

SAPIENZA ARQUEOLOGIA E GESTÃO DO PATRIMÔNIO

RELATÓRIO FINAL

PROSPECÇÃO NÃO-INTERVENTIVA POR SENSORIAMENTO REMOTO NA
ÁREA DO CEMITÉRIO DE ITAPEMA DO NORTE, ITAPOÁ- SC

ME. ALEXANDRO DEMATHE
ME. TIAGO ATTORRE
GUILHERME MACHADO

TUBARÃO, JULHO DE 2018.

FICHA TÉCNICA

PROSPECÇÃO NÃO-INTERVENTIVA POR SENSORIAMENTO REMOTO NA ÁREA DO CEMITÉRIO DE ITAPEMA DO NORTE, ITAPOÁ- SC	
<p>CONTRATANTE DOS SERVIÇOS DE ARQUEOLOGIA:</p> <p>Prefeitura Municipal de Itapoá.</p> <p>Rua Mariana Michels Borges, 201 – Bairro: Itapema do Norte CEP: 89249-000</p>	
<p>EXECUÇÃO DO PROGRAMA ARQUEOLÓGICO:</p> <p>SAPIENZA – Arqueologia e Gestão do Patrimônio</p> <p>Endereço: Avenida Marechal Deodoro da Fonseca, 2177 Fábio Silva– Tubarão-SC CEP: 88702-715 E-mail: ademathe@gmail.com</p>	 <p>SAPIENZA ARQUEOLOGIA & GESTÃO DO PATRIMÔNIO</p>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. ATIVIDADES REALIZADAS NA ÁREA DO CEMITÉRIO	10
2.1. FOTOS AÉREAS E FOTOGRAMETRIA	11
2.2. GNSS-RTK	13
2.3. RADAR DE PENETRAÇÃO DE SOLO (GPR).....	18
3.ASPECTOS HISTÓRICOS DE ITAPOÁ.....	37
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
Anexo I - Levantamento planialtimétrico da área de estudo.	46
Anexo II - Ortofoto da área de estudo.....	47
Anexo IV - Áreas prováveis para a localização de sepulturas não-marcadas sobre o levantamento planialtimétrico	49
Anexo V - Funcionamento do radar de penetração de solo (GPR).....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Malha Urbana de Itapoá na Área do Cemitério e Entorno (Google Maps).....	6
Figura 2: Porta de entrada do antigo cemitério denominado Cemitério Itapema do Norte.....	7
Figura 3: Sepulturas demarcadas no cemitério.....	8
Figura 4: Sepulturas demarcadas no cemitério.....	8
Figura 5 : Operação do equipamento VANT (DJI Phantom3) <i>drone</i> para realização das fotos aéreas.....	11
Figura 6: Operação do equipamento VANT (DJI Phantom3) <i>drone</i> para realização das fotos.....	12
Figura 7: Operação do equipamento VANT (DJI Phantom3) <i>drone</i>	12
Figura 8: Processamento com GNSS-RTK.....	14
Figura 9: Processamento com GNSS-RTK.....	14
Figura 10: Mapa do levantamento planimétrico.....	16
Figura 11: Mapa planialtimétrico geral do cemitério.....	17
Figura 12 : Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.....	18
Figura 13: Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.....	19
Figura 14: Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.....	19
Figura 15: Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.....	20
Figura 16: Polígonos e áreas do antigo cemitério.....	21
Figura 17 : Projeção do eixo de rolagem da rua por sobre a área do cemitério.....	22
Figura 18 : Disposição das malhas levantadas por GPR.....	23
Figura 19 : Levantamento planimétrico da área de estudo (com maior definição nos anexos).....	24
Figura 20: Ortofoto da área de estudo (com maior definição nos anexos).....	25
Figura 21: Exemplo de perfil de reflexão extraído da malha 8, interna ao cemitério, com indicação de pequeno vazio em 1, hipérbole em 2, e interface natural em 3 (escalas em metro).....	27
Figura 22 : Exemplo dos perfis de reflexão paralelos e o <i>slice</i> sendo interpolado à profundidade de 49,8 cm (esq) e <i>slice</i> isolado que interpola os dados entre os 42,2 e 59,3 cm de profundidade(dir).....	28
Figura 23 : Dados da malha 6 projetados sobre a ortofoto (esq) e sobre o levantamento planialtimétrico (dir).....	29
Figura 24 : Detalhe da malha 6 plotada sobre o levantamento planialtimétrico.....	30
Figura 25 : Exemplo de perfil interno ao cemitério.....	31
Figura 26 : Exemplo de perfil externo ao cemitério.....	32
Figura 27: Dados das malhas de GPR interpolados sobre o levantamento planialtimétrico (em maior definição em anexo).....	33
Figura 28: Áreas prováveis para a localização de sepulturas não-marcadas sobre o levantamento planialtimétrico (em maior definição em anexo).....	34
Figura 29: Projeção do eixo da via pública sobre levantamento planialtimétrico e áreas interpretadas.....	35

1. INTRODUÇÃO



Figura 2: Porta de entrada do antigo cemitério denominado Cemitério Itapema do Norte.

O cemitério hoje é encerrado por um muro com uma abertura para o eixo Sul da Rua Otávio Cipriano. A área cercada apresentava, no início do estudo, sepulturas demarcadas por estruturas de concreto, sepulturas demarcadas pela presença de vegetação baixa, por vezes acompanhada de fieira de tijolos, ou simplesmente uma cruz. Havia também fragmentos de cruzes espalhados pelo cemitério, pressupondo que algumas sepulturas perderam essa indicação ao longo do tempo permanecendo apenas os espaços vazios evidenciados no terreno. Por fim, na parte interna e externa do cemitério, lixo, entulho e vegetação se acumulavam pelos cantos e nas áreas entre as sepulturas dificultando a visibilidade das estruturas e sua localização além de emprestar uma má impressão à área.



Figura 3: Sepulturas demarcadas no cemitério.



Figura 4: Sepulturas demarcadas no cemitério


O estudo que aqui se apresenta tem por objetivo apontar as estruturas funerárias presentes na área de maneira a instruir o poder público na tomada de decisões para as atividades de revitalização pretendidas pela Prefeitura Municipal. Nesse sentido, o foco deste estudo se deu no registro da localização dos elementos que se encontram sob a superfície, através de levantamento planialtimétrico da área por GNSS-RTK e fotogrametria realizada por imagens aéreas feitas com auxílio de um VANT. Já nas áreas onde se dão os vazios, assim como parte do arruamento do entorno, foram prospectadas por radar de penetração de solo (GPR) com o intuito de se investigar a existência de elementos em subsuperfície condizentes com a localização de sepulturas não marcadas.

Para melhor entendimento, classificamos as estruturas mapeadas no cemitério como:

- **Estruturas funerárias edificadas** - Trata-se de estrutura composta por túmulo construído em alvenaria facilmente visível em superfície.
- **Covas assinaladas** – Definidas como estruturas funerárias marcadas na superfície do solo, ou por pequenas elevações ou demarcadas por símbolos cristãos como uma cruz.
- **Covas não assinaladas** – Trata-se de cova não visível em superfície, localizada em subsuperfície identificada com auxílio do GPR.
- **Cepos** – Trata-se de um conjunto de cepos vegetais de *Dracaena marginata* que por informação de antigos moradores podem indicar local de enterramento.

Ao delimitar as estruturas funerárias aparentes e prospectar as áreas superficialmente vazias pretendemos apresentar um quadro do passivo ambiental/cultural que uma obra de grande porte pode vir a enfrentar caso ocorra sua execução.

Nesse sentido, apresentamos as informações das atividades executadas, seguido por seus resultados, terminando o relatório com algumas considerações e recomendações pertinentes.



