

LeiriaPolis, S.A.

# ESTUDO HIDROLÓGICO/HIDRÁULICO DO RIO LIS, NA ZONA DE INTERVENÇÃO DO PROGRAMA POLIS NA CIDADE DE LEIRIA

**MEMÓRIA DESCRITIVA**

NOVEMBRO 2001

LeiriaPolis, S.A.

**ESTUDO HIDROLÓGICO/HIDRÁULICO DO RIO  
LIS, NA ZONA DE INTERVENÇÃO DO  
PROGRAMA POLIS NA CIDADE DE LEIRIA**

**MEMÓRIA DESCRITIVA**

**NOVEMBRO 2001**

# ESTUDO HIDROLÓGICO/HIDRÁULICO DO RIO LIS, NA ZONA DE INTERVENÇÃO DO PROGRAMA POLIS NA CIDADE DE LEIRIA

## Equipa de Trabalho

|                              |                                                      |
|------------------------------|------------------------------------------------------|
| Gestor Técnico               | Eng. Carla Antunes                                   |
| Coordenador Técnico          | Eng. Ribeiro da Fonseca                              |
| Geologia e Hidrogeologia     | Dr. Fernandes Nunes                                  |
| Hidrologia                   | Eng. Carla Antunes<br>Eng. Miranda Saraiva           |
| Modelação Hidráulica         | Eng. Miranda Saraiva<br>Eng. Ribeiro da Fonseca      |
| Dimensionamentos Hidráulicos | Eng. Miranda Saraiva<br>Eng. Ribeiro da Fonseca      |
| Desenho                      | Dionísio Santana<br>Edgar Caruço<br>Cláudia Gabriela |
| Secretária Técnica           | Manuela Cardona                                      |

# MEMÓRIA DESCRITIVA

LeiriaPolis, S.A.

ESTUDO HIDROLÓGICO/HIDRÁULICO DO RIO LIS,  
NA ZONA DE INTERVENÇÃO DO PROGRAMA POLIS  
NA CIDADE DE LEIRIA

**VOLUME 1 – MEMÓRIA DESCRITIVA**

Nº DO TRABALHO: CT 2423

Nº DO DOCUMENTO: 01.ME-V.001(03)

FICHEIRO: PN1AV013.DOC – (CT-MA) MZ-1

DATA: 2001-11-15

| Registo das Alterações |      |            |
|------------------------|------|------------|
| Nº Ordem               | Data | Designação |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |
|                        |      |            |

O GESTOR TÉCNICO:

# Índice do documento

|       |                                                                                                           |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....                                                                                          | 5  |
| 1.1   | Âmbito do estudo.....                                                                                     | 5  |
| 1.2   | Enquadramento e Objectivos.....                                                                           | 5  |
| 1.3   | Informação de base .....                                                                                  | 6  |
| 1.4   | Organização do Estudo .....                                                                               | 7  |
| 2     | ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....                                                                                | 9  |
| 2.1   | Considerações prévias .....                                                                               | 9  |
| 2.2   | Características físicas e fisiográficas da bacia do rio Lis.....                                          | 9  |
| 2.3   | Análise geológica e hidrogeológica.....                                                                   | 10 |
| 2.3.1 | Considerações gerais .....                                                                                | 10 |
| 2.3.2 | Geologia .....                                                                                            | 11 |
| 2.3.3 | Hidrogeologia .....                                                                                       | 14 |
| 2.4   | Ocupação da bacia.....                                                                                    | 15 |
| 2.5   | Material sólido .....                                                                                     | 15 |
| 2.6   | Hidrogramas de cheia.....                                                                                 | 16 |
| 2.6.1 | Metodologia adoptada .....                                                                                | 16 |
| 2.6.2 | Resultados obtidos .....                                                                                  | 21 |
| 3     | ESTUDO HIDRÁULICO DO RIO LIS NO TROÇO OBJECTO DE ANÁLISE .....                                            | 23 |
| 3.1   | Metodologia adoptada .....                                                                                | 23 |
| 3.1.1 | Condições de simulação admitidas.....                                                                     | 25 |
| 3.2   | Situação actual .....                                                                                     | 26 |
| 3.3   | Situação futura .....                                                                                     | 27 |
| 3.3.1 | Propostas de intervenção .....                                                                            | 27 |
| 3.3.2 | Outras intervenções complementares.....                                                                   | 36 |
| 3.3.3 | Alterações do regime hidráulico e zonas de inundação futuras decorrentes das intervenções propostas ..... | 38 |
| 3.3.4 | Inter-relação entre os Planos de Pormenor e o estudo hidrológico/hidráulico do rio Lis .....              | 38 |

Bibliografia

Quadros

Figuras

Fotografias

# 1 Introdução

## 1.1 Âmbito do estudo

Por contrato celebrado com a LeiriaPolis, Sociedade para o Desenvolvimento do Programa Polis em Leiria, S.A, foi a HIDROPROJECTO, Engenharia e Gestão, S.A., encarregada de elaborar o Estudo Hidrológico /Hidráulico do Rio Lis, na Zona de Intervenção do Programa Polis na Cidade de Leiria.

No presente estudo pretende-se determinar, para a situação actual e para a situação futura, quer as cheias associadas a determinadas probabilidades de ocorrência (10, 25, 50 e 100 anos, em termos de caudais e níveis), quer o correspondente comportamento do rio Lis, incluindo o seu leito de cheias, no troço do rio fronteiro à zona urbana da Cidade de Leiria. Em complemento, e dadas as necessidades de cálculo, pretende-se igualmente o levantamento de todas as obras de arte existentes no referido troço do rio.

