

ESTUDOS GEOTÉCNICOS DURANTE A CONSTRUÇÃO DE OBRAS RODOVIÁRIAS
GEOTECHNICAL STUDIES DURING ROAD CONSTRUCTION WORKS

Fernando E.F. Branco*

SUMÁRIO

Passam-se em revista os objectivos e metodologias dos estudos geotécnicos para estradas e apontam-se algumas das suas insuficiências.

Com base na experiência de algumas obras, apontam-se os problemas mais significativos e frequentes que têm havido que resolver no decurso dos trabalhos de construção.

SUMMARY

The purposes and methodologies of geotechnical studies for road design are outlined. Some of the most frequent difficulties and lack of information of these studies are mentioned.

Based upon the experience of some works, the most important and frequent problems encountered and solved over the construction works are pointed out.

* Engenheiro civil. Consultor da COBA, SA
Prof. Cat. convidado da F.C.T.U.C.

1 - INTRODUÇÃO

As vias de comunicação, como as estradas e as vias férreas, situam-se entre as obras de engenharia em que a componente geotécnica dos projectos assume maior importância e, simultaneamente, maior dificuldade em ser realizada de modo satisfatório.

A importância deriva do facto de várias partes da obra (terraplenagens, drenagem, estrutura do pavimento e, também, em boa medida, as obras de arte) dependerem fortemente das condições geotécnicas encontradas ao longo do traçado. A dificuldade resulta da configuração linear das obras que, em geral, está associada a uma grande variabilidade das condições encontradas ao longo do seu desenvolvimento, a qual implica a adopção de soluções de compromisso entre, por um lado, a quantidade e qualidade da informação recolhida durante os estudos, e, por outro, o tempo e as verbas disponíveis para os realizar.

Destes compromissos resultam, com alguma frequência, carências ou inexactidões da informação geotécnica considerada nos projectos, as quais determinam ajustamentos das soluções adoptadas ou estudos geotécnicos complementares no decurso das obras, à medida que as condições reais do terreno vão sendo patenteadas.

Nesta comunicação, depois de se passarem brevemente em revista os objectivos e metodologias dos estudos geotécnicos para estradas, e algumas suas insuficiências, apontam-se, com base na experiência colhida em algumas obras, os problemas que mais frequentemente tem havido que resolver no decurso dos trabalhos e que justificam (e exigem até) o acompanhamento destes pelos autores dos estudos e por outros técnicos igualmente competentes para detectar e levantar, ou resolver, os referidos problemas.

2 - OBJECTIVOS DOS ESTUDOS GEOTÉCNICOS

De acordo com a prática corrente no nosso país, os estudos geotécnicos para os projectos de estradas e obras similares visam essencialmente [1]:

- a) conhecer a natureza e as características dos terrenos situados na zona da estrada e, designadamente, os que vão funcionar como fundação dos aterros, das obras de arte e dos órgãos de drenagem, os que vão ser escavados e reutilizados na obra, os que nas escavações vão ser expostos em taludes ou servir de fundação ao pavimento;
- b) conhecer a existência de níveis aquíferos com interesse para a obra, e bem assim as condições de percolação nos maciços e as condições de escoamento superficial;
- c) conhecer a localização, natureza, características e quantidades de materiais disponíveis nas zonas de empréstimo, para aterros, camadas de pavimento, drenos, obras de arte e outros fins.

Tais informações são imprescindíveis, como se sabe, não só para fixar o traçado como para definir a própria obra (tipo de aterros, tipo de pavimento, inclinação e protecção dos taludes, drenagem, etc.) e o modo de a realizar (modo de escavação, modo de compactação, eventual estabilização dos materiais, etc.). Têm ainda repercussão, ou devem ter, nas condições de controlo dos trabalhos, as quais devem ser função das características

dos materiais, da sua variabilidade, do modo de construção e da importância da parte da obra a controlar.

3 - METODOLOGIA

A metodologia mais correntemente adoptada para a realização dos estudos geotécnicos pode descrever-se resumidamente como segue:

- a) identificação geral dos complexos geológicos existentes na área em estudo, através da análise de elementos disponíveis (cartas geológicas, estudos anteriores, fotografia aérea, etc.) e de um reconhecimento circunstanciado da zona da estrada nas alternativas de traçado com interesse;
- b) com base nos elementos anteriores e nos traçados previstos (em planta e perfil), definição e realização de uma campanha de prospecção ao longo do traçado (com particular pormenorização nos locais das obras de arte, baixas aluvionares importantes e outros pontos particulares) e nas zonas de empréstimo;
- c) realização de ensaios de caracterização dos materiais amostrados consoante a função que irão desempenhar;
- d) interpretação do conjunto de informações recolhidas e elaboração de recomendações para a concepção e realização da obra.