2. ATIVIDADES REALIZADAS NA ÁREA DO CEMITÉRIO

2.1. FOTOS AÉREAS E FOTOGRAMETRIA

Nessa ação foram realizadas 48 fotos aéreas da área do cemitério com o auxílio de um pequeno VANT (DJI Phantom3), lembrando que apenas o perímetro do cemitério foi abarcado no sobrevoo e muito embora as edificações vizinhas apareçam nas imagens, isso só ocorre por conta da visão lateral da câmera. As fotos foram feitas a uma altitude média de 27,5 metros em ângulo perpendicular ao solo e registraram também oito pontos de controle estabelecidos em terra. Os pontos de controle no solo tiveram suas coordenadas estabelecidas pelo sistema de posicionamento GNSS (RTK Trimble R8S) operando no modo RTK.



Figura 5 : Operação do equipamento VANT (DJI Phantom3) *drone* para realização das fotos aéreas.



Figura 6: Operação do equipamento VANT (DJI Phantom3) *drone* para realização das fotos.



Figura 7: Operação do equipamento VANT (DJI Phantom3) *drone*.

Após a aquisição, as imagens foram processadas por fotogrametria para depreensão do modelo de elevação de superfície e confecção da

ortomosaico (Figura 20), sendo as coordenadas dos pontos de controle utilizadas para georreferenciamento destes produtos. Após o processamento, o erro estimado para o modelo de elevação e ortofoto foi de 2 cm no eixo X, 1 cm no eixo Y e 2 cm no eixo Z. Essa mesma precisão pode ser estendida a todos os produtos apresentados nesse estudo.

2.2. GNSS-RTK

Todas as intervenções inferidas na área estudada foram plotadas e georreferenciadas com auxílio do sistema GNSS-RTK Trimble R8S e de ortoimagens realizadas com VANT e processadas em software específico.

Utilizando o sistema GNSS-RTK foram adquiridos 539 pontos para o modelo de elevação digital do sítio e de seu entorno imediato, no modo estático rápido. Destes, foram adquiridos pontos dos túmulos (estruturas edificadas), covas assinaladas e cepos (que podem indicar antigas covas), grids do levantamento GPR, além do cadastramento das unidades edificadas do cemitério e de seu entorno. Com o RTK também foram coletados os oito pontos de controle utilizados para o processamento da ortomosaico. Cabe lembrar que todas as coordenadas presentes nesse relatório seguem o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, na sua realização do ano 2000 (SIRGAS 2000), e quando projetadas, as coordenadas encontram-se em Universal Transversa de Mercator (UTM) na zona 23 Sul.



Figura 8: Processamento com GNSS-RTK.



Figura 9: Processamento com GNSS-RTK.

No levantamento por RTK uma base foi estacionada próxima a parte central do cemitério ao lado da estrutura da antiga cruz, por aproximadamente 7 horas, os dados de posicionamento deste ponto foram observados pela base, enquanto era realizado o levantamento e coleta dos pontos. Após a coleta processou-se os dados brutos no site do IBGE em uma rede com os dados adquiridos em mais três bases da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS, para ajustamento e correção diferencial da posição da base.

Dois marcos auxiliares M1 e M2 foi materializado no solo sob as coordenadas M1 E 739470, 337; N 7114096,866; Z 3,335m e M2 E 739466,319; N 7114059,657; Z 3,574m e coletados em modo estático com observação de 15 minutos, situados nas extremidades SO e NO do cemitério.

Após esse procedimento, propagou-se a correção para todos os pontos adquiridos no levantamento. Assim montamos um cubo de dados para visualização da geometria dos sítios, tendo sido utilizada a altura elipsoidal, além de gerarmos os mapas.





Figura 10: Mapa do levantamento planimétrico.

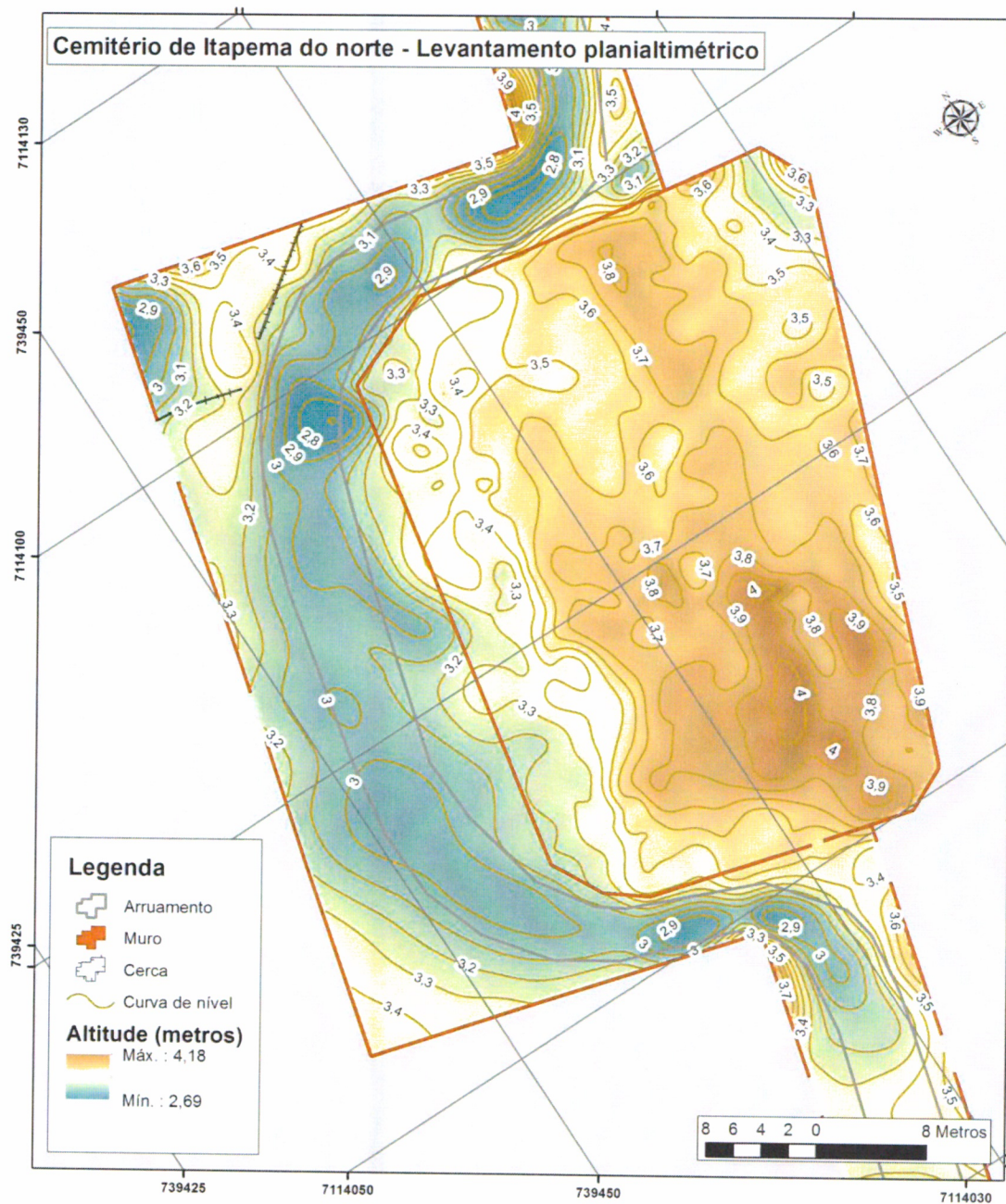


Figura 11: Mapa planialtimétrico geral do cemitério.