A área geográfica em análise compreende a bacia hidrográfica do rio Lis, relativa à secção da ponte da EN-1 (a Nascente da Cidade de Leiria) e a bacia do rio Lena na vertente hidrológica (Figura 1 e Fotografias).

## 1.2 Enquadramento e Objectivos

A intervenção do Programa Polis na Cidade de Leiria poderá ser definida como um conjunto de intervenções de requalificação urbana e valorização ambiental, que se interligam e complementam, devolvendo ao rio a sua importância histórica na vida da cidade. Esta intervenção, abrangendo uma área de aproximadamente 125 hectares, compreendendo as margens do rio Lis e a Zona Histórica da Cidade, integra os Planos de Pormenor do “Sistema Rio” e o presente Estudo Hidrológico/Hidráulico do Rio Lis.

De acordo com informações recolhidas localmente, apenas a zona baixa da Cidade de Leiria, a jusante da ponte do Arrabalde, estará sujeita a alguns problemas de capacidade de drenagem pluvial afluentes à zona em virtude dos elevados níveis no rio em situações de cheia. Contrariamente, a montante da ponte de S. Romão são

frequentes as inundações motivadas não só pelas condições de escoamento do leito mas, também, pelo estrangulamento que aquela ponte constitui.

O presente estudo tem por objectivo o seguinte:

- i) delimitação das áreas inundáveis por cheias correspondentes às frequências de ocorrência de uma vez em 10, 25, 50 e 100 anos e, conseqüentemente, determinação dos respectivos níveis das águas em cada caso;
- ii) análise hidráulica das secções de vazão das pontes existentes e, desde que necessário e possível, determinação das secções de vazão mais ajustadas em cada caso e/ou avaliação das vantagens da sua eliminação ou substituição;
- iii) análise hidráulica das secções onde existam estruturas de açudamento, possíveis alternativas a essas estruturas e/ou vantagens da sua eliminação;
- iv) análise dos efeitos sobre o escoamento, em cheia, de futuras pontes e de novos açudes, previstos ou a prever;
- v) análise do funcionamento de uma zona de retenção gerada a partir duma secção do rio Lis localizada cerca de 100 m a montante da ponte dos Caniços;
- vi) análise hidráulica das cotas das protecções marginais das obras existentes, muros e diques, a partir da informação topográfica fornecida pela LeiriaPolis à escala 1:1 000 e avaliação da viabilidade da sua modificação, nos casos em que essa modificação seja proposta;
- vii) reavaliação das áreas inundáveis e correspondentes níveis, para os períodos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos após aceites pela LeiriaPolis todas as alterações que interfiram com a capacidade de vazão do leito do rio.
- viii) elaboração de plantas das áreas inundadas na situação actual e após as intervenções admitidas nas zonas mais afectadas pelas cheias, em particular na zona urbana.

## 1.3 Informação de base

Durante o estudo foi recolhida e analisada toda a informação disponível que se julgou pertinente para o presente estudo, nomeadamente os seguintes elementos:

- Topografia à escala 1:1 000 fornecida pela LeiriaPolis e C. M. de Leiria;
- Projectos de Execução da Reabilitação dos Açudes do Arrabalde e das Salgadas, elaborados pela HIDROPROJECTO, em 1999, para a Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis;
- Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Lis (PBH Lis), INAG, 1998;

- Informação hidrométrica e pluviométrica disponível no INAG;
- Análise da Situação do Pavilhão de S. Romão Face às Cheias do Rio Lis realizada pela FBO, em 1998.
- Plano Complementar de Valorização do Rio Liz, realizado pela Hidrotécnica, em 1971;
- Topografia à escala 1:50 000 do IPCC (Instituto Português de Cartografia e Cadastro) e à escala 1:25 000 do IGE (Instituto Geográfico do Exército);
- Cobertura Corine Land Cover das bacias;
- Cobertura geológica das bacias.

## 1.4 Organização do Estudo

O Estudo Hidrológico/Hidráulico do Rio Lis é constituído pelas seguintes partes:

Volume 1 – Memória Descritiva

Volume 2 – Peças Desenhadas

O Volume 1 - Memória Descritiva é constituído por 3 capítulos, dos quais o primeiro é a presente Introdução. No Capítulo 2 apresentam-se os Estudos Hidrológicos, onde são calculados os hidrogramas de cheia e realizada a avaliação de caudais de ponta de cheia para diferentes períodos de retorno nos rios Lis e Sirol ( $T = 10, 25, 50$  e  $100$  anos), em secções convenientemente localizadas para a análise em estudo.

No Capítulo 3 efectua-se a simulação das condições actuais de propagação de cheias, com aplicação de um modelo unidimensional em regime variável, desde a ponte de S. Romão a montante e a confluência do rio Lena, a jusante. Será efectuada a delimitação das áreas inundadas para as cheias analisadas e caracterizados os campos de velocidade e de caudais ao longo da propagação. Seguidamente, é feita a mesma análise para as situações futuras relativamente às alterações do regime hidráulico decorrentes das intervenções propostas.



## 2 Estudos hidrológicos

### 2.1 Considerações prévias

Neste capítulo é apresentada uma caracterização geral da bacia hidrográfica do rio Lis, o cálculo dos hidrogramas de cheia e a avaliação dos caudais de ponta de cheia no rio Lis e na ribeira do Sirol, para os períodos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos.

Embora existam estações hidrométricas, quer no rio Lena quer a jusante do troço do rio Lis em análise, Estação de Ponte das Mestras (15E/03) e Estação do Açude do Arrabalde (15E/05), dominando bacias hidrográficas com 193 e 268 km<sup>2</sup>, respectivamente, os respectivos registos disponíveis (10 anos hidrológicos) têm significado estatístico pouco consistente. Deste modo, tentou-se recolher toda a informação existente sobre caudais e/ou níveis, nomeadamente na DRAOTCentro e no INAG, não tendo sido possível dispor desses elementos no prazo de realização do presente estudo.

