

A APLICAÇÃO DA BASE DE DADOS GEOTÉCNICOS NO PLANEAMENTO URBANO NA CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA

THE GEOTECHNICAL DATABASE AND ITS APPLICATION IN LISBON URBAN PLANNING

Pinto, Cláudia; *Câmara Municipal de Lisboa/Centro de Geologia da FCUL, Lisboa, Portugal, claudia.pinto@cm-lisboa.pt*

Almeida, Gabriel; *Centro de Geologia da FCUL, Lisboa, Portugal, gmalmeida@gmail.com*

Almeida, Isabel; *Centro e Departamento de Geologia da FCUL, Lisboa, Portugal, imalmeida@fc.ul.pt*

RESUMO

A cartografia geológica, especialmente em áreas urbanas, desempenha um papel fundamental ao nível do ordenamento do território, na medida em que fornece informação que permite alcançar um nível de conhecimento superficial e sub-superficial detalhado. Através da implementação de uma metodologia de trabalho, que tem por base a consulta da informação contida na Base de Dados Geotécnica do concelho de Lisboa, é possível efetuar análises temáticas, que originam elementos cartográficos que compõem a Carta Geotécnica do Concelho de Lisboa e constituem informação de base ao planeamento urbano de uma grande cidade.

ABSTRACT

The geological mapping, especially in urban areas, plays a special role in land management, due to the providence of the information that allows the achievement of surface and subsurface knowledge. Through the implementation of a workflow, based on the information compiled in the Lisbon Geotechnical Database, it is possible to obtain thematic analysis, that can contribute to the elaboration of the Engineering Geological Map of Lisbon and provides basis information that contributes to urban planning in a big city, such as Lisbon.

1 - INTRODUÇÃO

Através do conhecimento geológico e geotécnico do território é possível efetuar análises temáticas que permitam avaliar as potencialidades de uma dada área face a determinadas solicitações e, numa perspetiva de síntese, adotar soluções que visem a mitigação do impacto de eventuais condicionantes nessas zonas. Esse conhecimento permite a redução de custos e a otimização de novos projetos, o que constitui um suporte fundamental para as decisões relacionadas com o planeamento e ordenamento do território.

Com a crescente pressão urbanística das últimas décadas, tornou-se indispensável elaborar planos para o ordenamento do território. Os Planos de Ordenamento são instrumentos de gestão territorial e devem integrar toda a informação relevante, procurando a adequabilidade da ocupação do território à qualidade de vida das populações e à preservação dos recursos naturais.

O caso de estudo que se apresenta foi desenvolvido na área de Chelas e os dados obtidos, assim como a metodologia adotada, foram utilizados na elaboração de um Plano de Pormenor desenvolvido na zona, posteriormente integrado na revisão do Plano Diretor Municipal da cidade de Lisboa.

2 - INSTRUMENTOS DE GESTÃO TERRITORIAL

Os instrumentos de gestão territorial têm como objetivo o desenvolvimento sustentável do território, estabelecendo opções para a organização do espaço e promovendo a relação entre os diversos níveis da administração pública e as populações.

Existem instrumentos de âmbito nacional, regional e municipal, que se regem por uma hierarquia baseada na especificidade do próprio instrumento de gestão.

O instrumento base do Ordenamento do Território é o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), aprovado pela Lei nº 58/2007, de 4 de Setembro, que estabelece as grandes opções com relevância para a organização do território nacional.

Para escalas de maior dimensão, existem os Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT) e os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) (Decreto-Lei nº 380/99, de 22 de Setembro,

alterado pelo Decreto-Lei nº 316/2007, de 19 de Setembro, na redação atual, e pelo Decreto-Lei n.º 46/2009, de 20 de Fevereiro).

Os PMOT são instrumentos de planeamento territorial de natureza regulamentar, aprovados pelos municípios e que estabelecem o regime de uso do solo, definindo modelos de evolução da ocupação humana e da organização de redes e sistemas urbanos e, na escala adequada, parâmetros de aproveitamento do solo. Os PMOT compreendem o Plano Diretor Municipal (PDM), os Planos de Urbanização (PU) e os Planos de Pormenor (PP), nos quais se insere o caso de estudo.

3 - CASO DE ESTUDO

A área de Chelas em estudo, ocupa cerca de 5,4 km² e localiza-se na zona ocidental do concelho de Lisboa (Figura 1).

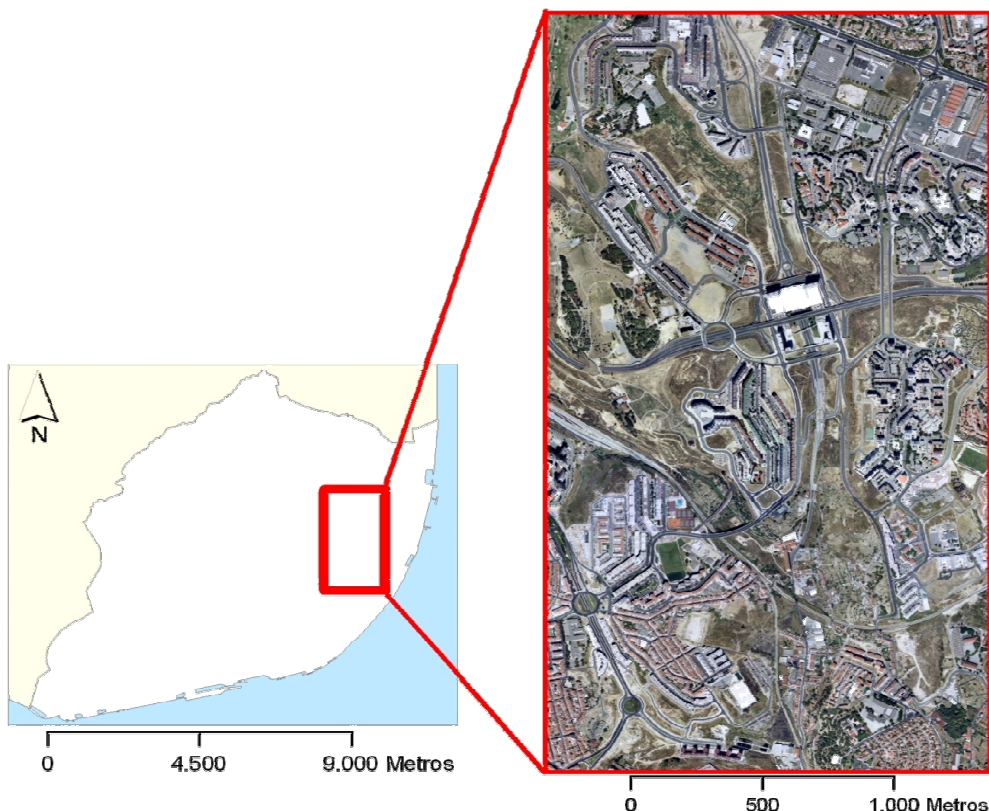


Figura 1 – Localização da área de Chelas no concelho de Lisboa

3.1 - Geologia

O enquadramento geológico do local, teve como base a Carta Geológica do Concelho de Lisboa, escala 1:10.000 (Almeida, 1986), dos Serviços Geológicos de Portugal, com a legenda adaptada da Carta Geológica de Portugal, Folha 34-D, escala 1:50.000 – INETI (Pais *et al.*, 2005).

As formações aflorantes incluem unidades do Miocénico Inferior e Médio que refletem uma alternância entre fácies continental (areias e calcarenitos bioclásticos) e fácies com maior influência marinha (argilas e margas), localmente cobertas por sedimentos de natureza aluvionar, associados às linhas de água locais (Zbyszewski, 1963).