A campanha de prospecção referida em b) visa, como é sabido, identificar a espessura, natureza e algumas características "in situ" dos terrenos com interesse para os vários órgãos da obra, e também a colheita de amostras para completagem da caracterização em laboratório. Visa ainda colher elementos sobre o regime hídrico subterrâneo.

Inclui geralmente prospecção geofísica (frequentemente por refração sísmica), sondagens mecânicas (com ensaios SPT e colheita de amostras) em locais particulares do traçado (obras de arte, zonas aluvionares, grandes escavações, etc.) e prospecção superficial por furos de trado, valas e poços. Para o esclarecimento de certos aspectos particulares vai sendo mais frequente o recurso a sondagens geoeléctricas (para pesquisa de cavidades) e ensaios de corte circular (para caracterização de aluviões).

4 - ALGUMAS CARÊNCIAS DOS ESTUDOS GEOTÉCNICOS

A metodologia que se acaba de referir tem conduzido a progressiva melhoria dos estudos, que actualmente se colocam muito favoravelmente relativamente aos realizados há alguns anos atrás.

- a) Um dos aspectos em que parece ter havido evolução favorável é no maior acerto entre as informações do projecto respeitantes a escavabilidade e ao estado de alteração dos maciços e as condições efectivamente encontradas em obra. Isso resultou da actual preocupação em estabelecer correctas correlações entre os dados da prospecção geofísica e a observação directa do maciço através de sondagens mecânicas criteriosamente localizadas, em vez de basear a informação apenas nos dados geofísicos, mais expeditos e mais baratos sem dúvida, mas de interpretação menos precisa.

Uma preocupação que se deve manter é a de estudar os maciços até à profundidade adequada, pelo menos 1 m abaixo do leito do pavimento, aspecto que por vezes não é atendido nas zonas de grandes escavações.

- b) Entretanto, nos maciços rochosos com significativas zonas perturbadas, a informação assim colhida não é muitas vezes suficiente para caracterizar adequadamente o maciço. A diversidade, de zona para zona, do grau de alteração, das condições de diaclasamento e de preenchimento das descontinuidades, só podem, em geral, ser adequadamente analisadas após a abertura dos maciços que ocorre nas primeiras fases da obra.

Situação análoga ocorre nos maciços terrosos muito heterogêneos, em que por vezes se levantam dificuldades para fixar equilibradas características de resistência ao corte e à erosão que garantam taludes de escavação sem problemas. Acresce, nestes casos, o importante papel do regime hídrico no maciço.

- c) E, justamente, uma outra dificuldade que ocorre nos estudos refere-se à insuficiente caracterização do regime hídrico da zona com interesse para a obra. Esse conhecimento é difícil de obter em pormenor quando os maciços são muito heterogêneos na sua composição e permeabilidade. Em tais casos os projectos apenas poderão referir a probabilidade de ocorrência de percolações internas em certas zonas. Todavia, também acontece que os reconhecimentos de campo que informam este aspecto são feitos, muitas vezes, nas épocas do ano mais favoráveis para a condução dos trabalhos de prospecção, as quais não são as melhores para estudar os regimes hídricos.

Como resultado, os projectos de drenagem não são bem informados, e daí resultam deficiências ou dificuldades nas obras associadas a níveis freáticos inesperadamente altos, a ressurgências nos taludes, a acumulação de água no leito do pavimento, etc.

- d) Ligada ainda a informação desta natureza, e embora tenha havido melhorias neste aspecto, é ainda frequente a falha de indicações sobre o teor em água natural do terreno e suas variações, informação sem a qual não é fácil prever o teor em água prevalecente na altura das obras e o teor em água de equilíbrio durante a vida destas.

Uma das consequências é os ensaios para a avaliação da capacidade de suporte dos solos não tomarem em consideração essas condições eventualmente mais desfavoráveis, resultando daí valores ou demasiado conservativos ou, o que é mais frequente, demasiado optimistas.