2.3. RADAR DE PENETRAÇÃO DE SOLO (GPR)

Foi utilizado o sistema SIR - 3000 equipado com antenas blindadas com frequência central de 270 MHz e distanciômetro acoplado. O traço teve janela temporal de 75 ns, com amostragem incremental de 512, com densidade de um traço a cada dois centímetros. Estimando-se a constante dielétrica, por ajuste de hipérbole, em 12,85, a janela temporal nos permitiu uma penetração de 3,04 metros de profundidade, que consideramos suficiente para o estudo.



Figura 12 : Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.



Figura 13: Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.



Figura 14: Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.



Figura 15: Utilização de equipamento de GPR para penetração de solo.

Uma vez montado o sistema, passamos a adquirir perfis de reflexão paralelos, a uma distância de 50 centímetros, dentro de malhas desenhadas para cobrir as áreas superficialmente vazias da parte interna do cemitério e de seu entorno imediato. No total, foram realizados 132 perfis de reflexão que juntos perfazem 2.031,5 metros lineares de perfis adquiridos. Em termos de metros quadrados estes perfis recobriram 915 m² da área. Isso se deve pela falta de condição de arraste das antenas, uma vez que a superfície é toda recortada pela presença do muro, árvores e, principalmente, pelas sepulturas demarcadas por estruturas de alvenaria e argamassa. Após a aquisição os perfis foram processados para construção dos mapas de amplitude em função do tempo (*time slices*) que nos mostram o comportamento dos dados em planta.

2.4. RESULTADOS

A área do antigo cemitério e seu entorno ocupam cerca de 2.655m², sendo 1.129,1 m² na área encerrada pelo muro, e 1.525,9 m² no seu entorno imediato, como se pode (Figura 16) ver nos polígonos apresentados cujos vértices foram determinados no levantamento planialtimétrico.

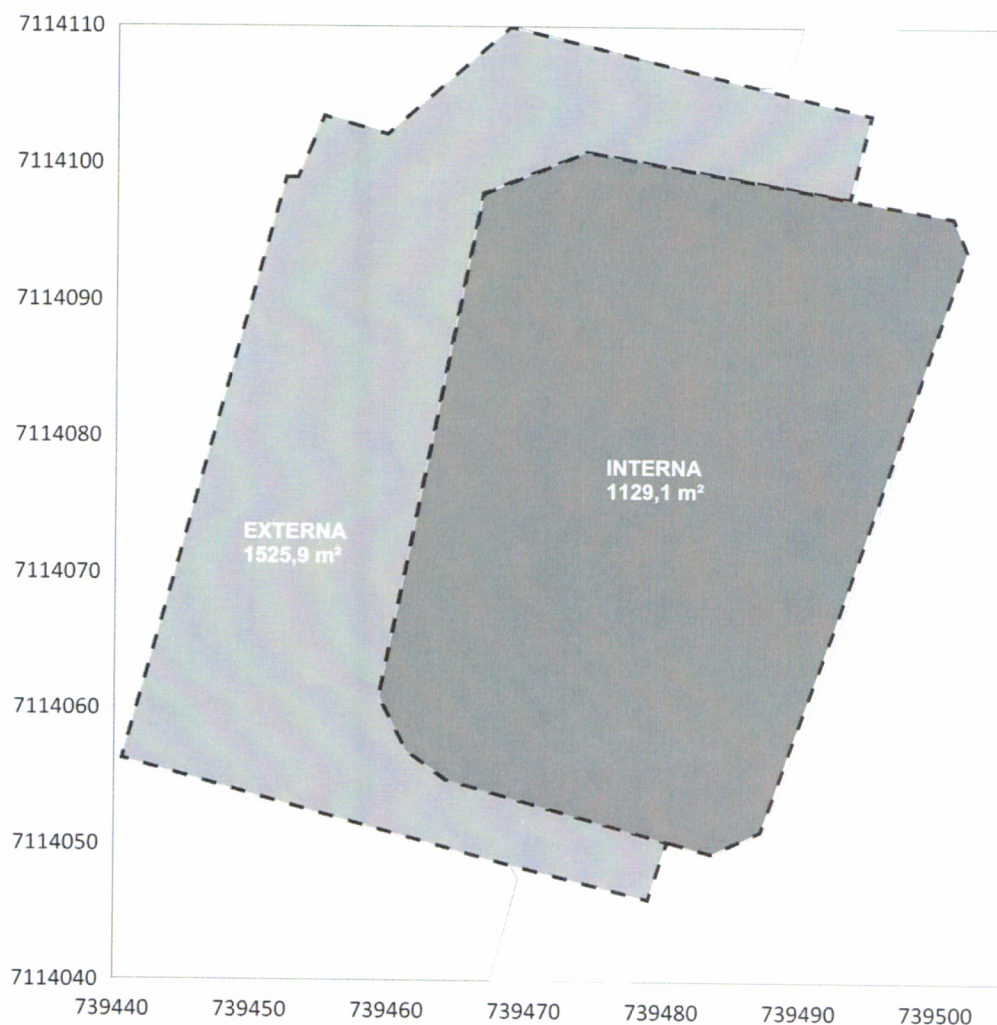


Figura 16: Polígonos e áreas do antigo cemitério.

Quando projetado o eixo da via sobre a área do cemitério (Figura 17) podemos perceber que seu polígono ocupa cerca de 519,7 m², dos quais 427 m² se dão dentro da área encerrada pelo muro.