### 2.2 Características físicas e fisiográficas da bacia do rio Lis

A bacia hidrográfica do rio Lis com uma orientação dominante S-NW e uma área total de 945 km<sup>2</sup>, localiza-se na zona centro do País, abrangendo a total ou parte dos seguintes concelhos: Leiria, Batalha, Marinha Grande, Porto de Mós e Ourém. Esta bacia é limitada a Norte pela bacia hidrográfica do rio Mondego, a Sul e Este pela bacia do rio Tejo e a Oeste pelo Oceano Atlântico.

O rio Lis nasce na Serra dos Candeeiros, a cerca de 500 m de altitude, perto da povoação de Fontes, desenvolve-se ao longo de cerca de 39,5 km, indo desaguar em Vieira de Leiria. Os principais afluentes da margem esquerda são o ribeiro da Tábua, o Vale dos Barreiros, o rio Lena e o rio Seco. O rio de Fora, a ribeira dos Milagres, a ribeira da Caranguejeira ou do Sirol e a ribeira do Freixial são os principais afluentes da margem direita.

A bacia hidrográfica na sua área de montante apresenta um percurso no Maciço Calcário Estremenho, onde se verifica uma drenagem através de galerias dando origem a abundantes exurgências de que são exemplo as nascentes dos rios Lis e Lena, situação que se deve à extrema permeabilidade desta formação calcária.

A zona intermédia, a qual representa a maior parte da bacia, desenvolve-se sobre arenitos, calcários margosos e margas. A densidade de drenagem é elevada, já que devido ao substrato presente há uma maior tendência para o escoamento superficial.

Na zona terminal de jusante a densidade de drenagem é baixa, em que os cursos de água apresentam fraco declive longitudinal, o que contribui para que se verifiquem dificuldades no escoamento.

A bacia hidrográfica do rio Lis, referida à “entrada” da Cidade (Ponte dos Caniços) apresenta uma área de cerca de 232 km<sup>2</sup>. Sob o aspecto hidráulico/hidrológico pode-se afirmar que afluem à Cidade de Leiria dois rios (Lis e Sirol) cujas bacias hidrográficas são de grandeza semelhante, embora com algumas características diferenciadas. Apresentam-se, seguidamente, algumas características desta bacia (Figura 1), obtidas com base na cartografia à escala 1:50 000 e no PBH Lis.

| Secção                                   | Área<br>(km <sup>2</sup> ) | L<br>(km) | Declive<br>médio | Tc<br>(horas) | N  |
|------------------------------------------|----------------------------|-----------|------------------|---------------|----|
| Rio Lis antes da<br>confluência do Sirol | 111                        | 26.6      | 0.013            | 5.4*          | 84 |
| Ribeira do Sirol                         | 119                        | 21.2      | 0.009            | 6.1*          | 82 |
| Rio Lis antes da<br>confluência do Lena  | 240                        | 30.6      | 0,015            | 6.4*          | 83 |
| Rio Lena                                 | 158                        | 32,6      | 0,011            | 7.0**         | 89 |
| Rio Lis após confluência<br>do Lena      | 398                        | 30.6      | 0,015            | 7.0**         | 85 |

\* valor calculado

\*\* valor adoptado (PBH Lis)

Relativamente ao regime de escoamento o rio Lis e seus afluentes são cursos de água de regime essencialmente torrencial, onde se verifica grande variabilidade dos quantitativos anuais de caudais.

## 2.3 Análise geológica e hidrogeológica

### 2.3.1 Considerações gerais

A caracterização que se apresenta na Figura 2 baseou-se, essencialmente nos elementos publicados no PBH do rio Lis, que nos foram cedidos pela DRAOT Centro, e na consulta às cartas geológicas 1/50 000 n<sup>os</sup> 22C, 23C e 27A dos Serviços Geológicos.

## **2.3.2 Geologia**

### **2.3.2.1 Introdução**

A bacia hidrográfica do Lis desenvolve-se inteiramente sobre terrenos da denominada Orla Mesocenozóica Ocidental. A cabeceira da bacia inicia-se numa importante unidade geomorfológica, o Maciço Calcário Estremenho, onde se dá a recarga que alimenta as principais nascentes que alimentam o rio Lis, desenvolvendo-se, em seguida, essencialmente sobre uma zona bastante aplanada, constituída fundamentalmente por terrenos cenozóicos de cobertura (PBH Lis).

### **2.3.2.2 Geomorfologia**

A bacia hidrográfica do rio Lis é uma bacia costeira que está confinada a Norte pela bacia do rio Mondego, a Este pela bacia do rio Tejo e a Sul pela bacia do rio Alcoa.

Sob o ponto de vista geomorfológico a bacia do Lis forma uma unidade hidrológica com uma certa uniformidade morfológica em que cerca de 2/3 se encontram abaixo da cota 200 m, apenas nas zonas mais altas e declivosas da bacia na zona do Maciço Calcário Estremenho, onde é atingida a cota 562 em Pedra do Altar.