Para os solos finos os ensaios devem ser realizados com provetes compactados com vários graus de compactação e com vários teores em água que envolvam não só o óptimo mas também o previsível na obra na altura dos trabalhos, se se prevê que possa vir a ser este o usado na compactação. Convém também dar especial atenção ao teor em água do solo após a embebição para verificar como se situa relativamente ao previsível teor em água de equilíbrio sob o pavimento. Pode também acontecer que no caso de solos finos e más condições de drenagem, a habitual embebição de quatro dias não seja suficiente para os provetes atingirem o teor em água de equilíbrio na obra; nestes casos deve prolongar-se a embebição. Pelo contrário, esta deve ser encurtada se a natureza do solo e as condições de drenagem o recomendarem.

- e) Uma outra carência frequente diz respeito à pesquisa de materiais disponíveis para a obra. Têm sido numerosas as obras em que o projecto prevê a utilização de certos materiais, da linha ou de empréstimos, e em que se têm de

fazer ajustamentos por as características dos materiais efectivamente encontrados não serem exactamente as esperadas, pelo menos para as quantidades que se previa usar.

A superação desta situação implica, por um lado, uma pesquisa mais exaustiva e a realização de mais ensaios de caracterização na fase de projecto e, por outro lado, a adopção de soluções de pavimentação ajustadas aos materiais efectivamente disponíveis.

5 - PRINCIPAIS CAUSAS DE AJUSTAMENTO E ESTUDOS COMPLEMENTARES EM OBRA

Do exposto ressalta que as principais causas de ajustamentos aos projectos ou de estudos complementares a realizar durante as obras são as seguintes:

- a) problemas ligados a estabilidade, tratamento e protecção de taludes de escavação em rocha e defesa contra o desprendimento de blocos;
- b) problemas ligados à estabilidade, tratamento e protecção de taludes de escavação em solos;
- c) ocorrência de solos, ao nível da fundação do pavimento, que não correspondem às previstas características de capacidade de suporte, a curto e a longo prazo;
- d) ocorrência de solos e outros materiais, com características diferentes das previstas para a sua utilização como materiais de construção, nos aterros, nos pavimentos ou em outras partes da obras;
- e) ocorrência de níveis aquíferos diferentes dos esperados, implicando disposições de drenagem especiais e, eventualmente, ajustamentos dos sistemas de drenagem previstos.

A estas causas de intervenção acrescem ainda as seguintes:

- f) modificação das exigências da obra, após a elaboração dos projectos, em geral associadas a questões relacionadas com o ambiente. Servem de exemplo a modificação da inclinação ou do acabamento de taludes, a preservação de cavidades subterrâneas em zonas cársticas, a adopção de dispositivos de drenagem especial para controlar os efluentes da faixa de rodagem nas mesmas zonas, a previsão de passagens ecológicas nos aterros em certos locais, etc.;
- g) propostas de modificação de materiais ou de metodologias de trabalho pelos empreiteiros, visando melhorias económicas ou aumento da rapidez dos trabalhos.

O número e o tipo destas intervenções depende obviamente da qualidade dos projectos e da dos intervenientes na direcção e na execução da obra, podendo, por vezes, ser em número elevado e exigindo um volume de estudos importante.

Certas intervenções destinam-se a fazer face a situações de emergência (caso de instabilidade de taludes, por exemplo), outras têm repercussão no andamento geral da obra (alterações de materiais ou de métodos de trabalho).

Nalguns casos, as próprias entidades fiscalizadoras da obra assumem o estudo dos problemas e as decisões a tomar. Outras vezes, que têm vindo a tornar-se mais frequentes, aquelas entidades procuram tomar as decisões em colaboração com os

autores dos projectos, os quais estão particularmente bem situados para dar esse apoio, podendo fazê-lo quer através da assistência técnica à obra contratualmente prevista, quer através da realização de estudos complementares ou de adaptações do projecto por eles realizado. Isto implica, naturalmente, por parte dos projectistas, o contacto com a obra, o qual é condição necessária não só para ser útil em tempo oportuno, como também para aperfeiçoar conhecimentos e experiências que se repercutirão obviamente na melhoria dos projectos futuros.

Apontam-se a seguir, como ilustração do que se tem vindo a expor, algumas intervenções mais significativas que tiveram lugar no decurso de uma obra rodoviária importante, de realização recente, o sub-lanço Pombal-Condeixa da A1, no qual se verificou a concorrência de um projecto com estudo geotécnico bastante cuidado, de uma direcção de obra atenta e eficiente e de um empreiteiro de muito boa qualidade. Uma listagem de intervenções igualmente elucidativa poderia ser feita relativamente ao sub-lanço Torres Novas-Fátima, com projecto da mesma autoria, mas ela já foi em parte divulgada [2].