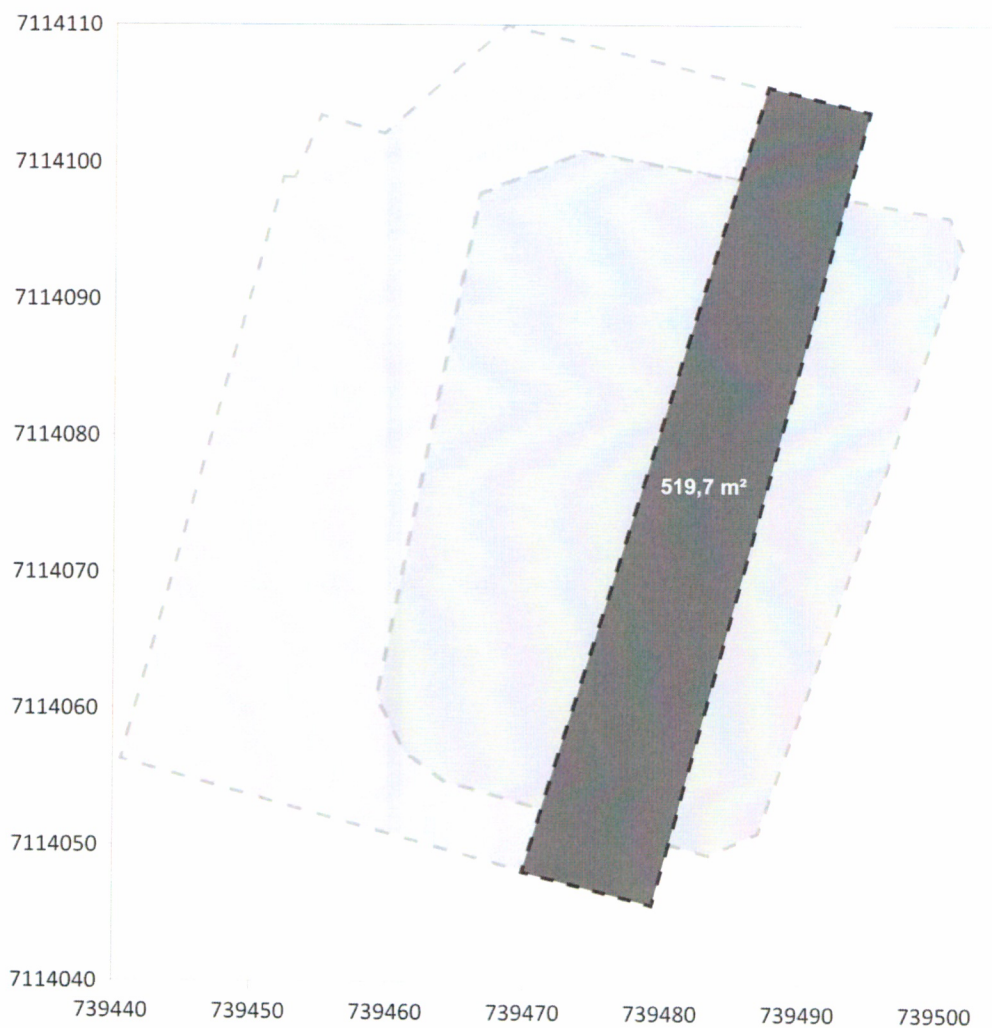


Figura 17 : Projeção do eixo de rolagem da rua por sobre a área do cemitério.

Da área total de 2.655 m², 915 m² foram sensoriados pelo radar de penetração de solo, sendo 478 m² na área interna ao cemitério, e 437 m² sensoriados ao longo da via pública que faz seu entorno imediato (Figura 18).

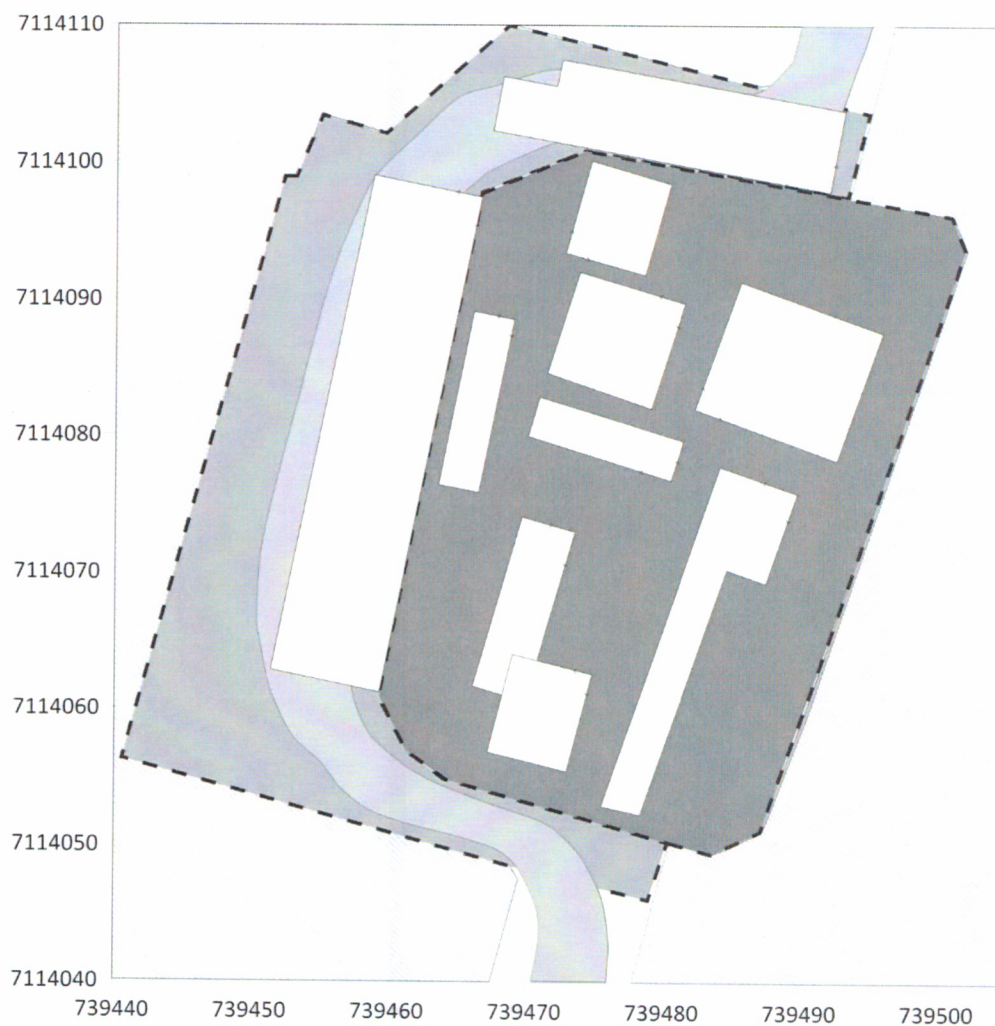


Figura 18 : Disposição das malhas levantadas por GPR.

Na área interna aos muros foram registradas 67 estruturas funerárias edificadas, também foram mapeadas 9 covas assinaladas, algumas cruzes e 76 cepos de *Dracaena marginata* que podem indicar outros sepultamentos. Estes elementos foram marcados no levantamento planialtimétrico (Figura 19), junto com os demais elementos que apresentamos nos mapas.



Figura 19 : Levantamento planimétrico da área de estudo (com maior definição nos anexos).



Figura 20: Ortofoto da área de estudo (com maior definição nos anexos).

Quanto ao imageamento por radar de penetração de solo, há dois tipos de imagem que são geradas, o perfil de reflexão e o mapa de amplitude

em função do tempo¹. O perfil de reflexão apresenta uma imagem em corte do subsolo, como se estivéssemos observando um talude escavado no solo. O GPR só apresenta dois tipos de eventos reflexivos, os pontuais e os contínuos, sendo que os primeiros sempre têm forma de hipérbole, por conta da forma de cone que a energia toma no solo, e os segundos sempre assumem a forma de faixa, isso quando visualizados no perfil de reflexão. O evento pontual quase sempre é o resultado da reflexão da energia em um objeto soterrado no solo com tamanho e geometria suscetíveis à energia utilizada e cujas características físicas apresentem contraste com o meio. Já o evento contínuo é quase sempre o resultado de uma interface presente no solo, seja entre camadas naturais ou não, ou de objetos demasiado grandes, como uma laje, por exemplo.

Nesse sentido, todos os perfis de reflexão somente apresentam hipérbolas e faixas, o que pode ser um tanto frustrante num primeiro momento, mas é através delas que podemos registrar a ocorrência dos eventos reflexivos e depreender algumas de suas características, dimensão e profundidade. De posse destas informações passamos a interpretar as imagens, procurando e assinalando as reflexões que condigam com aquilo que procuramos, mas o resultado final é sempre uma interpretação, uma estimativa.

¹ Maiores informações sobre os tipos de imagem constam no anexo I.

