e arranjos de antenas Ex-Ex e Ey-Ey, pois, nestas aquisições o arranjo Ey-Ey detectou os três alvos mais rasos, A (preenchido por água), I (preenchido por água e ar) e J (vazio) contra um único alvo detectado no modo Ex-Ex, o alvo J (vazio).

Os dados reais apresentaram boa concordância com os dados de modelagens 2D, apenas para os alvos mais rasos, sendo que os melhores resultados obtidos nas modelagens foram, através dos parâmetros, arranjo de antenas Ex-Ex, frequência de 200MHz e espaçamento entre traços de 0,01m e os melhores resultados obtidos nos dados reais foram com modo de aquisição contínuo, arranjo de antenas Ey-Ey, frequência de 200MHz, e espaçamento entre traços de 0,05m. Estes resultados estão diferentes com relação ao arranjo

de antenas, pois na aquisição dos dados reais não foi possível empregar o arranjo de antenas Ex-Ex no modo contínuo, devido à impossibilidades de acoplamento desse arranjo de antenas ao sistema de aquisição “trenó”. A não detecção dos demais alvos nas aquisições reais se deve a alguns fatores, como, baixo contraste de impedâncias entre o background e os tubos de pvc, pequeno diâmetro das estruturas, o qual proporciona um grande espalhamento da energia fazendo com que, apenas pequena parte dessa seja captada pela antena receptora, atenuação natural da onda EM dada em função da profundidade e da condutividade elétrica do meio.

Mediante os resultados chega-se à conclusão que para a linha de tubos de pvc, poucos foram os alvos identificados, entretanto, em termos gerais, os parâmetros considerados ótimos foram, modo de aquisição contínuo, arranjo de antenas Ey-Ey, frequência de 200MHz, espaçamento entre traços de 0,05 e stack igual a 32. Cabendo a observação que para o alvo vazio J o arranjo de antenas Ex-Ex teve desempenho ligeiramente superior.

Dessa maneira, observa-se que, além dos parâmetros de aquisição muitos são os fatores que influenciam na obtenção de bons padrões de refletores, tais como:

i) Conhecimento prévio da disposição dos alvos. Este fato permite arranjar as antenas transmissora e receptora em relação à posição do eixo do alvo cilíndrico de modo a obter uma melhor combinação entre as polarizações da onda refletida e da antena receptora, o que favorece a recepção de um sinal com maior banda de espalhamento.

ii) Diâmetro do alvo. Quanto menor o diâmetro do alvo estudado menor será a possibilidade de detectá-lo, uma vez que o fenômeno de perda por espalhamento é maior em alvos de pequeno diâmetro, por isso sua detecção se torna muito dependente da polarização da onda EM empregada.

iii) Profundidade do alvo. Alvos mais profundos são mais difíceis de serem detectados, devido à atenuação intrínseca do sinal eletromagnético no meio.

iv) Composição do alvo. Alvos cilíndricos, de material dielétrico e condutor, se comportam de maneiras diferentes durante a interação com o campo eletromagnético.

v) *Background* do terreno. A composição do material em que o alvo está inserido influi diretamente na sua detecção, pois contribui com o maior ou menor contraste de impedância.

Os resultados obtidos para ambas as linhas instaladas na área do SCGR do IAG-USP podem servir de referência para outros levantamentos GPR em áreas onde não existam informações da subsuperfície. Contudo, recomenda-se que as aquisições nesses locais sejam realizadas com ambos arranjos de antenas, uma vez que, suas respostas se mostraram complementares.

Para finalizar, os resultados apresentados mostraram que os efeitos das polarizações são bastante complexos, e para uma melhor compreensão dos fenômenos eletromagnéticos que ocorrem sobre os alvos, mais estudos são necessários. Seria interessante também que fossem realizados estudos posteriores na área do SCGR, através de levantamentos GPR com diferentes equipamentos, para fins comparativos, pois resultados preliminares mostraram que as tubulações de PVC podem ser melhores identificadas com um equipamento do que com o outro.