Sendo uma zona onde no passado (séculos XIX e XX), houve intensa exploração de materiais geológicos, em particular areias e calcarenitos, existem frequentes depósitos de aterro de espessuras muito variáveis, com localização por vezes mal definida, consequência de antigos locais de extração desses materiais, posteriormente usados como vazadouros ou simplesmente entulhados (Figura 2). De igual modo, a modelação morfológica, consequência da recente ocupação urbana, originou movimentos de terras significativos que alteraram a topografia da área. Em consequência, existem na zona coberturas de solos deslocados com diferentes géneses e características.

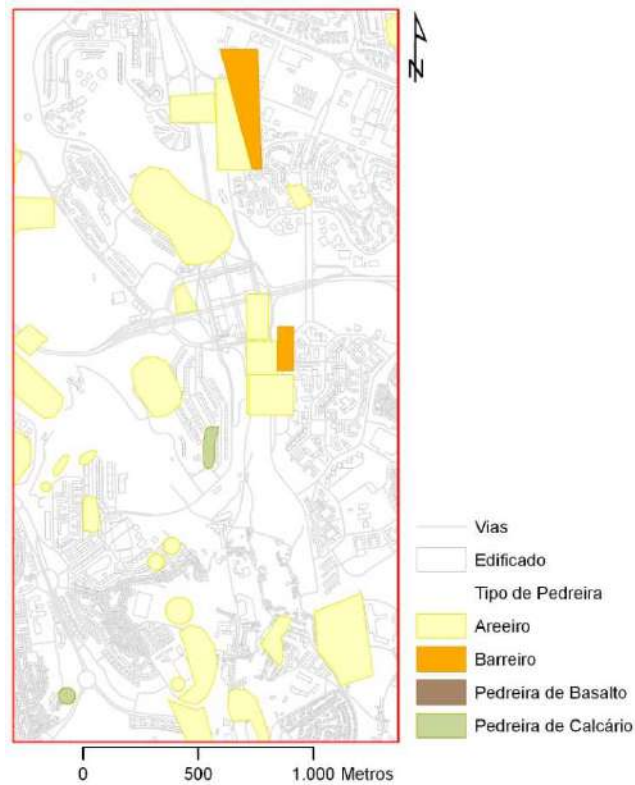


Figura 2 – Localização das antigas pedreiras existentes no concelho de Lisboa (Pinto, 2005)

3.1.1 - Litostratigrafia

No conjunto das unidades estratigráficas aflorantes ocorrem tipos litológicos variados, por vezes específicos ou predominantes, que a seguir se indicam e caracterizam genericamente, com base na Notícia Explicativa da Carta Geológica do Concelho de Lisboa (Zbyszewski, 1963; Pais *et al.*, 2006) (Figura 3).

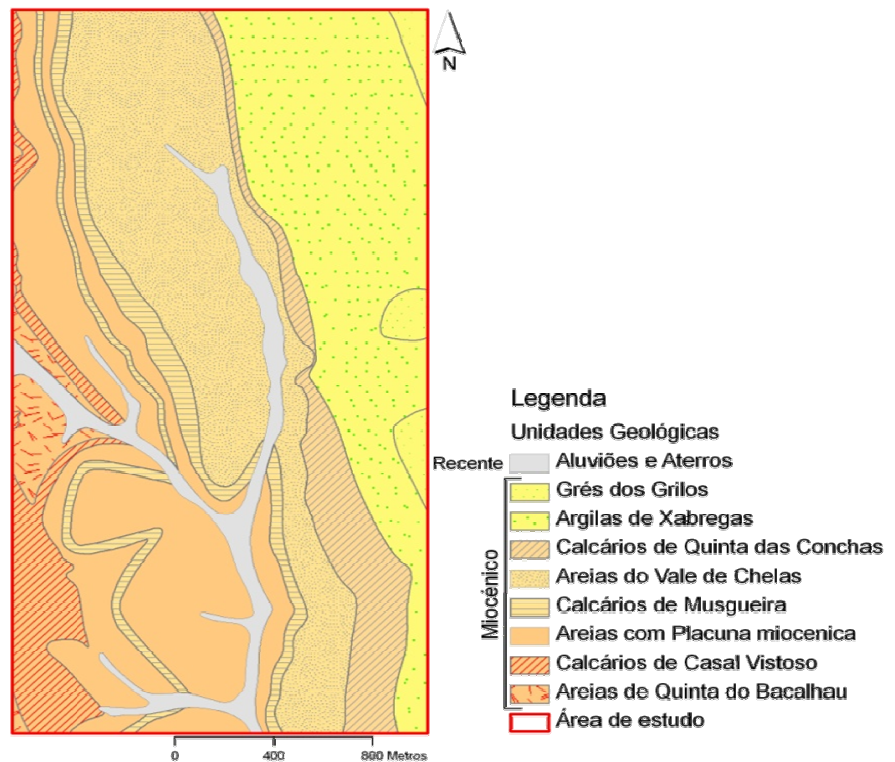


Figura 3 – Extrato da Carta Geológica do Concelho de Lisboa, escala 1:10.000 (Almeida, 1986), com a simbologia adaptada à Carta Geológica 1:50.000 (Pais *et al.*, 2005)

- Aterros – São materiais de natureza antrópica, muito heterogêneos, com matriz variável e podendo conter fragmentos de materiais artificiais. Na área em estudo apresentam espessura variável.
- Aluviões – São resultantes da dinâmica deposicional das linhas de água do local. Apresentam natureza diversa, no entanto, na área interessada exibem carácter argilo-siltoso com alguma componente arenosa.
- Grés dos Grilos – Esta unidade é constituída por um conjunto de bancadas de arenitos (grés), de natureza calcária e cor amarelada. A sua espessura ronda os 8m.
- Argilas azuis de Xabregas – Esta unidade é caracterizada por uma sucessão de argilas siltosas, grés argilosos finos micáceos, margas e intercalações erráticas de calcários margosos. A sua espessura na região de Lisboa ronda os 18m.
- Calcários de Quinta das Conchas – Esta unidade caracteriza-se pela alternância entre areolas argilosas de cor escura e grés calcário, rijo, por vezes argiloso. Esta unidade exhibe espessuras na ordem dos 9m.
- Areias de Vale de Chelas – Esta unidade é constituída por bancadas de areia fina, argilosa, micácea, amarelada, intercaladas por bancadas de grés calcário-margoso. Exibe espessuras variáveis, na ordem dos 30m.
- Calcários de Musqueira – Trata-se de uma unidade com aproximadamente 5-6m de grés calcário, branco, muito conífero e com alguns calhaus rolados.
- Areias com *Placuna miocenica* – Esta unidade é constituída por bancadas de areia fina, branca, solta, intercalada com níveis de calcário gresoso, pulverulento, esbranquiçado. Exibe espessuras na ordem dos 14m.
- Calcários de Casal Vistoso – Esta unidade caracteriza-se pela presença de níveis de grés calcário, compacto, amarelado, intercalado com níveis de natureza argilosa compactos, níveis de areia fina, micácea e intercalações de calcários arenosos, compactos. A espessura total desta unidade na região de Lisboa ronda os 8m.
- Areias de Quinta do Bacalhau – Caracterizada por intercalações de areia fina, cinzenta-amarelada, com concreções gresosas e calcárias e níveis de natureza argilosa, argilo-arenosos, de cor acinzentada. Na região de Lisboa, esta unidade apresenta uma espessura na ordem dos 35m.

Do ponto de vista estrutural as unidades de idade miocénica exibem localmente um suave basculamento ($< 10^\circ$) para ESE.