A bacia hidrográfica do Lis pode subdividir-se nas seguintes principais unidades geomorfológicas (PBH Lis):

- Troço superior do rio Lis – sub-bacias do Lis e do Lena. Esta zona desenvolve-se sobre o Maciço Calcário Estremenho, com permeabilidade muito elevada e drenagem essencialmente através de galerias que surgem á superfície no rebordo do Maciço;
- Troço inferior do rio Lis – sub-bacia do Lis situada entre a Costa e Leiria. Nesta zona, a sub-bacia pode ainda ser dividida em duas zonas: a jusante, entre a Costa e Monte-Redondo Amor, possui declives baixos e estende-se sobre areias e cascalhos que possuem uma permeabilidade alta (estas características propiciaram as condições para uma rede hidrográfica com uma densidade de drenagem fraca, onde a drenagem é má e o escoamento se processa com dificuldade), a zona de montante, desenvolve-se sobre arenitos, calcários margosos e margas que possuem uma baixa permeabilidade (estas condições propiciam um escoamento mais elevado e uma maior densidade de drenagem);

- Ribeiras da costa atlântica do concelho de Marinha Grande e ribeiras da costa atlântica do concelho de Leiria.

Os cursos de água principais da bacia são, para além do Lis, os rios Lena, rio de Fora e ribeira do Rio Seco. Os vales dos rios Lis e Lena que se orientam no sentido Sul-Norte são vales planos e largos, próprios de planícies aluvionares. O vale do Lis apenas estreita ao atravessar a estrutura diapírica de Leiria, para logo se alargar a jusante da confluência do Lena, apresentando aí uma vasta planície aluvionar. O litoral é composto por dunas que incluem algumas das mais altas do nosso país, cerca de 50 m.

### **2.3.2.3 Estratigrafia**

A bacia do rio Lis é constituído por formações que vão do Jurássico inferior (Lias) ao Moderno.

#### **2.3.2.3.1 Jurássico**

##### **Liássico**

As rochas mais antigas representadas na bacia do Lis são as denominadas Margas da Dagorda. Trata-se essencialmente de pelitos de cor avermelhada (os tons verdes, cinzentos e castanhos apresentam-se de forma difusa) que incluem massas de gesso e camadas calcodolomíticas (PBH Lis). Embora a área de afloramento das Margas de Dagorda seja relativamente pequena a formação encontra-se presente em muitos locais a pequena profundidade, coberta por depósitos mais recentes.

As formações situadas estratigraficamente acima das Margas de Dagorda são essencialmente de natureza calco-margosa e constituídas por calcários dolomíticos, calcários margosos, calcários compactos e margas.

##### **Dogger**

O dogger (Jurássico médio) encontra-se representado por calcários compactos e espessos responsáveis pelas principais elevações topográficas da orla Ocidental. São estes calcários que constituem a ossatura principal do Maciço Calcário Estremenho. numa sequência muito espessa de calcários cristalinos, calcários oolíticos, calcários compactos, calcários dolomíticos e margosos.

## **Malm**

O Malm (Jurássico superior) inicia-se por uma sequência constituída essencialmente por margas e calcários margosos alternantes, com algumas intercalações de calcários betuminosos no topo, a que se segue uma espessa sequência de natureza detrítica.

### **2.3.2.3.2 Cretácico**

#### **Aptiano-Cenomaniano**

Na parte inicial da bacia do Lis e constituindo grande parte do substrato das bacias de algumas ribeiras afluentes daquele rio, aflora uma formação detrítica de carácter continental que assenta sobre o Jurrássico superior. É formada por arenitos mais ou menos conglomeráticos, argilas, margas, etc., em que a granularidade tende a aumentar do topo para a base, como é típico de uma sequência transgressiva. A coloração é variada, avermelhada, acastanhada, branca e amarelada.

Além da mancha mais ou menos contínua que cobre parte do Maciço Calcário Estremenho, prolongando-se para Norte, formando a Bacia de Vila Nova de Ourém e constituindo o substrato da Bacia de Pousos, encontram-se ainda outros afloramentos dispersos com extensão em geral reduzida.

#### **Cenomaniano-Turoniano inferior**

À série detrítica anterior segue-se uma série essencialmente calcária que corresponde ao Cenomaniano superior e Turoniano. Está representada nos bordos do diapiro de Leiria e de Monte Real e da Bacia de Pousos onde apresenta maior desenvolvimento, sobretudo a SE e Leste. É constituída por calcários rijos, calcários com rudistas, calcários com polipeiros, calcários margosos, oolíticos e margas.

### **2.3.2.3.3 Terciário e Quaternário**

O Terciário e o Quaternário estão bem representados na bacia do Lis, sobretudo por depósitos de natureza detrítica. Os depósitos terciários mais antigos têm extensão reduzida sendo constituídos por conglomerados, arenitos margas e calcários paleogénicos.

O Miocénico, de natureza continental está representado por argilas, margas , arenitos argilosos, mais ou menos grosseiros com intercalações de linhitos. A espessura máxima é da ordem dos 200 m. O Pliocénico está representado por depósitos marinhos constituídos por areias finas e argilas fossilíferas que afloram no vale do Lis e depósitos continentais constituídos por arenitos argilosos, areias e cascalheiras com intercalações de argilas e linhitos.

O Quaternário está representado por depósitos de praia, terraços, dunas e aluviões. As aluviões têm maior desenvolvimento a jusante de Leiria, onde podem apresentar uma espessura de 8 a 10 m, sendo constituídos por areias, lodos e cascalheiras. As dunas e areias de duna formam um afloramento mais extenso ao longo do litoral, atingindo uma largura máxima de 7,5 km.

### **2.3.3 Hidrogeologia**

Sob o ponto de vista hidrogeológico a bacia do Lis é caracterizada pela existência de alguns sistemas aquíferos importantes, relacionados com formações calcárias e detríticas.

No que respeita à circulação da água subterrânea individualizam-se dois tipos de sistemas aquíferos: os cársicos e os porosos. Os primeiros suportados por calcários e dolomitos, com circulação em grande, por estruturas cársicas. A infiltração quando a superfície se encontra carsificada é elevada, da ordem ou mesmo acima de 50 a 60% da precipitação. Também a capacidade de armazenamento e transmissiva dependem da carsificação. Estes aquíferos têm em regra poder de auto-regulação limitado, que bem se evidencia pelas grandes variações de caudal das importantes nascentes por onde descarregam e pela amplitude da variação dos níveis da água entre a época das chuvas e a estação seca.