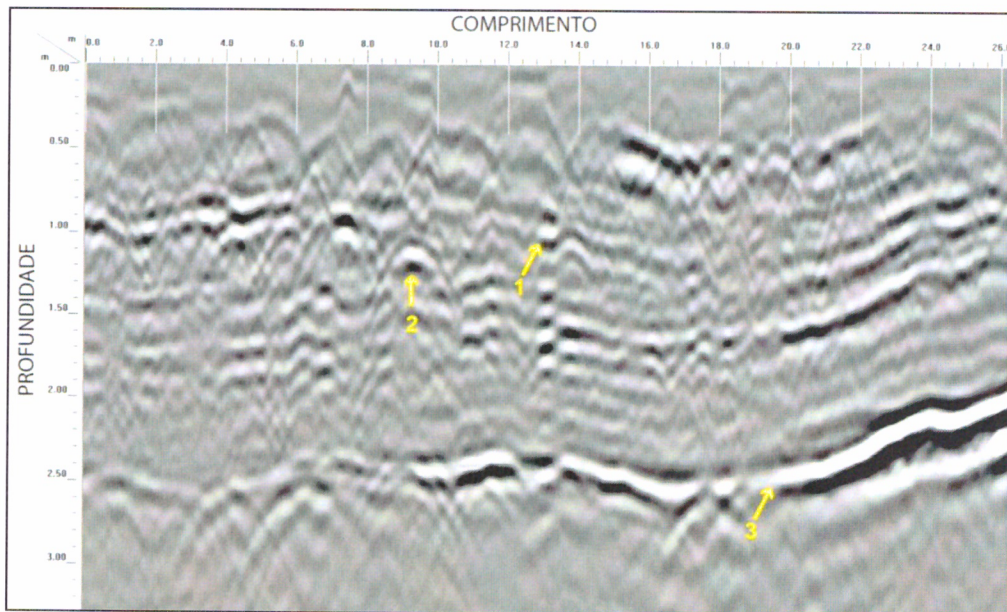


Figura 21: Exemplo de perfil de reflexão extraído da malha 8, interna ao cemitério, com indicação de pequeno vazio em 1, hipérbole em 2, e interface natural em 3 (escalas em metro).

Como é possível ver no exemplo do perfil (

Figura 21) há sempre uma miríade de eventos reflexivos em um único perfil de reflexão e uma das grandes questões de todos os estudos estratigráficos é saber o quanto aquele evento se estende para os lados e como se comporta quando o faz. Por isso, alhamos os perfis de reflexão paralelos e geramos o mapa de amplitude em função do tempo (*slices*), com ele podemos ver como os eventos reflexivos se comportam para os lados.

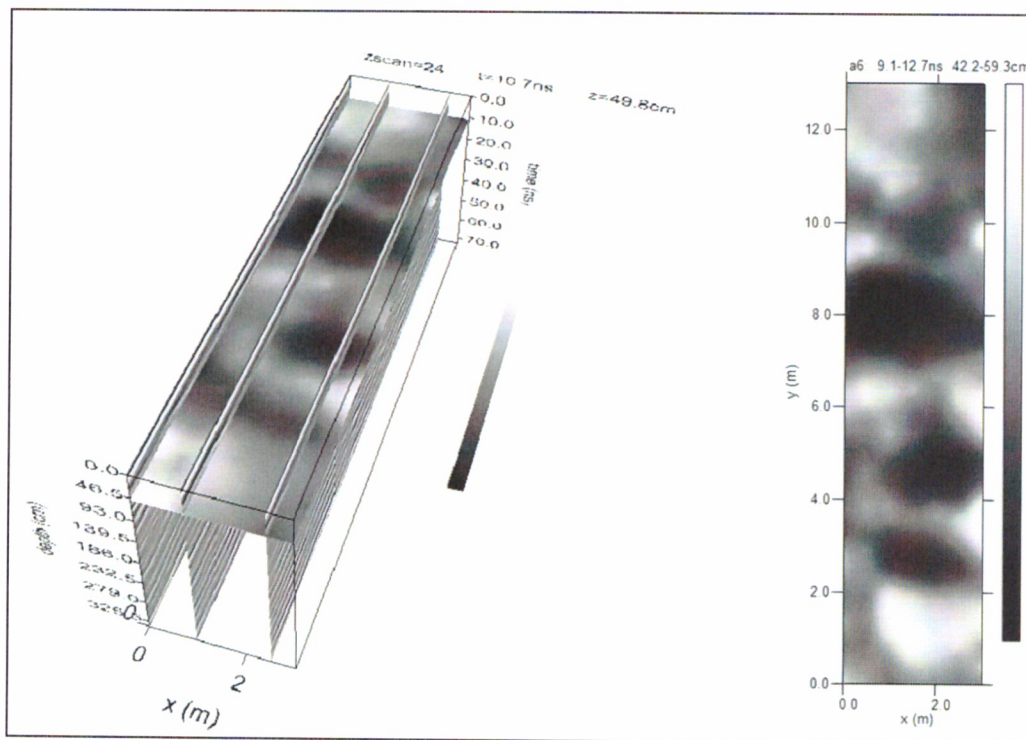


Figura 22 : Exemplo dos perfis de reflexão paralelos e o *slice* sendo interpolado à profundidade de 49,8 cm (esq) e slice isolado que interpola os dados entre os 42,2 e 59,3 cm de profundidade(dir).

A figura acima apresenta a malha 6 que adquirimos na área interna ao cemitério com apenas três dos perfis paralelos presentes no cubo de dados. Quando cotejamos o que vemos no *slice* com seu correspondente no perfil de reflexão, captamos mais elementos para a interpretação, mas a imagem ainda carece de mais elementos para ser interpretada.

Na busca por mais elementos que nos ajudem na interpretação só nos resta acrescentar o contexto encontrado em superfície. Para tanto temos duas opções, ou plotamos os dados do GPR por sobre a ortofoto realizada com o Drone e o RTK, ou o fazemos sobre o levantamento planialtimétrico.

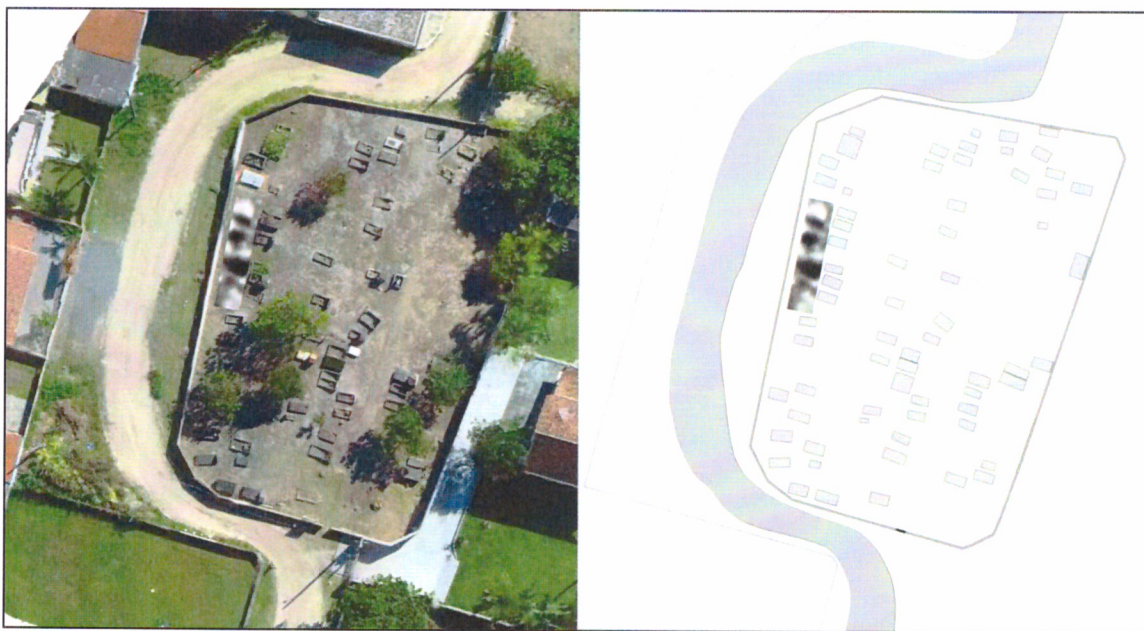


Figura 23 : Dados da malha 6 projetados sobre a ortofoto (esq) e sobre o levantamento planialtimétrico (dir).