3.2 - Geomorfologia

Com base na informação altimétrica disponível na base cartográfica da CML, foi possível efetuar uma análise das características físicas do terreno e o estabelecimento do modelo digital de terreno da zona (Figura 4).

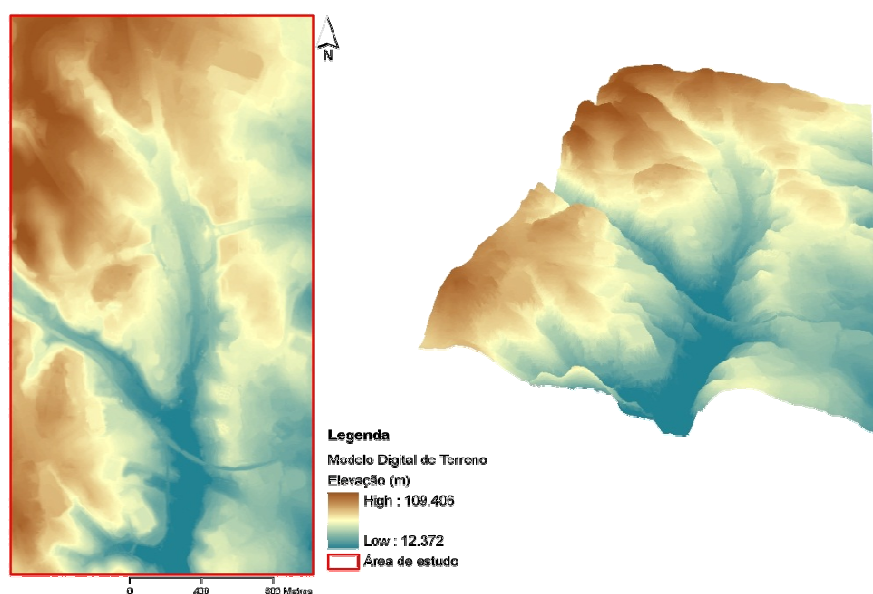


Figura 4 – Modelo Digital de Terreno da área em estudo. Visualização 3D

Do ponto de vista geomorfológico, a zona interessada exhibe vales encaixados resultantes dos processos de erosão, apresentando um evidente controlo geológico, condicionado pela estrutura geológica e pela alternância de formações com diferentes resistências à erosão (Figura 5).

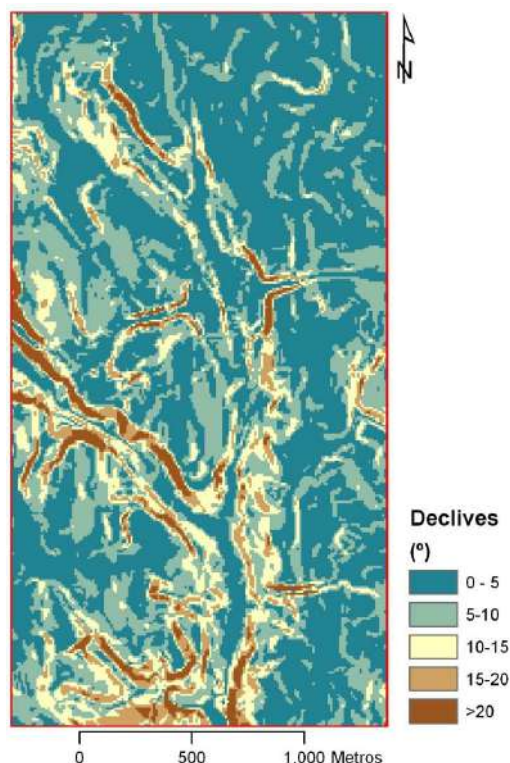


Figura 5 – Carta de Declives da área em estudo

Na área estudada a altitude varia entre os 12m, registados nas zonas mais baixas, correspondentes aos talvegues, contrastando com as zonas mais elevadas onde são atingidas altitudes superiores a 100m. Estes pontos encontram-se associados às zonas de interflúvio e a zonas com forte componente resultante da atividade antrópica, sendo comum a ocorrência de aterros de espessura elevada associados à regularização morfológica da zona.

A evolução das vertentes é condicionada pela estrutura geológica e pela diferença de comportamento entre materiais geológicos, com predomínio de fenómenos de ravinamento nas formações arenosas e de movimentos de queda de blocos ou planares nos materiais mais resistentes.

A bacia hidrográfica da zona drena uma área de aproximadamente 7,4 km² (Figura 6). Em relação à circulação hídrica verifica-se que a escorrência proveniente das vertentes W das linhas de água será favorecida na direção dos vales, devido ao facto da pendente morfológica ser concordante com a pendente estrutural das unidades geológicas.

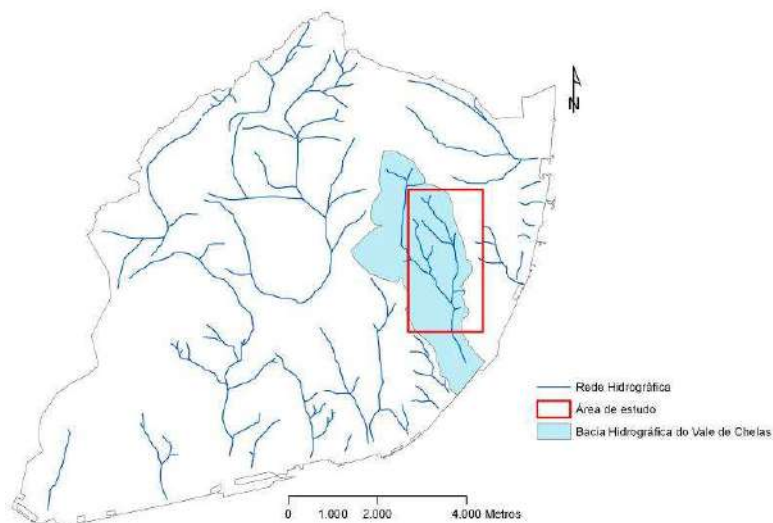


Figura 6 – Bacia e Rede Hidrográfica do Vale de Chelas

A circulação sub-superficial será condicionada localmente pela morfologia do substrato miocénico que poderá determinar uma percolação preferencial de orientação NW-SE.

3.3 - Hidrogeologia

As condicionantes estruturais, topográficas e litológicas, fazem prever que as formações apresentem diferentes comportamentos hidráulicos, o que permite a definição de Complexos Hidrogeológicos distintos no concelho de Lisboa. Na área em estudo pode considerar-se a existência de dois complexos hidrogeológicos, nomeadamente o Complexo Aluvionar e o Complexo Multicamada Miocénico, que a seguir se caracterizam (Figura 7).