A infiltração e o escoamento rápido pelas estruturas cársicas tornam estes aquíferos particularmente vulneráveis à poluição, com muito baixo poder autodepurador e com propagação rápida das contaminações.

Os sistemas aquíferos porosos, suportados pelas formações detríticas mesozóicas e algumas terciárias são multicamada. Entre os terrenos mesozóicos, os Arenitos do Carrascal sobressaem pela sua importância aquífera. Já os terrenos representativos do Jurássico Superior têm um comportamento global de aquífero pobre a muito pobre. Com efeito trata-se de uma alternância de arenitos argilosos e de argilas.

Nas unidades quaternárias, caso das dunas e parcialmente nas aluviões e terraços, encontram-se muitas das vezes situações freáticas, eventualmente com passagens laterais a condições de confinamento ou semiconfinamento (PBH Lis).

## **2.4 Ocupação da bacia**

Em termos gerais os espaços florestais constituem o tipo de ocupação dominante na bacia seguida pelas ocupações agrícolas, embora os espaços artificializados tenham vindo a aumentar progressivamente. Relativamente à área Norte da bacia constatam-se diferenciações significativas face ao troço Sul, em que os espaços florestais apresentam-se como maioritários e os espaços artificializados assumem percentagens de ocupação superiores.

Na generalidade da área as florestas de resinosas apresentam-se como dominantes (pinheiro bravo e manso), embora na parte Sul a distribuição das folhosas (sobreiro, azinheira, ocupação mista de sobreiro e azinheira, eucalipto) seja significativa.

Na ocupação agrícola destacam-se as áreas das culturas anuais de sequeiro e prados permanentes, que se encontram distribuídas um pouco por toda a bacia, seguidas pelas áreas de regadio que se distribuem ao longo das linhas de água.

A bacia apresenta uma ocupação diferenciada em termos de tipologia de ocupação, enquanto que em cerca de 40% da área Sul predominam os terrenos agrícolas de mosaico policultural, apenas 25% da área Norte é ocupada por este tipo de uso agrícola (PBHLis).

No que diz respeito à distribuição dos territórios artificializados, maioritariamente constituído pelos espaços urbanos verifica-se que ocorre uma grande concentração em torno das sedes de concelho.

## **2.5 Material sólido**

A rugosidade do leito do rio no troço em análise foi estudada tendo por base as características do escoamento e a granulometria do material de fundo.

Constata-se que a jusante dos “Caníços” praticamente não existe material sólido, dado que, para além do leito não ser o natural, as velocidades do escoamento e os açudes não permitem uma deposição mais ou menos uniforme ao longo do rio.

Deste modo, apenas foi recolhida uma amostra junto ao perfil L1, tendo-se verificado, como se pode observar nas Fotos 29 e 30, que o material é constituído, essencialmente, por areão e calhaus rolado não dando, portanto, indicação sobre a rugosidade do leito.

Em consequência a rugosidade do leito, no troço em estudo, foi associada à constituição do material onde foi implantado, material na generalidade rochoso.

## **2.6 Hidrogramas de cheia**

### **2.6.1 Metodologia adoptada**

Na ausência de dados hidrométricos, em número suficiente, para realizar uma análise estatística credível dos caudais de ponta recorreu-se ao PBH Lis.

Tendo por base os elementos constantes do PBH Lis efectuou-se uma análise detalhada, tendo-se utilizado o método semi-empírico do Soil Conservation Service para estimar os caudais de máxima cheia associados a diversos períodos de retorno (10, 25, 50 e 100 anos) para as várias secções em análise, no rio Lis e na ribeira do Sirol.

Este método foi confrontado com os caudais extremos observados na estação hidrométrica do Açude do Arrabalde e com os Projectos de Execução da Reabilitação dos açudes do Arrabalde e das Salgadas (HIDROPROJECTO, 1999).

Nos 10 anos de registos disponíveis na estação hidrométrica do Açude do Arrabalde verificou-se que os valores máximo, médio e mínimo são 274,5 m<sup>3</sup>/s, 83,3 m<sup>3</sup>/s e 9,5 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

No referido projecto de reabilitação do açude do Arrabalde (HIDROPROJECTO, 1999) os caudais de dimensionamento de máxima cheia tiveram em conta os caudais de ponta de cheia adoptados nos projectos datados de 1942, em que o caudal de projecto para o período de retorno de 100 anos foi de 210 m<sup>3</sup>/s, tendo

sido o caudal adoptado para o dimensionamento do açude desta ordem de grandeza, já que não se preconizou alterar a definição da obra existente, em termos de cotas finais, com a implementação do projecto de reabilitação.

### Tempo de concentração

O tempo de concentração ( $T_c$ ) da bacia, tempo necessário para que uma gota de água caída no ponto mais afastado da bacia chegue à secção em estudo, será o período decorrido entre o fim da chuvada útil e o ponto da inflexão do hidrograma uma vez que se irá utilizar o hidrograma unitário adimensional do S.C.S. (National Engineering Handbook, 1972).

Os tempos de concentração adoptados para as várias secções de cálculo foram os seguintes:

| Secção                                | Tempo de concentração<br>(horas) |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| Rio Lis antes da confluência do Sirol | 5,4                              |
| Ribeira do Sirol                      | 6,1                              |
| Rio Lis antes da confluência do Lena  | 6,4                              |
| Rio Lena                              | 7,0                              |
| Rio Lis após confluência do Lena      | 7,0                              |

### Duração, intensidade e frequência das precipitações

Para o cálculo dos caudais de ponta e dos volumes de cheia de um dado período de retorno é essencial conhecer-se o valor da precipitação total com diversas durações e com o mesmo período de retorno.