Interessante notar que o levantamento planialtimétrico apresenta uma imagem mais limpa da área do cemitério, enquanto que a imagem mais realista proporcionada pela ortofoto contém elementos gráficos diversos daquilo que estamos tentando registrar. Nesse sentido, devemos apresentar todos os dados provenientes do GPR sobre o levantamento planialtimétrico, uma vez que facilita a interpretação.

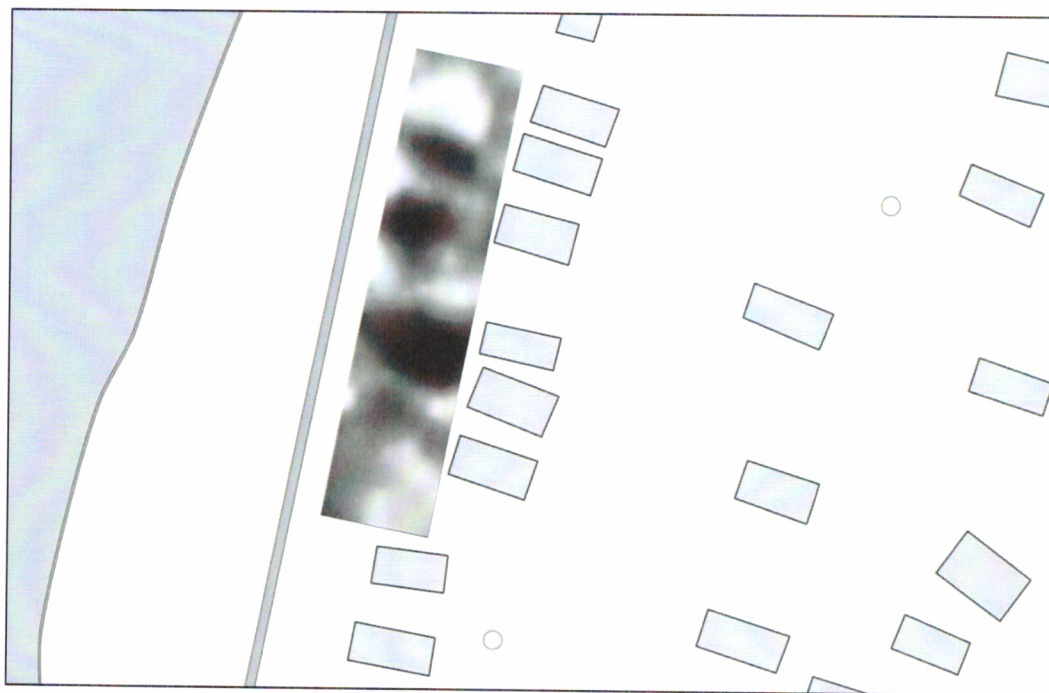


Figura 24 : Detalhe da malha 6 plotada sobre o levantamento planialtimétrico.

Quando olhamos em detalhe os dados da malha 6 (Figura 24) percebemos que as manchas escuras se alinham com as sepulturas adjacentes a direita na imagem. Além disso, possuem dimensões condizentes com as demais sepulturas. Notem que há quatro sepulturas no dado do GPR, pois na nossa interpretação a mancha mais difusa na parte inferior também é uma sepultura, pois apesar de não estar tão bem marcada no dado, ela apresenta as mesmas características das demais sepulturas acima.

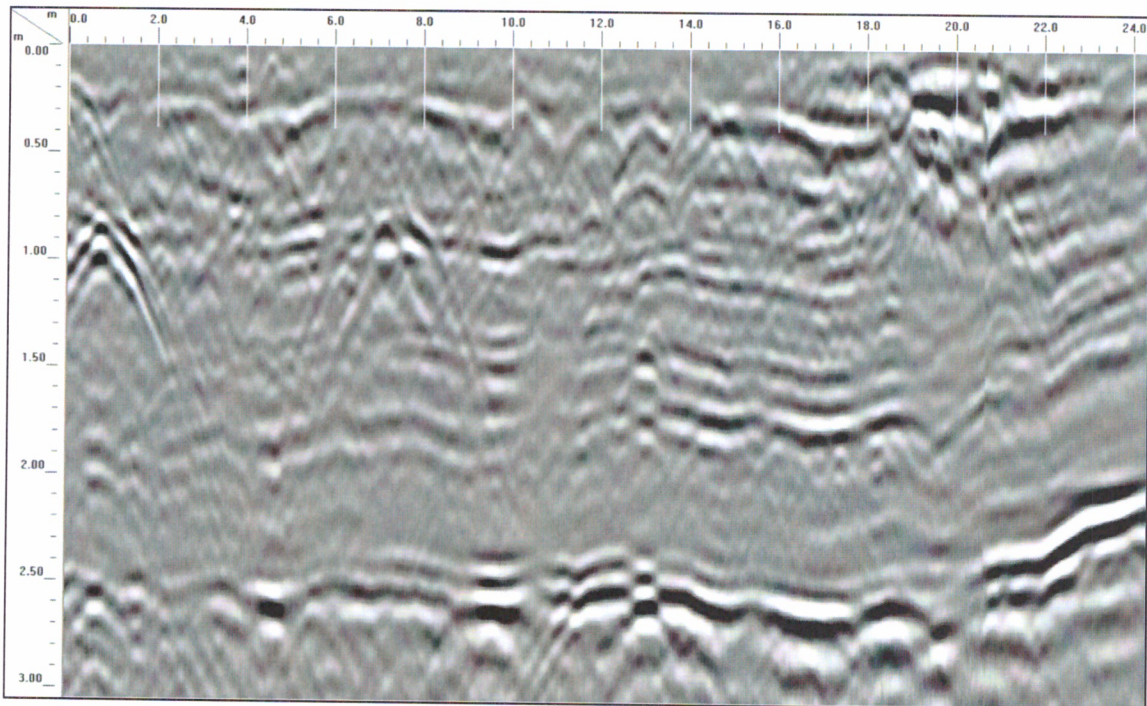


Figura 25 : Exemplo de perfil interno ao cemitério.

Além de utilizarmos o GPR para localização das sepulturas não-marcadas na área interna aos muros, nos valemos do sistema para prospectar o entorno Norte e Oeste com duas grandes malhas, como se pode ver na Figura 18. Só de se observar os perfis de reflexão (Figura 25, Figura 26) nos eventos reflexivos pontuais que apresentam comportamento diverso entre si quando comparamos os dados das áreas internas e externas ao muro.

Enquanto grandes hipérbolos se formam por volta dos 80 cm de profundidade na área interna, e que formam as manchas que interpretamos como sepulturas nos *slices*, na área externa as hipérbolos são bem mais superficiais e mais difusas entre os perfis paralelos. Além disso, quando interpolamos os *slices* para as duas malhas externas, não encontramos reflexões que sejam condizentes com a presença de sepulturas presentes para além dos muros. Muito embora haja relatos de que o muro tenha sobreposto uma sepultura, próximo ao primeiro ângulo que ele forma ao Norte, como não é fisicamente possível arrastar as antenas na área ocupada pelo muro, não temos como testar o que se conta sobre a presença da sepultura, muito embora, se ela está de fato lá podemos dizer que não se estende muito para além do muro.