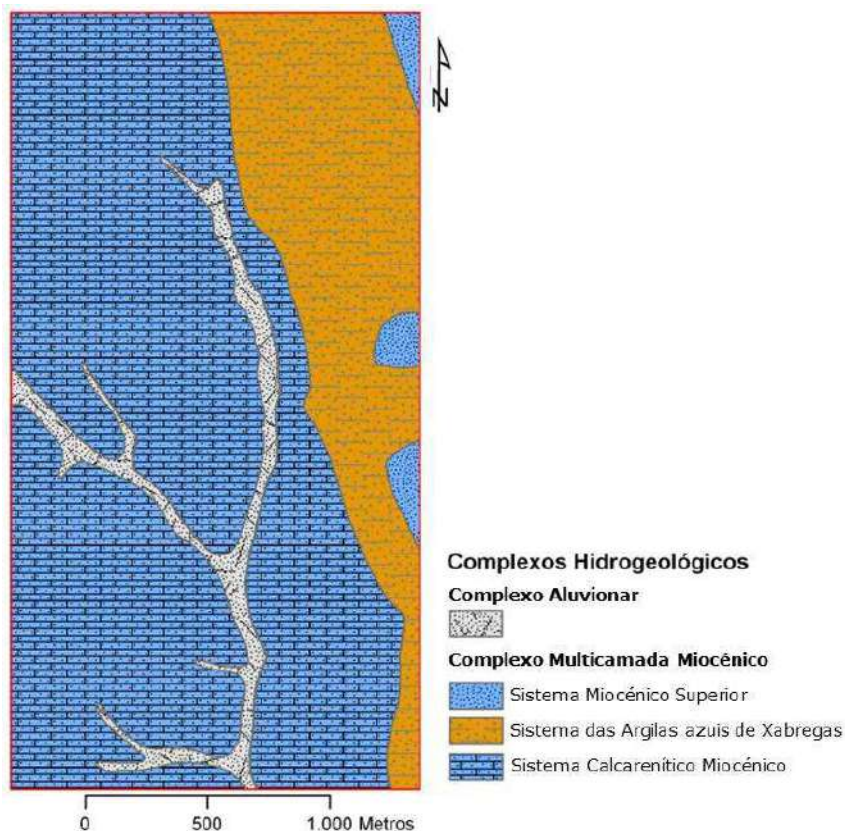


Figura 7 – Extrato da Planta dos Complexos Hidrogeológicos do concelho de Lisboa (Pinto, 2003)

a) Complexo Aluvionar

O Complexo Aluvionar abrange os depósitos superficiais constituídos por aterros e aluviões. Inclui materiais não consolidados, de natureza heterogénea e que apresentam permeabilidade média a alta, condicionada pela componente argilosa presente. Este complexo tem espessura reduzida e distribuição geográfica limitada. De acordo com as sondagens analisadas, o nível freático, ocorre em regra próximo da superfície, com influência sazonal, condicionado pela espessura e litologia do depósito. O contraste de permeabilidade com o substrato determina com frequência a sua ocorrência na base do complexo.

b) Complexo Multicamada Miocénico

O Complexo Multicamada Miocénico é constituído por várias camadas de permeabilidade variável, em geral confinadas ou semi-confinadas. Ocorrem com frequência variações laterais e verticais na fácies litológica, responsáveis por mudanças significativas nas condições hidrogeológicas. Na zona em estudo o Complexo Multicamada Miocénico apresenta quatro Sistemas: o Sistema das Argilas de Forno do Tijolo, o Sistema Calcarenítico Miocénico, o Sistema das Argilas de Xabregas e o Sistema Miocénico Superior.

O Sistema das Argilas de Forno do Tijolo, com espessuras de cerca de 40m, engloba a unidade geológica com a mesma designação e, dada a sua componente maioritariamente argilosa, comporta-se como um aquitardo, exibindo permeabilidade reduzida. Este sistema, não aflorando na área em estudo, constitui no entanto o substrato impermeável determinante no comportamento do sistema sobrejacente.

O Sistema Calcarenítico Miocénico, com espessura total de cerca de 100m e constituído por alternâncias de calcários mais ou menos compactos e areias grosseiras com intercalações argilosas, apresenta um comportamento hidrogeológico típico de um sistema aquífero, exibindo permeabilidade média a alta e produtividades médias a altas.

O Sistema das Argilas azuis de Xabregas, com espessuras de cerca de 20m, apresenta níveis argilosos, margas, arenitos e calcários. Dada a componente argilosa predominante, o seu comportamento hidrogeológico é de aquitardo, em geral com permeabilidades baixas.

O Sistema Miocénico Superior, parcialmente intersectado na área em estudo, é constituído por níveis de arenitos, areias, areolas, calcários margosos e argilas. Apresenta média a alta permeabilidade e do ponto de vista hidrogeológico trata-se de um aquífero confinado, muito produtivo (Pinto, 2003). Na zona em estudo, apenas aflora a base deste Sistema e dada a estrutura geológica, a importância do mesmo é reduzida.

3.4 - Geotecnia

Na área de Lisboa os trabalhos de reconhecimento incluíram a realização de alguns milhares de sondagens e ensaios específicos de caracterização geotécnica. Dada a importância desta informação, a Câmara Municipal de Lisboa (CML), em parceria com a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), no âmbito do Projeto GeoSIS-Lx, tem vindo a desenvolver uma Base de Dados Geotécnicos, integrando num SIG os resultados compilados, de modo a permitir a definição de zonamentos para fins específicos, incluindo a cartografia geotécnica (Almeida *et al.*, 2010).

Na área em estudo foram compiladas 624 sondagens distribuídas de acordo com a Figura 8 (Almeida *et al.*, 2009).

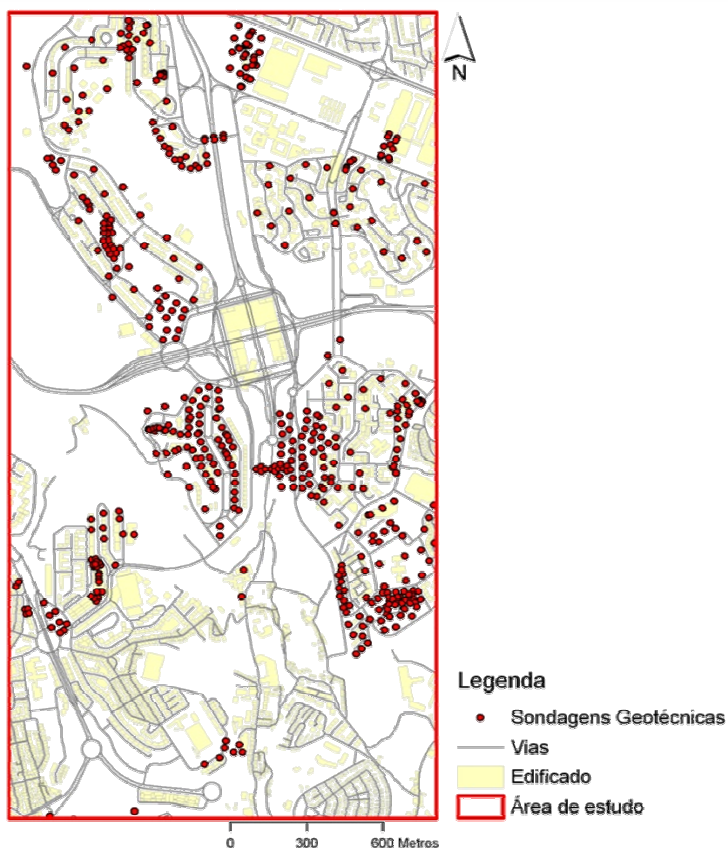


Figura 8 – Localização das sondagens geotécnicas presentes na Base de Dados

As características geotécnicas dos terrenos, foram estimadas a partir de dados bibliográficos disponíveis para a região em estudo, e da informação recolhida nos relatórios de estudos geotécnicos. Dada a variabilidade de características das diversas formações e a especificidade da documentação técnica disponível, objectivamente destinada à edificação, existem importantes lacunas de informação, que não permitem uma análise quantitativa suficientemente fiável, capaz de suportar o estabelecimento de correlações de parâmetros geotécnicos correntes. Esta situação é mais marcante no que se refere às coberturas de aterros e aluviões e às zonas mais superficiais dos maciços miocénicos. Deverá, portanto, entender-se que a sistematização geotécnica apresentada, estabelecida numa base essencialmente qualitativa, teve em consideração a experiência e a observação da evolução urbana da zona.