No Quadro seguinte indicam-se as curvas adoptadas (PBH Lis) para o cálculo da precipitação total para  $T = 10, 25, 50$  e  $100$  anos, para várias durações de chuvadas

| T<br>(Anos) | Intensidade<br>(mm)     |
|-------------|-------------------------|
| 10          | $i = 131,53 t^{-0,520}$ |
| 25          | $i = 153,78 t^{-0,522}$ |
| 50          | $i = 170,11 t^{-0,523}$ |
| 100         | $i = 186,62 t^{0,524}$  |

com t expresso em horas e T representando o período de retorno.

### Método do Soil Conservation Service

O volume total do hidrograma triangular equivalente ao hidrograma unitário sintético adimensional do SCS pode ser definido pela expressão:

$$V = \frac{Q_p T_p}{2} + \frac{Q_p T_r}{2} = \frac{Q_p}{2} (T_p + T_r)$$

onde:

V = volume do hidrograma (mm)

$Q_p$  = caudal de ponta (mm/h)

$T_p$  = tempo de crescimento ou tempo para a ponta (h)

$T_r$  = tempo de decrescimento ou de recessão (h)

Da expressão anterior poderá obter-se o caudal de ponta:

$$Q_p = \frac{2V}{T_p + T_r}$$

Definindo o coeficiente k através da relação:

$$K = \frac{2}{1 + \frac{T_r}{T_p}}$$

Tendo em consideração a área da bacia ( $A$ , km<sup>2</sup>), exprimindo o caudal de ponta em m<sup>3</sup>/s e admitindo que  $V = hu$  (precipitação útil) virá:

$$Q_p = \frac{KAhu}{3,6T_p}$$

que é a equação do SCS para determinar o caudal de ponta de cheia (LENCASTRE e FRANCO 1984).

Tendo em consideração a relação  $T_r = 1,67 T_p$ , obtida do hidrograma do SCS, ter-se-á  $k = 0,75$ .

A precipitação útil ( $h_u$ , mm) poderá ser estimada pela expressão:

$$h_u = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

onde:

$P$  = precipitação total (mm)

$I_a$  = perdas iniciais (mm)

$S$  = capacidade de retenção

A capacidade máxima de retenção é definida pela expressão:

$$S = \frac{25\,400}{N} - 254$$

onde  $N$  representa o número de escoamento. Este depende do grupo hidrológico do solo e do tipo de cobertura, sendo dado por tabelas do SCS.

Os números de escoamento adoptados para as várias secções de cálculo foram os seguintes:

| Secção                                | N  |
|---------------------------------------|----|
| Rio Lis antes da confluência do Sirol | 84 |
| Ribeira do Sirol                      | 82 |
| Rio Lis antes da confluência do Lena  | 83 |
| Rio Lena                              | 89 |
| Rio Lis após confluência do Lena      | 85 |

As perdas iniciais por infiltração são função do número de escoamento (características do solo e da sua cobertura) e da intensidade da precipitação ( $i$ ).

NUNES CORREIA (1984) propõe a seguinte expressão para o cálculo de  $I_a$ :

$$I_a = \frac{0,180691N^2 - 36,1382N + 1806,91}{0,08052N + i - 8,052}$$

quando  $N > 75$  como é o presente caso. A intensidade da precipitação ( $i$ ) será igual a  $I = P/d$ , onde  $d$  é a duração total da chuvada.

Adoptando o hidrograma unitário sintético adimensional do SCS, o tempo de crescimento ou tempo para a ponta ( $T_p$ ) é definido pela expressão:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0,6 T_c \text{ para } D < T_c$$

ou

$$T_p = T_c \text{ para } D \geq T_c$$

onde  $D$  será a duração da chuvada útil. Esta poderá ser determinada através da expressão:

$$D = (1 - \frac{I_a}{P}) d$$

onde  $d$  será a duração total da chuvada, isto é o tempo durante o qual ocorrerá a precipitação total ( $P$ ).

Tendo em vista o cálculo de caudais de ponta máxima, de carácter mais realista, em lugar de se considerar uma chuvada útil uniforme no tempo considerou-se de acordo com o 1º Quantil de 10% de HUFF - de caracterização da distribuição temporal da precipitação - um hietograma útil definido por 4 fracções consecutivas com 12,5%; 25%; 50% e 12,5% da precipitação útil da chuvada.

Para o rio Lena e para o rio Lis imediatamente a jusante da confluência da ribeira do Sirol, as durações totais das chuvadas, para vários períodos de retorno, com durações úteis correspondentes ao tempo de concentração (7 e 6,3 horas, respectivamente), são as seguintes:

|                           | <b>T = 100 anos</b> | <b>T = 50 anos</b> | <b>T = 25anos</b> | <b>T = 10 anos</b> |
|---------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Rio Lena<br>Tc = 7 horas  | 7,9                 | 8,1                | 8,4               | 8,8                |
| Rio Lis<br>Tc = 6,3 horas | 7,4                 | 7,7                | 8,0               | 8,3                |

pelo o que se adoptou como duração de chuvada total as 8 horas.

## 2.6.2 Resultados obtidos

Os cálculos dos caudais de cheia foram feitos por convolução dos hidrogramas unitários, ponderados em função da precipitação parcial dada no hietograma do tipo anteriormente definido.