6 - INTERVENÇÕES NO SUB-LANÇO POMBAL-CONDEIXA

6.1 - Características gerais do sub-lanço

Este sub-lanço tem uma extensão total de cerca de 27,1 km, dos quais 2,25 km são realizados em 4 viadutos. No restante traçado (cerca de 24,9 km) localizam-se 31 PS e PI. Uma extensão de 1,36 km desenvolve-se sobre seis baixas aluvionares e a restante interessa as seguintes formações principais [3]:

- a) Até ao km 15,5
 - Formações plio-plistocénicas (PQ) constituídas por areias silto-argilosas micáceas com seixo e calhau rolado, com raras intercalações de argila.
 - Formações mio-paleogénicas (øM) constituídas por argilas siltosas, siltes arenosos e areias silto-arenosas, frequentemente margosas, com níveis de cascalheira. Apresentam estrutura complexa em camadas imbrincadas com estratos entrecruzados e inclinados. Em alguns taludes de escavação, estas formações apareciam cobertas pelas primeiras (PQ), com naturais ressurgências de água no contacto.
- b) A partir do km 15,5
 - Formações do Cretácico superior (C⁴⁻⁵) constituídas por areias finas siltosas e argilas micáceas, em camadas com estratificação entrecruzada.
 - Formações do Cretácico médio (C²⁻³), de calcários margosos apinhoados, muito fissurados, com veios argilosos.
 - Formações do Cretácico inferior (C¹⁻²) constituídas por areias finas a grosseiras, siltosas e silto-argilosas, feldspáticas e caulíníferas, com intercalações de argilas acinzentadas.
 - Formações jurássicas (J²_{ab}) de calcários criptocristalinos compactos.

Em resumo, os terrenos atravessados caracterizam-se por:

- ocorrência de rápidas variações verticais e horizontais de fácies e, conseqüentemente, elevada heterogeneidade em pequeno, à escala dos afloramentos;
- alternâncias repetidas e monótonas dos mesmos tipos litológicos (areias silto-argilosas, argilas, siltes, etc.) em camadas de pequena e média espessura, de que resulta

- relativa uniformidade em grande, à escala dos maciços;
- estratificação geralmente complexa e mal definida em camadas lenticulares ou em bisel, imbrincadas.

6.2 - Trabalhos de prospecção e ensaios realizados

As características da zona conduziram a que se procurasse na fase de projecto fazer uma cuidadosa caracterização dos terrenos atravessados. Como indicador desse cuidado, apontam-se a seguir alguns dados referentes aos trabalhos de prospecção e a ensaios realizados no decurso das três fases (estudo prévio, projecto base e projecto de execução) em que se desenvolveu o projecto.

- a) Perfis sísmicos - Foram feitos 6, visando avaliar as características de ripabilidade das formações calcárias do Cretácico médio e do Jurássico médio.
- b) Sondagens de percussão - Visavam estudar:
 - as condições de fundação das obras de arte,
 - as condições de fundação dos aterros em formações aluvionares e coluvionares,
 - as condições de execução das maiores escavações.

Foram feitas 136, com ensaios SPT e colheita de amostras indeformadas nas formações aluvionares. Destas sondagens 33 dizem respeito aos viadutos e 56 às PS e PI.

- c) Sondagens de rotação - Visaram estudar o maciço calcário jurássico quanto a meios de execução das escavações, inclinação dos taludes e fundação de uma PS.

Foram feitas 4 sondagens.

- d) Furos de trado - Visaram a avaliação da natureza e espessura das formações coluvionares e de fundo do vale e o estudo de níveis aquíferos.

Foram feitos 47.

- e) Poços - Visaram a identificação dos tipos litológicos presentes e a colheita de amostras remexidas para estudo da sua possibilidade de utilização e da capacidade de suporte.

Foram feitos 79.

- f) Sondagens com penetrómetro dinâmico - Na fase inicial do estudo foram feitas 12 sondagens deste tipo.

- g) Ensaio de amostras intactas - Foi estudada a resistência e compressibilidade de 4 amostras das baixas aluvionares.

- h) Ensaio de amostras remexidas - Foram caracterizadas e classificadas geotecnicamente 177 amostras, abrangendo todas as formações com interesse. Em 87 delas, colhidas em poços, com 3 a 4 m de profundidade, foi determinado o teor em água natural. Foram feitos ensaios de compactação de 31 amostras mais representativas e igual número de ensaios de CBR com variação do teor em água e do grau de compactação.