No zonamento geotécnico sistemático dos diversos estratos ocorrentes na área, optou-se pelo seu agrupamento baseado na composição litológica predominante, em regra associada à designação estratigráfica. Tal não significa que, para além da litologia mencionada e que em geral predomina, não existam outras, talvez menos representadas, mas que poderão ter um papel importante na definição do

comportamento geotécnico do estrato. Deverá portanto atribuir-se ao zonamento geotécnico estabelecido, um carácter de sistematização funcional e às referências geotécnicas que lhes são atribuídas um carácter genérico. Foram considerados os seguintes grupos geotécnicos, englobando os estratos que se referem (Figura 9):

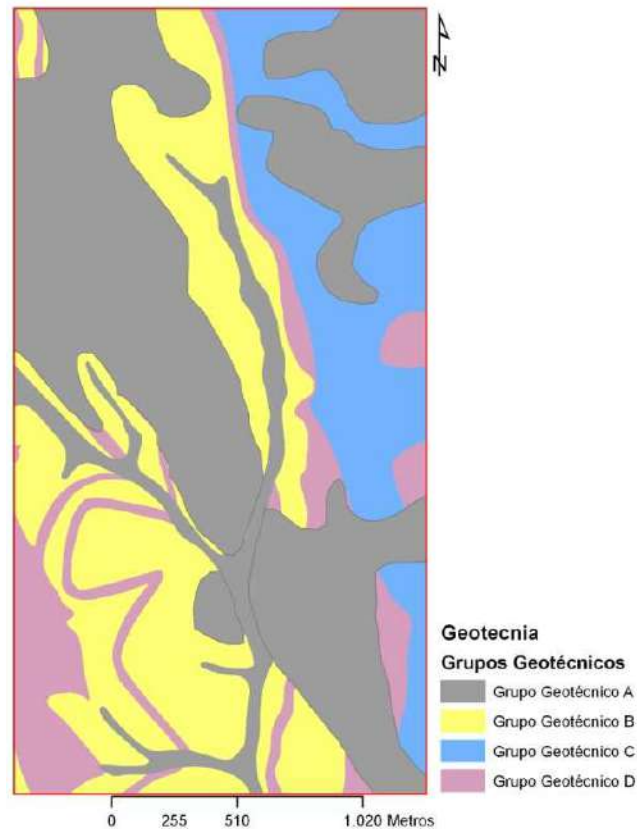


Figura 9 – Grupos Geotécnicos da área em estudo

a) Grupo Geotécnico A

Engloba as unidades Aterros e Aluviões. Trata-se de formações de idade recente, que constituem os depósitos de cobertura artificiais ou resultantes da ação antrópica, Aterros (A), e os depósitos de origem natural, genericamente designados por Aluviões (al), quer resultantes do transporte dos sedimentos em meio hídrico ou gravítico.

Os aterros são em regra resultantes de movimentos de terras destinados à modelação urbana (Figura 10), ou de depósitos de resíduos diversos em espaços anteriormente relacionados com explorações de pedreiras (Pinto, 2005).

Os depósitos aluvionares na região em estudo ocorrem em zonas baixas resultantes de escorrência superficial e na dependência de linhas de água de expressão reduzida. Os sedimentos carreados são originários dos terrenos miocénicos que constituem o substrato, apresentando por isso fácies essencialmente arenosa ou areno-siltosa. A presença de aluviões lodosas não é detetada em regra, salvo em lentículas de espessura e extensão reduzida.

Depósitos gravíticos, coluviões, detetam-se na base de algumas escarpas ou afloramentos miocénicos, essencialmente constituídos pelos materiais desagregados. A sua espessura é em geral reduzida.

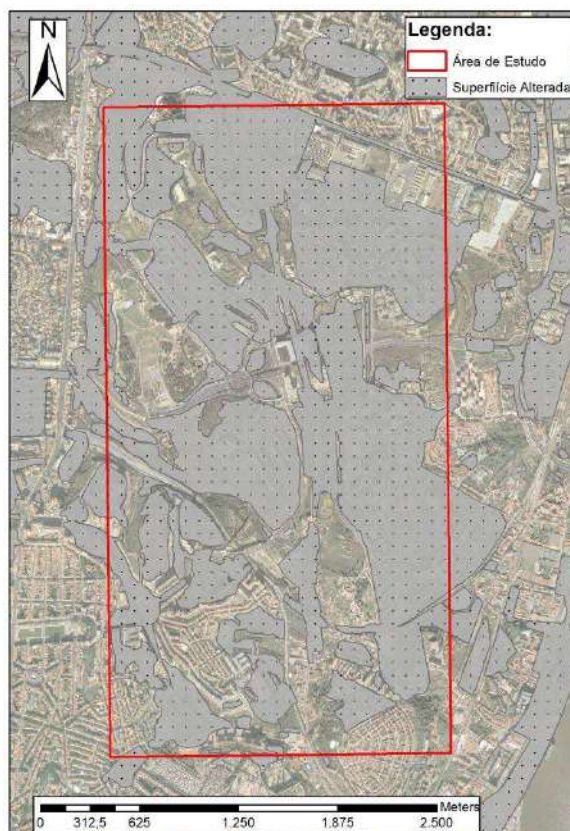


Figura 10 – Zonas de aterros e escavações na área em estudo (Vasconcelos, 2011)

A espessura média a considerar para o conjunto dos depósitos de cobertura, face aos dados dos relatórios disponíveis, é da ordem dos 2,5m (Figura 11).

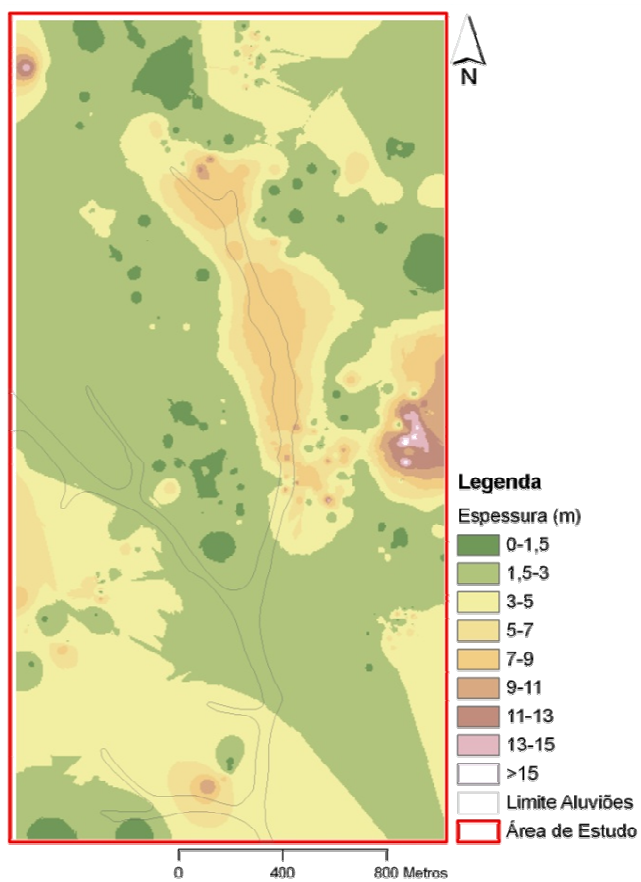


Figura 11 – Mapa de espessura de depósitos de cobertura

Verifica-se que as maiores espessuras dos depósitos de cobertura correspondem a baixas aluvionares e a zonas associadas a extrações de materiais geológicos, posteriormente preenchidas com aterros.