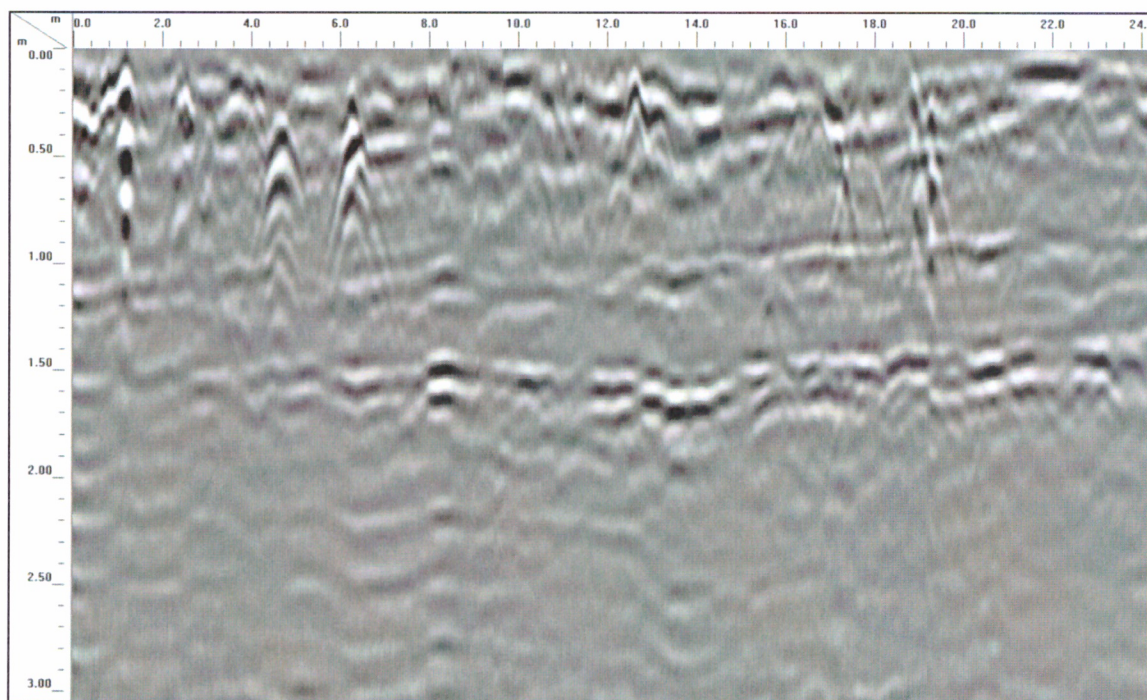


Figura 26 : Exemplo de perfil externo ao cemitério.

É interessante notar também que o substrato geológico se comporta de forma diferente dentro e fora do cemitério, sendo que há uma diferença topográfica de 80 centímetros entre o ponto mais alto registrado no solo na área interna ao cemitério (3,95 m de altitude) e o ponto mais baixo registrado ao longo da via pública (3,15 m de altitude). Nesse sentido, acreditamos que o local de escolha para a escavação das sepulturas, ao menos em parte, se deu pela presença dessa característica geológica presente na área, cuja natureza é difícil de caracterizar uma vez que a mancha urbana e a terraplenagem que sempre a acompanha já tomaram por completo o entorno, sendo impossível em termos de morfologia ter uma ideia de se o terreno mais alto se refere a uma duna ancorada, ou um cordão, ou mesmo um *blowout*. De qualquer forma, o fato é de que o lençol freático chega a se encontrar acerca de 270 centímetros de profundidade nas áreas internas ao cemitério enquanto que nas áreas externas sua presença varia entre 90 e 150 cm de profundidade, conseqüentemente há mais terreno disponível para abrigar as sepulturas na parte interna do que na parte externa.

Tal percepção em relação à variação topográfica, somada ao comportamento dos dados do GPR e a localização do lençol freático nos leva a interpretar a área de entorno do atual muro que cerca o cemitério como livre da presença de sepulturas.

Dos 107 sepultamentos mapeados 67 foram de estruturas edificadas, 9 de covas assinaladas e 33 covas não-assinaladas (GPR). Nas áreas internas aos muros, a presença de sepulturas não-assinalada é abundante e corresponde, em nossa estimativa, a mais de 30% das sepulturas presentes na área. Somados todos os dados do GPR adquiridos na parte interna do cemitério e interpoladas todas as malhas as manchas escuras, na escala de cor escolhida, representam uma ou mais sepulturas (Figura 27). As manchas escuras que se projetam fora da área dos muros não representam sepulturas, já na área interna sim, muito embora a intensidade da cor e sua dispersão variem bastante de malha para malha, é interessante notar que elas quase sempre seguem a orientação das sepulturas marcadas, com poucas exceções.

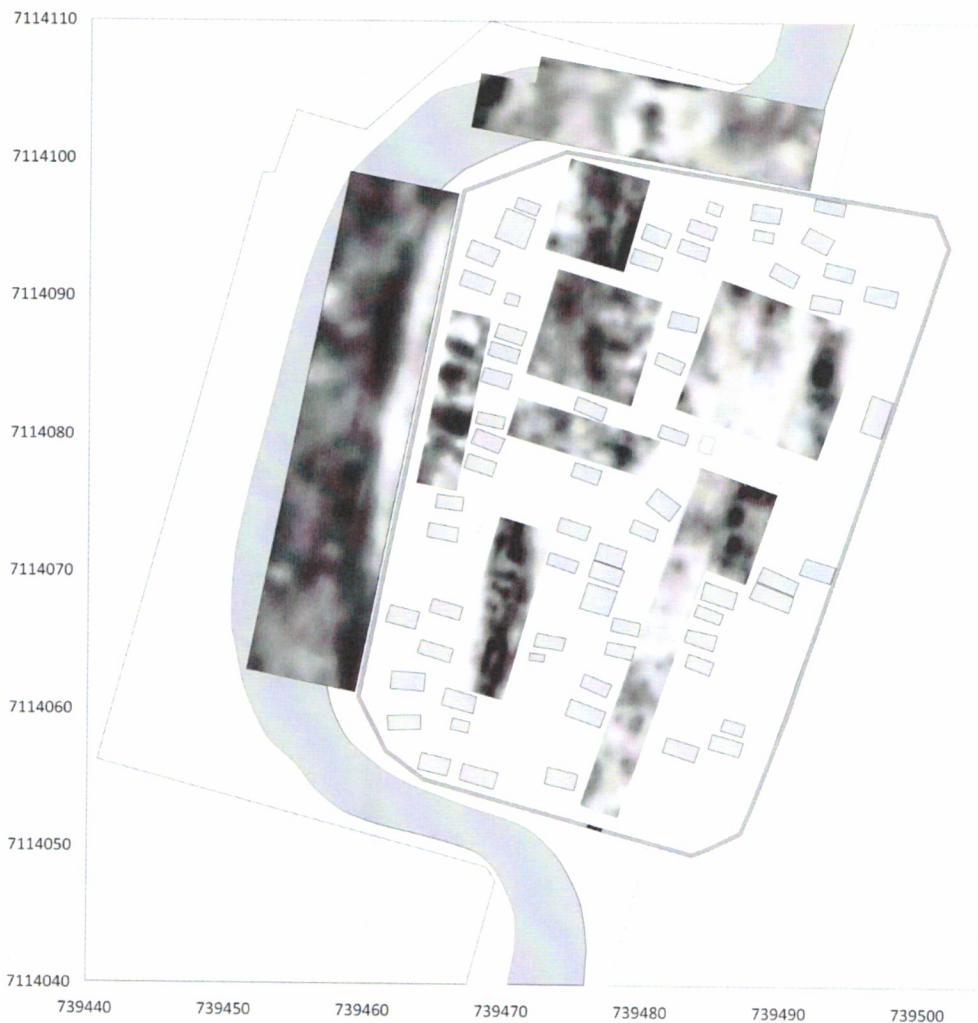


Figura 27: Dados das malhas de GPR interpolados sobre o levantamento planialtimétrico (em maior definição em anexo).