7 - INTERVENÇÕES NO DECURSO DA OBRA

No decurso da obra foi possível constatar uma grande aproximação entre a informação geotécnica do projecto e as situações encontradas. Apesar disso foram necessárias várias intervenções de que se relacionam a seguir algumas mais significativas.

7.1 - Questões relacionadas com estabilidade de taludes de escavação em solos

7.1.1 - Zona do km 13+475 a 13+625

Nesta zona ocorre uma escavação de cerca de 15 m de altura, tendo no topo de um dos taludes um cemitério.

No talude afloram areias finas (PQ) sobre argilas (ϕ M). Embora para a grande maioria dos taludes de escavação em solos, dada a natureza dos terrenos encontrados, se tenha previsto a inclinação de $V/H = 1/2$, neste caso, a proximidade do cemitério levou a adoptar $1/1,5$, com duas banquetas.

O contacto das areias com as argilas desenvolvia-se entre a primeira e a segunda banquetas. Numa zona de cerca de 1,5 m acima dele ocorreram ressurgências de água que, quando a escavação chegou um pouco abaixo do contacto, determinaram indícios de instabilidade do talude.

Foi estudada uma solução que incluiu: septos verticais drenantes, acima da segunda banqueta, na zona fronteira ao cemitério, evacuando a água para um dreno na banqueta; uma máscara drenante entre as duas banquetas (devido à variação de cota do contacto) evacuando a água para um dreno na banqueta inferior; o adoçamento do talude nas argilas para $1/2$ à custa de uma pequena obra de suporte de 2 m, em gabiões.

7.1.2 - Zona cerca do km 22+300

Nesta zona ocorre uma escavação de 12 m presumida no projecto em calcários apinhoados (C^{2-3}) com pequeno recobrimento de areias argilosas (PQ), tendo sido prevista a inclinação de $1/1$, compatível com a natureza do terreno e recomendada pela existência de um poste de alta tensão nas vizinhanças da crista.

O recobrimento apresentou-se com espessura de 5 a 7 m e deu sinais de instabilidade para a inclinação de projecto, quando a escavação atingiu os calcários.

Foi proposta uma solução de adoçamento do talude, nas areias argilosas, para $1/1,8$, o que implicou, na zona do poste, por falta de espaço, a previsão de uma pequena cortina de betão apoiada em micro-estacas e ancorada para o maciço calcário, associada a uma banqueta.

7.1.3 - Zona do km 26+225 ao km 26+625

Ocorre aqui uma escavação de cerca de 9 m em solos siltosos e argilosos do Cretácico superior (C^{4-5}). Nas proximidades da crista existe um edifício industrial que conduziu à adopção no projecto de um talude de $1/1,5$, com uma banqueta.

No decurso da escavação, notaram-se fendas de retracção no topo do talude e escorregamentos superficiais.

Foi proposto o adoçamento do talude para cerca $1/2,7$. Na zona contígua ao edifício, o talude termina superiormente numa banqueta, onde foi criado um muro de 2 m de altura que suporta o terrapleno da fábrica, que vai ser impermeabilizado.

7.1.4 - Zona do km 0+275 a 0+375 do restabelecimento nº 31

Trata-se também de uma escavação de 7 m de altura, a $1/1,5$, em terrenos argilosos do C^{4-5} . A metade superior do talude (argila cinzenta) revelou-se mais permeável e sofreu escorregamentos em

associação com ressurgências de água no contacto com as argilas castanhas da parte inferior.

Foi proposto o adocamento do talude para 1/2 e a criação de uma banquetta com dreno ao longo do contacto, solução que exige a expropriação de uma habitação nas proximidades da crista; para o caso de a expropriação não ser viável, foi previsto um pequeno muro de suporte na proximidade da casa.

7.1.5 - Ressurgências diversas em taludes

Devido à estratigrafia típica dos terrenos atravessados pelo sub-lanço, em vários outros taludes foram detectadas ressurgências de água, ocorrendo de modo mais ou menos irregular nos contactos entre estratos de diferente permeabilidade. Tais ressurgências, potenciais causas de erosões e de outros fenómenos de instabilidade dos taludes, foram tratadas pela Direcção da Obra com soluções localizadas, tais como pequenas máscaras drenantes ao longo das linhas de ressurgência, evacuando a água captada para fora dos taludes ou para drenos em banquetas, ou então captações pontuais (purgas) evacuando a água por descidas no talude, às vezes do tipo septo drenante. Estas soluções têm a vantagem de poderem vir a ser disfarçadas pelo revestimento vegetal do talude.