De um modo geral os terrenos incluídos neste grupo geotécnico não oferecem condições satisfatórias para a maioria das solicitações que se colocam ao nível da edificação urbana.

b) Grupo Geotécnico B

Engloba as unidades estratigráficas Areias de Vale de Chelas, Areias com *Placuna miocenica* e Areias de Quinta do Bacalhau.

De acordo com a informação bibliográfica disponível, considerou-se que estes estratos são caracterizados pela predominância de terrenos arenosos, de granulometria variável e coloração amarelada ou esbranquiçada. Intercalam no entanto com frequência, níveis de calcários ou calcarenitos por vezes fossilíferos (cascões), de espessura muito variável e distribuição espacial errática.

Nos locais onde estas formações ocorrem mais superficialmente exibem, em consequência dos fenómenos de descompressão, compacidade média, traduzida em valores de N_{SPT} da ordem dos 10 a 30. Em profundidade estes terrenos apresentam em regra compacidade mais elevada, com valores de N_{SPT} da ordem 30 a ≥ 50 . A presença de intercalações de níveis calcareníticos ao longo de toda a formação conduz pontualmente a valores de N_{SPT} iguais ou superiores a 60, independentes da profundidade (Figura 12b).

Os terrenos deste Grupo Geotécnico podem constituir um bom firme para apoio de fundações de edifícios, com solicitações compatíveis com a sua resistência mecânica e deformabilidade.

A sua escavação pode ser assegurada com recurso a meios mecânicos de média potência, apoiados em alguns níveis de calcarenitos por martelos pneumáticos. Os materiais provenientes da escavação podem na maioria dos casos ser reutilizados em obras de aterros controlados.

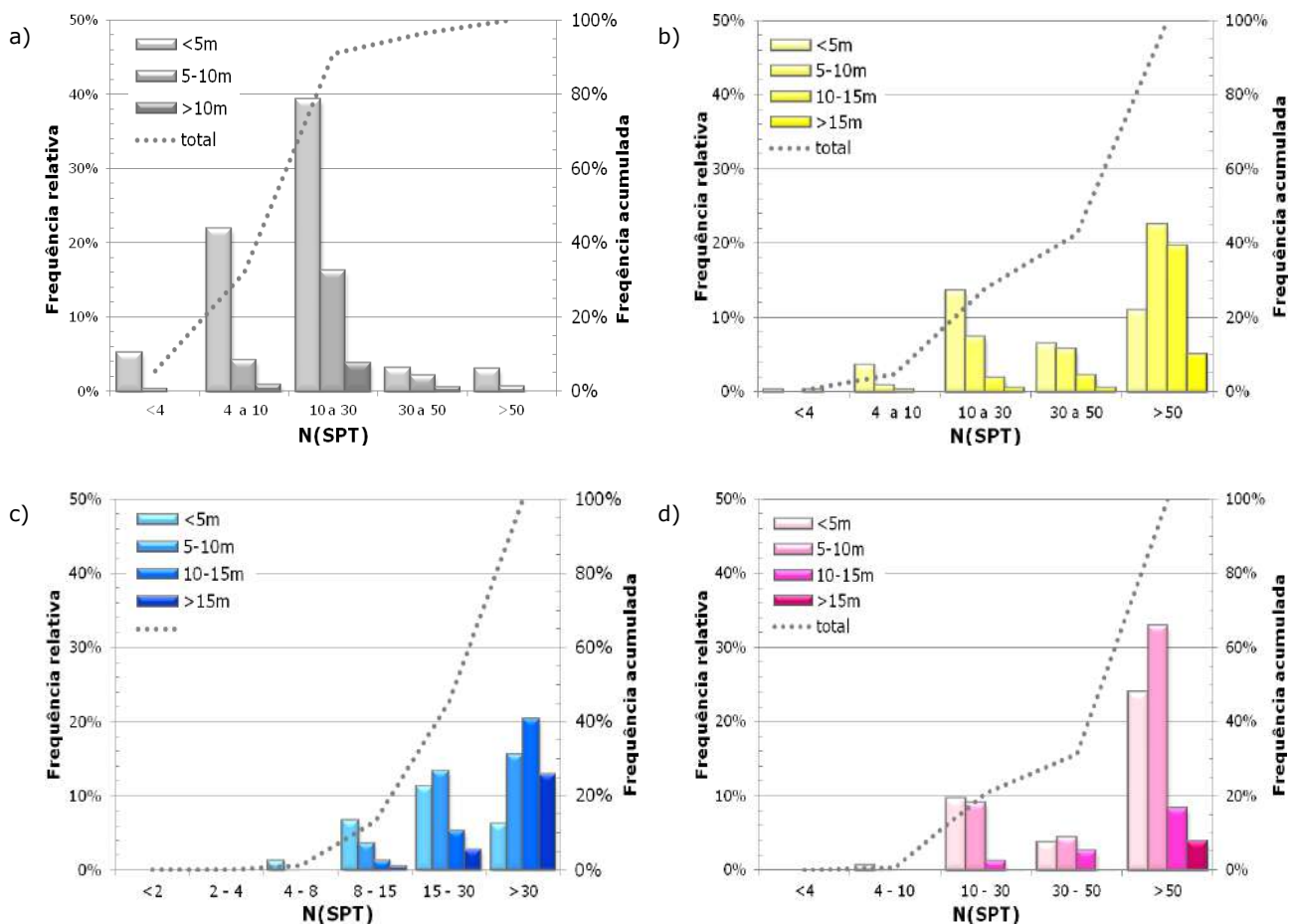


Figura 12 – Distribuição dos valores dos ensaios SPT: a) Grupo Geotécnico A; b) Grupo Geotécnico B; c) Grupo Geotécnico C d) Grupo Geotécnico D

c) Grupo Geotécnico C

Engloba as unidades estratigráficas Argilas azuis de Xabregas e Argilas de Forno do Tijolo

De acordo com a bibliografia disponível, nestas unidades predominam terrenos argilosos, margas, arenitos argilosos ou margosos e intercalações carbonatadas finas. Nalguns casos ocorrem níveis mais arenosos, micáceos, de areolas acinzentadas.

De um modo geral, quando constituindo afloramentos *in situ*, estas formações exibem consistência muito dura a rija, conduzindo a valores de N_{SPT} entre 15 e superior a 30. Nos níveis mais superficiais, devido a fenómenos de descompressão e variação de humidade, a sua consistência pode apresentar-se algo reduzida, traduzida em valores de N_{SPT} inferiores (Figura 12c).

A fundação de estruturas urbanas nos terrenos deste Grupo Geotécnico, quando se trate de formações *in situ*, é em geral possível através de fundações diretas, por sapatas ou ensoleiramentos, dentro das tensões habituais, em função dos resultados fornecidos por ensaios de caracterização mecânica. Deverá atender-se às zonas mais superficiais do maciço miocénico normalmente descomprimido. Apesar da presença de argilas esmectíticas (Almeida, 1991) não são conhecidas ocorrências de situações de expansibilidade significativa nos estratos considerados.

A escavabilidade é mediana, podendo ser utilizados em regra meios mecânicos de média potência. Nos níveis gresosos ou carbonatados mais resistentes, poderá haver necessidade de recorrer a martelos pneumáticos. A reutilização destes materiais é em regra condicionada pela presença de elevada percentagem de finos, que as torna menos recomendáveis na aplicação em aterros. No entanto, após caracterização geotécnica poderão ser definidos eventuais domínios de aplicação.

d) Grupo Geotécnico D

Engloba as unidades estratigráficas Grés dos Grilos, Calcários de Quinta das Conchas, Calcários de Musgueira e Calcários de Casal Vistoso.