No quadro seguinte indicam-se os caudais de ponta ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) para várias secções, para uma duração de chuvada de 8 horas e períodos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos.

| <b>Período de retorno (Anos)</b> | <b>Rio Lis antes da confluência do Sirol</b> | <b>Ribeira do Sirol</b> | <b>Rio Lis antes da confluência do Lena</b> | <b>Rio Lena</b> | <b>Rio Lis após confluência do Lena</b> |
|----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| <b>10</b>                        | 67                                           | 58                      | 122                                         | 121             | 220                                     |
| <b>25</b>                        | 89                                           | 78                      | 163                                         | 154             | 294                                     |
| <b>50</b>                        | 108                                          | 94                      | 198                                         | 179             | 355                                     |
| <b>100</b>                       | 129                                          | 113                     | 236                                         | 204             | 417                                     |

Nas Figuras 3 a 6 apresentam-se os hidrogramas afluentes para o rio Lis antes da confluência do rio Lena, para o rio Lis após a confluência do Lena e para o rio Lena, para  $T = 100$  anos,  $T = 50$  anos,  $T = 25$  anos e  $T = 10$  anos e duração de chuvada total de 8 horas, respectivamente.

Da análise dos caudais de máxima cheia obtidos nos vários estudos referidos e face à análise das curvas de vazão a montante e a jusante do açude do Arrabalde pode constatar-se que os caudais que se escoam na secção do açude são da ordem de grandeza dos apresentados no quadro anterior pelo o que foram estes os adoptados no presente estudo.



## 3 Estudo Hidráulico do Rio Lis no Troço Objecto de Análise

### 3.1 Metodologia adoptada

Na caracterização das condições de propagação dos caudais de cheia, recorreu-se à modelação matemática por utilização de um programa de cálculo automático computacional.

O objectivo fundamental do modelo matemático de hidrodinâmica utilizado é o de fornecer indicações sobre os níveis de água que se verificam no troço em estudo para diferentes situações de escoamento, face à ausência de dados de campo estatisticamente significativos.

Conjuntamente, são dadas indicações sobre as velocidade médias e sobre as áreas molhadas nas secções transversais. Assim, com este modelo, torna-se possível simular o escoamento nos leitos para diferentes condições de caudais afluentes de montante e de níveis a jusante.

O modelo é baseado nas equações de Saint-Venant, equações [a] e [b], tendo-se considerado constante a massa volúmica da água:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad [a]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right) + g A \left( \frac{\partial h}{\partial x} + 1 \right) + \frac{g Q |Q|}{C^2 AR} = 0 \quad [b]$$

em que:

- Q - caudal (m<sup>3</sup>/s)
- b - largura de armazenamento (m)
- h - altura de água (m)
- q - caudal afluente lateral (m<sup>3</sup>/s)
- β - coeficiente de Boussinesq

A - área molhada do fluxo de escoamento ( $m^2$ )  
I - declive do nível de referência (neste modelo igual ao declive do fundo)  
C - coeficiente de resistência de Chézy ( $m^{1/2} s^{-1}$ )  
R - raio hidráulico (m)

As hipóteses de base utilizadas são as seguintes:

- o escoamento é praticamente unidireccional;
- considerou-se a secção do leito ou simples ou composta por duas áreas principais, a do leito propriamente dito (menor) e a do leito de inundação;
- a distribuição de velocidades é uniforme em cada secção transversal;
- no leito de inundações não se considera escoamento, mas somente reserva de água;
- as acelerações verticais são nulas, sendo a distribuição de pressões hidrostática em cada secção transversal;
- a perda de carga do escoamento por unidade de percurso é relativamente pequena, e é bem aproximada pela equação da perda de carga por unidade de percurso correspondente ao regime uniforme, em cada secção transversal;
- a influência da quantidade de movimento do caudal afluente lateral na equação da dinâmica foi desprezada;
- a variação das condições de escoamento no tempo é lenta e gradual.

O método numérico de resolução das equações é um método implícito de diferenças finitas, do tipo Preissmann.

O intervalo de tempo para a integração das equações foi de 0,03125 de minuto e a discretização espacial de base foi de 200 metros. A estes valores corresponde um número de Courant  $<1$ .

As equações [a] e [b] para modelação de regimes variáveis neste caso podem ser vistas como um par de equações diferenciais de 1ª. ordem, no espaço e no tempo. Isto implica que, para se obter uma solução destas equações, é necessário especificar duas condições iniciais, tais como, o caudal e o nível da superfície livre no instante  $t = 0$  ao longo do curso de água, e duas condições de fronteira, tais como, o caudal ou o nível da superfície livre nas extremidades de montante e jusante, para  $t > 0$ . O modo mais conveniente de se definir uma condição inicial é estabelecer um escoamento em regime permanente ao longo do curso de água. Isto obriga a que se conheça o caudal e o nível da superfície livre em cada secção  $t = 0$ .

Neste caso admitiu-se como condições iniciais as resultantes de um caudal permanente de 25 m<sup>3</sup>/s no rio Lis, de 25 m<sup>3</sup>/s na ribeira do Sirol e 30 m<sup>3</sup>/s no rio Lena. O escoamento será então modificado ao longo do tempo de acordo com um dado hidrograma de caudais definido na extremidade de montante e com a sua propagação ao longo do leito. Face ao regime dos escoamentos em questão é, também, necessária uma condição de fronteira na extremidade de jusante. Tal condição foi definida através de uma curva de vazão imediatamente a jusante do rio Lena.

O sistema de equações [a] e [b] constitui, como já se referiu, um modelo matemático unidimensional cujo domínio de aplicabilidade se deve apenas circunscrever às regiões onde o campo de velocidade média apresente pequenas oscilações na direcção, em relação à direcção predominante do escoamento global.