7.2 - Problemas relacionados com a fundação de aterros em baixas aluvionares

7.2.1 - Geotêxteis em tapetes drenantes

Na fundação de aterros nas baixas aluvionares importantes, o projecto previu em geral a realização de tapetes drenantes de espessura variada, entre camadas de geotêxtil, assentes sobre a camada superior mais ressequida e resistente das aluviões. O tipo de geotêxtil a usar foi definido para o caso mais desfavorável.

O empreiteiro apresentou uma proposta visando algumas economias pela utilização dos tipos de geotêxtil mais ajustados a cada caso, mesmo à custa do uso na obra de vários tipos. Depois da análise das várias situações contempladas, a proposta foi considerada aceitável.

7.2.2 - Travessia da baixa aluvionar ao km 1+500

Nesta baixa, de relativamente pequena extensão e atravessada por um aterro de 15 m de altura, foi previsto o saneamento da terra vegetal, com espessura de cerca de 2 m, dada a existência de uma PH a atravessar o aterro.

O empreiteiro propôs a não realização do saneamento e a adopção de um tapete drenante para facilitar os trabalhos.

Foi aceite a proposta na zona não interessando a PH; ao longo desta foi recomendado o saneamento da terra vegetal, com a abertura de uma vala drenante sobre cujo enchimento a PH pôde ser fundada em boas condições.

7.3 - Problemas relacionados com a fundação do pavimento

Em dois troços entre os km 13+000 e 13+800 ocorriam solos argilosos (A-7-5 e A-2-6) mio-paleogénicos (ϕM) ao nível do pavimento nas escavações, pelo que se previu no projecto uma sobreescavação de 0,40 m e realização do leito do pavimento com igual espessura de solos seleccionados ($CBR \geq 6\%$). Face à dificuldade de obtenção económica destes solos, o empreiteiro propôs o saneamento de apenas 0,20 m e construção, no seu lugar, de uma camada granular sobre geotêxtil. A verificação do

dimensionamento do pavimento evidenciou um agravamento das extensões nos pontos críticos, que se achou aceitável, mas recomendaram-se medidas específicas tendentes a contrariar a humedificação dos referidos solos através do separador ou da própria fundação do pavimento a partir do contacto entre as formações PQ e ØM que ocorre nas proximidades.

7.4 - Problemas relacionados com o sistema de drenagem

7.4.1 - Protecção de águas subterrâneas

Entre os km 19+800 e 21+000, o sistema de drenagem superficial previa a evacuação das valetas da plataforma e das banquetas para o terreno natural, onde ocorrem calcários jurássicos.

Por recomendação do estudo de impacte ambiental e por se tratar de uma zona cársica, o sistema de evacuação foi alterado, canalizando os efluentes para zonas com cobertura impermeável.

7.4.2 - Substituição de passagens hidráulicas em betão por tubos metálicos

Na baixa da ribeira de Pão Quente previa-se a construção de um aterro de 14 m de altura em três fases, de modo a garantir o progressivo aumento de resistência da fundação com a consolidação das aluviões. No referido aterro estavam previstas três PH rectangulares em betão armado.

Para compatibilizar o processo de consolidação com o cronograma de trabalhos da obra, o empreiteiro propôs a substituição das PH em betão por outras, de mais rápida construção, em chapa metálica ondulada. A proposta, considerada aceitável, implicou modificação do projecto, dado haver que suprimir degraus que havia nas PH e por terem surgido alguns condicionamentos ligados ao ambiente.

BIBLIOGRAFIA

1. Branco, F. - Estradas, caminho de ferro e aeródromos. Relatório geral. 2º Encontro Nacional de Geotecnia, Lisboa, Março 1987
2. Domingues, E. - A1 - Auto-estrada do Norte. Construção dos sub-lanços Torres Novas/Fátima/Leiria. BRISA Informação, nº 22, 1º semestre 1991
3. Oliveira, R., Rodrigues, L.F., Coelho, A.G. - A1 - Auto-estrada do Norte. Sub-lanço Pombal-Condeixa. Projecto de execução nº 1 - Terraplenagens. Parte 1.4 - Geotecnia, COBA, Lisboa, Junho 1989.