Dados os processos naturais de decomposição e os diferentes materiais que por vezes compõe o rito funerário, nem sempre a presença de uma sepultura pode ser individualizada em subsuperfície e para fins de cálculo de ocorrências estimamos o número de sepulturas presentes em uma área que apresenta grandes manchas, pois interpretamos a mancha como uma área difusa na qual se encontram mais de uma sepultura. Como resultado dessa interpretação será apresentado o seguinte quadro interpretativo.

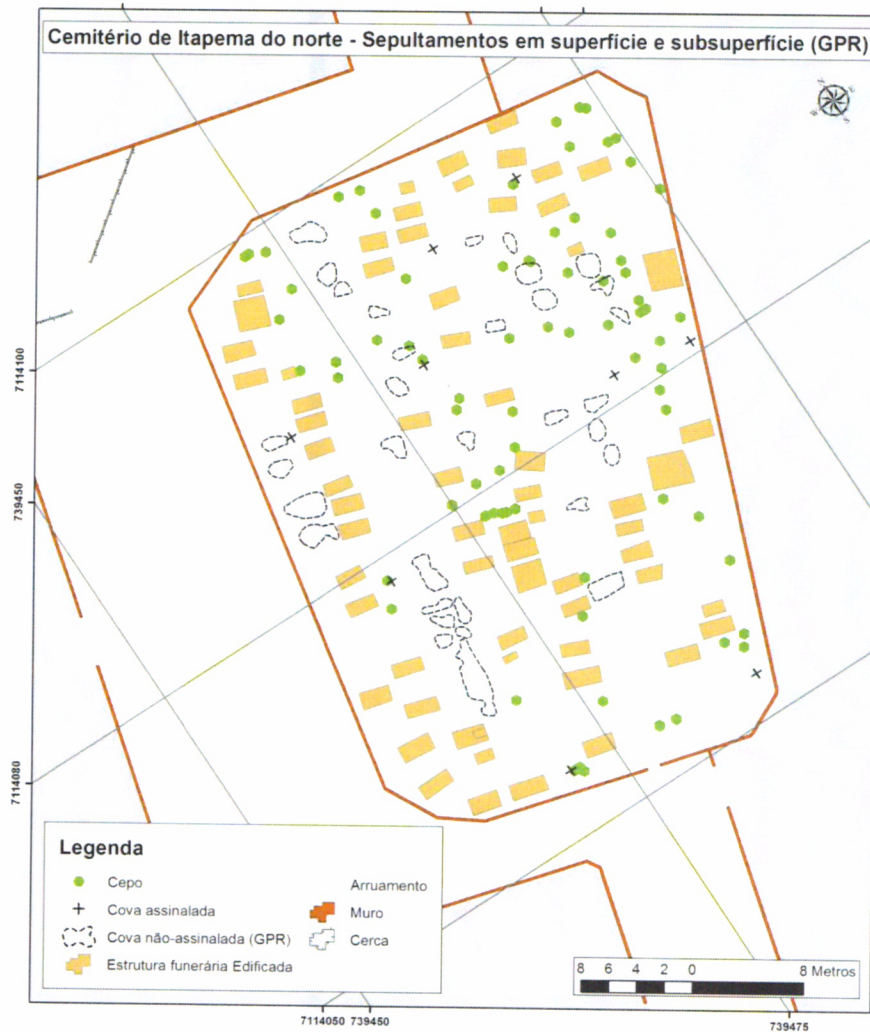


Figura 28: Áreas prováveis para a localização de sepulturas não-marcadas sobre o levantamento planialtimétrico (em maior definição em anexo).

É preciso ressaltar que se comparando a Figura 27 e Figura 28 nem sempre a presença da área provável para ocorrência de sepulturas pode ser notada. Isso acontece porque algumas sepulturas parecem ser mais profundas que outras, e não é possível apresentar em uma só imagem os mapas de amplitude em diferentes profundidades. As sepulturas encontradas têm profundidades que variam entre 40 e 130 centímetros, sendo que as profundas são as que menos ocorrem.

Nesse sentido, se voltarmos àquela diferença topográfica entre as áreas internas e externas ao cemitério, uma possível terraplenagem com o intuito de nivelar a área do cemitério tendo por base o nível do entorno urbano significaria ter de remover quase todas as sepulturas registradas na área.

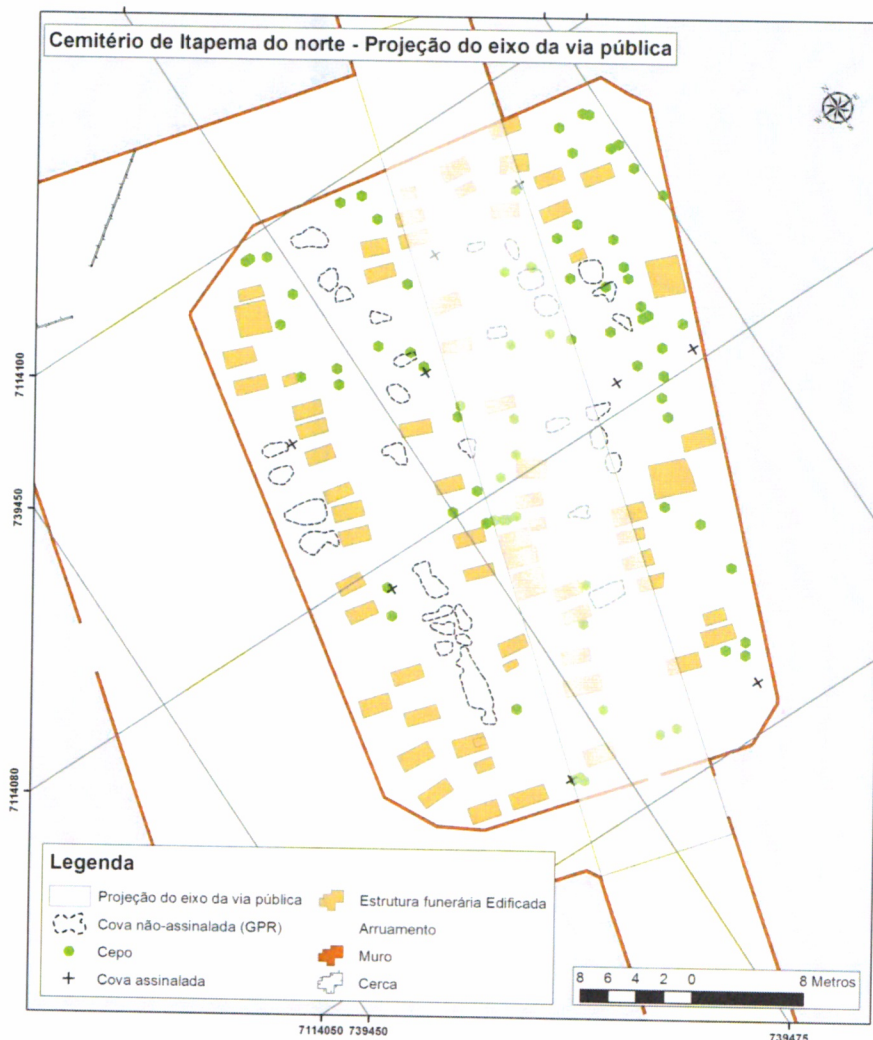


Figura 29: Projeção do eixo da via pública sobre levantamento planialtimétrico e áreas interpretadas.

Quando projetamos o eixo da via pública por sobre a área contabilizamos ao menos 27 sepulturas edificadas, 2 covas assinaladas e 23 cepos de *Dracaena marginata* que podem indicar outros sepultamentos, além 12 covas não assinaladas (GPR) na área que o eixo retificado da via ocuparia na área do cemitério.