As unidades estratigráficas que se englobam neste grupo, têm como característica comum a inclusão de litologias rochosas predominantes, no domínio das rochas brandas carbonatadas, tais como os calcarenitos, arenitos (grés) calcários, calcáriosossilíferos, lumachelas, etc., de cores esbranquiçada ou amarelada. Ocorrem em bancadas ou níveis de espessura métrica variável, com importante variação lateral, alternando por vezes com níveis de areias finas siltosas (areolas), argilas arenosas ou siltosas. Estes últimos têm expressão mais reduzida no conjunto do estrato.

Quando aflorantes, estas bancadas constituem em geral o topo das cornijas ou dos taludes mais elevados. Nas vertentes a sua presença constitui uma estrutura estabilizadora, frequentemente associada a fenómenos de erosão diferencial.

Exibem em regra elevada resistência mecânica, conduzindo a valores de N_{SPT} iguais ou superiores a 50, com frequência superiores a 60. A alternância litológica pode determinar variações de resistência ao longo da unidade, que no entanto no seu conjunto é muito elevada (Figura 12d). O apoio de fundações nestas formações, quando *in situ*, pode ser feito em geral de modo direto, com valores de tensão de contacto que deverão ser avaliados em função dos ensaios de caracterização mecânica. Deverá atender-se às zonas mais superficiais do maciço miocénico normalmente descomprimido.

A escavação nestas unidades poderá apresentar alguma dificuldade, em particular quando os níveis carbonatados se apresentam mais espessos e com menor fracturação. O recurso a meios mecânicos obrigará a potência mais elevada. O uso de explosivos é por vezes vantajoso, sempre que a zona de trabalho o possibilite. Previsivelmente os martelos pneumáticos serão de uso corrente nas camadas carbonatadas.

3.4.1 - Análise dos Dados

A diferença de comportamento geotécnico, em termos de ensaios SPT, entre os materiais de cobertura e o substrato miocénico é mais significativa que a que se verifica entre as várias formações miocénicas, quer no que se refere à distribuição global quer à distribuição em profundidade (Figura 13).

A distribuição em profundidade é condicionada pela história geológica, incluindo génese, litologia, processos de diagénese, consolidação e descompressão, associada à erosão dos terrenos subjacentes. No caso dos terrenos miocénicos, fortemente sobreconsolidados, a análise da variação da compacidade e/ou consistência em profundidade evidencia o efeito da descompressão superficial.

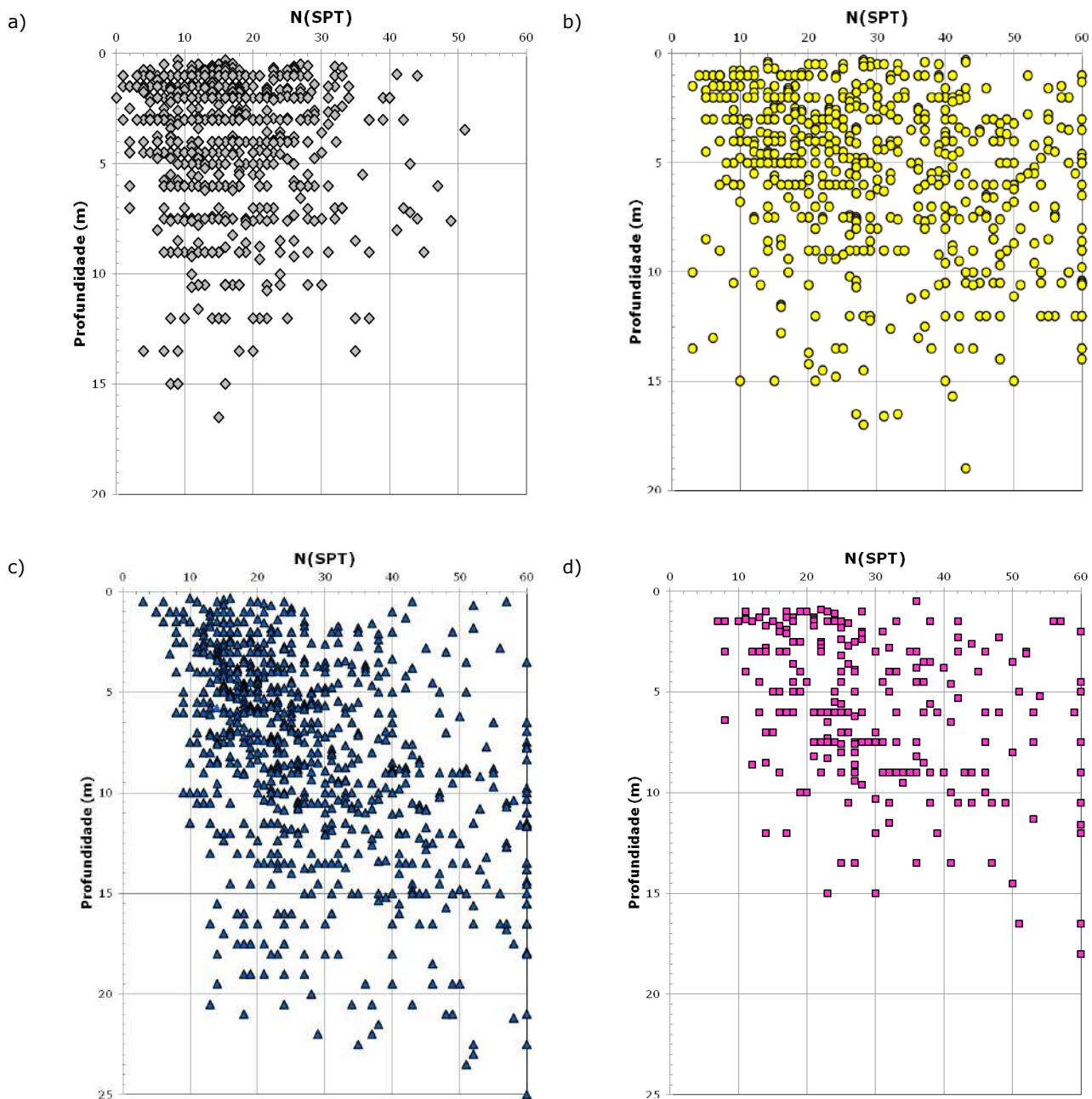


Figura 13 – Distribuição dos valores dos ensaios N_{SPT} inferiores a 60 em profundidade: a) formações de cobertura (62% dos ensaios); b) formações arenosas (47 % dos ensaios); c) formações argilosas (68% dos ensaios); d) formações carbonatadas (34% dos ensaios).

Tendo em vista a avaliação da influência da profundidade e da distribuição espacial resultante da estrutura geológica, procedeu-se à modelação da distribuição dos valores de N_{SPT} a diferentes profundidades, utilizando as ferramentas de análise espacial usadas na elaboração do mapa de espessura de depósitos de cobertura. Foram considerados 4493 ensaios SPT, 873 realizados em aterros, 28 em aluviões e 3592 nas formações miocénicas.

Os resultados obtidos permitem verificar que a menor profundidade predominam os valores de SPT mais baixos enquanto, à medida que a profundidade aumenta os valores de SPT vão aumentando, o que indica que o material apresenta maior resistência à medida que aumenta a profundidade (Figura 14).

Assim, no que se refere ao comportamento geomecânico dos materiais, parece haver globalmente uma melhoria com a profundidade.

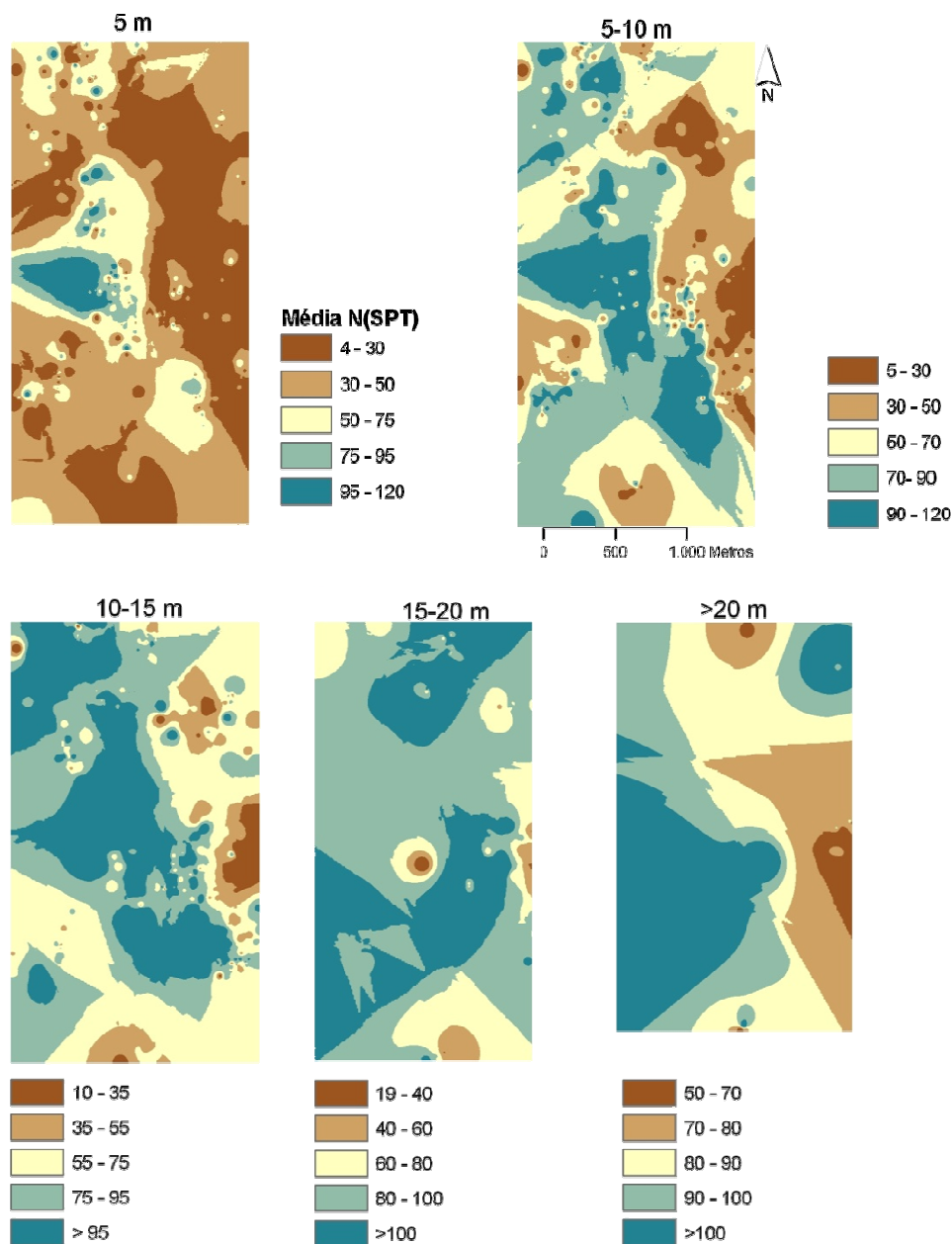


Figura 14 – Distribuição dos valores dos ensaios SPT em profundidade

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do conhecimento das características físicas do território é possível efetuar análises temáticas que permitam avaliar as potencialidades de uma dada área face a solicitações de ordem vária e, numa perspetiva de síntese, avaliar o impacto das condicionantes de ordem geológica e definir eventuais ações de mitigação.

Os instrumentos de gestão territorial devem reverter esses estudos e procurar a adequabilidade do planeamento à realidade física do território, salvaguardando a preservação dos recursos naturais e a qualidade de vida das populações.

Os depósitos de cobertura, em regra constituídos por materiais com grande heterogeneidade de génese e composição, por vezes de elevada espessura, exibindo de um modo geral, baixa e irregular resistência e deformabilidade, que constituem locais sensíveis do ponto de vista geotécnico são uma das principais condicionantes de ordem geotécnica ao planeamento urbano pelo que o seu reconhecimento e cartografia rigorosa assume particular relevo.

De forma a incluir esta informação nos instrumentos de gestão territorial, foi efetuada uma análise dos dados relativos às espessuras dos materiais de cobertura e sua representação espacial através do software ArcGIS e respetivas ferramentas de análise espacial (Almeida et al., 2009; Almeida et al., 2010).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito do Projeto GeoSIS_Lx (PTDC/ECM/64167/2006) – Modelação e Cartografia Geológica e Geotécnica Tridimensional em Áreas Urbanas – Aplicação a Lisboa, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F.M. (1986). *Carta Geológica do Concelho de Lisboa*, na escala 1:10000. Serviços Geológicos de Portugal.
- Almeida, I. (1991). *Características Geotécnicas dos solos de Lisboa*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geotecnia. Departamento de Geologia. 485p.
- Almeida, I., Teves Costa, P., Pinto, C. (2009). Aplicação da Base de Dados Geotécnicos do Concelho de Lisboa na Modelação de Efeitos de Sítio. *6º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG – Desastres Naturais – Um Desafio para a Humanidade*. Caparica, 6 pp (CD-ROM).
- Almeida, I. M., Pinto, C., Matildes, R., Taborda, R., Jeremias, F.T. (2010). Utilização do Sistema de Informação Geocientífico GeoSIS_Lx na gestão dos dados geotécnicos de Lisboa. *12º Congresso Nacional de Geotecnia – Geotecnia e Desenvolvimento Sustentável*, pp. 23-24.
- Pais, J., Moniz, C., Clavijo, E., Dias, R.P., Manupella, G., Machado, S. (2005). *Folha 34-D da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000*. Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação.
- Pais, J., Moniz, C., Cabral, J., Cardoso, J.L., Machado, S., Morais, M.A., Lourenço, C., Henriques, P., Falé, P. (2006). *Notícia Explicativa da Folha 34-D, Lisboa*. Departamento de Geologia, Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação, 74p.
- Pinto, C. (2003). *Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Concelho de Lisboa – Zona Ocidental*. Relatório de Estágio Profissionalizante. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa;
- Pinto, M. (2005). *Levantamento cartográfico de locais de pedreiras no concelho de Lisboa*. Câmara Municipal de Lisboa. Coleção de Estudos Urbanos – Lisboa XXI – 5.
- Vasconcelos, M.A.D.F. (2011). *Cartografia de Susceptibilidade à Ocorrência de Movimentos de Vertente em contexto urbano: O Concelho de Lisboa*. Tese de Mestrado em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do Território. FCUL. Departamento de Geologia. 212p.
- Zbyszewski, G. (1963). *Notícia Explicativa da Folha 4 da Carta Geológica dos Arredores de Lisboa*. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 93p

Legislação

- Lei nº 58/2007, de 4 de Setembro - Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT);
- Decreto-Lei nº 380/99, de 22 de Setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 316/2007, de 19 de Setembro, na redação atual, e pelo Decreto-Lei n.º 46/2009, de 20 de Fevereiro – PROT e PMOT