A planta da área de intervenção é apresentada nos Desenhos 300.00.01.OBH.LV.PL.001.00.DWG a 300.00.01.OBH.LV.PL.004.00.DWG. Nos Desenhos 300.00.01.OBH.LV.PF.005.00.DWG a 300.00.01.OBH.LV.PF.012.00.DWG apresentam-se os perfis ao longo do rio Lis e no troço final da ribeira do Sirol e nos Desenhos 300.00.01.OBH.LV.PF.013.00.DWG e 300.00.01.OBH.LV.PF.014.00.DWG os alçados das pontes e dos açudes existentes.

### 3.1.1 Condições de simulação admitidas

As condições de fronteira na extremidade de jusante, tal como se referiu, ( $k_s = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ; declive = 0,002 e inclinação dos taludes laterais V/H de 1/1,75) foram definidas através de uma curva de vazão imediatamente a jusante do rio Lena.

Admitiu-se, também, que os caudais afluentes do rio Lena resultavam da diferença dos hidrogramas correspondentes ao mesmo período de retorno e à mesma duração de chuvada, calculados para as secções imediatamente a jusante e a montante da confluência daquele rio.

Na aplicação do modelo foram ainda admitidas as condições de simulação seguintes:

- face ao tipo de leito e às múltiplas estruturas existentes a rugosidade global do leito ronda os  $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ;
- no caso da existência de “obras de arte”, caso das pontes e dos açudes, as condições internas foram simuladas ou por adopção de coeficientes de perda de carga, que na formulação do modelo ponderam a diferença entre a energia cinética

da secção contraída e a imediatamente a jusante, ou de forma que a perda de carga correspondente aos caudais máximos correspondesse à perda de carga real da estrutura em causa;

- não foi considerada a sobrelevação do nível das águas por efeito das curvas já que, apenas há o caso da curva junto à ponte Afonso Zuquete, cuja secção é sobredimensionada;
- admitiu-se que, quer no Açude de Arrabalde entre os perfis L26 e L27, quer o Açude da Fonte Quente ao perfil L19, estavam desactivados na época das chuvas (de Outubro a Março inclusivé), pelo que em situação de cheia, nas correspondentes secções, apenas se verifica uma ligeira perda de carga.

## 3.2 Situação actual

Na situação actual os principais condicionamentos ao escoamento são os seguintes:

- Insuficiente secção do rio Lis a montante da Ponte da Nova Variante;
- Ponte de S. Romão;
- Ponte dos Caniços;
- Açude imediatamente a jusante da Ponte dos Caniços.

Os resultados da simulação para a situação actual, correspondentes aos períodos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos, encontram-se nos Quadros 3.1 a 3.4.

A delimitação das áreas inundadas na zona de intervenção da LeiriaPolis, para o período de retorno de 100 anos, é indicada nos Desenhos 300.00.01.OBH.LV.AL.015.01.DWG a 300.00.01.OBH.LV.AL.018.01.DWG.

O esquema geral das envolventes dos níveis obtidos para os vários períodos de retorno analisados é apresentado na Figura 7.

Da análise dos valores obtidos é de salientar que há situações de transbordo a montante da ponte dos Caniços para todos os períodos de retorno analisados (10, 25, 50 e 100 anos). A jusante da ponte do Arrabalde existe, igualmente, transbordo para o período de retorno de 100 anos.

## 3.3 Situação futura

### 3.3.1 Propostas de intervenção

De acordo com a LeiriaPolis foi solicitada uma análise mais pormenorizada nos casos seguintes:

- Ponte de S. Romão;
- Estação de tratamento de águas residuais - ETAR
- Ponte dos Caniços;
- Ponte Pedonal imediatamente a montante da Ponte Afonso Zuquete;
- Novo Açude no perfil L10 a montante da Ponte dos Caniços;
- Rebaixamento do muro existente na margem esquerda a montante da Ponte Afonso Zuquete (L16);
- Outras intervenções complementares.

Nos pontos seguintes são tratadas, em termos de conclusões, as análises realizadas sob os temas anteriores.

#### 3.3.1.1 Ponte de S. Romão

A actual ponte de S. Romão localiza-se no troço inicial do rio Lis abordado no presente estudo, próximo do designado perfil L3, antes da confluência com a ribeira do Sirol. Esta situação faz com que os caudais sejam significativamente inferiores aos circundantes no rio Lis, em face da menor área da bacia hidrográfica dominada.

Trata-se duma ponte já antiga, em arco, que provoca um acentuado estrangulamento do escoamento, não só pela reduzida secção livre que dispõe mas, também, da contracção provocada em resultado da passagem em aresta viva na sua embocadura. Este facto faz com que a ponte funcione desafogada até à cheia de 25 anos.

Para a cheia de 100 anos a sobrelevação ao nível da superfície livre é praticamente de 0,40 m, situação esta que agravará as inundações ocorrentes em todo o trecho que vai até à ponte da Nova Variante. Por outro lado, o funcionamento da ponte de S. Romão é um pouco prejudicado pela existência imediatamente a jusante de um açude.

Uma intervenção tendo por objectivo a eliminação total das inundações na zona envolvente não depende exclusivamente da configuração mais ou menos favorável da ponte de S. Romão mas, também, das cotas do leito menor do rio Lis, cujo o posicionamento, por muito baixo, implicaria a execução de muros ou diques de protecção ao longo do rio. Esta situação é inclusivamente ilustrada pelo facto de na cheia centenária o nível a jusante da ponte atingir a cota 44,54 m, que é superior às cotas mínimas das bermas existentes a montante. Nestas condições actuais a ponte só vem prejudicar um pouco a situação geral de inundação verificada.

De qualquer forma desejando-se melhorar um pouco, quer a frequência das inundações, quer as condições de passagem hidráulica, sugere-se a realização da seguinte solução.

#### **Solução preconizada:**

1. Rebaixamento do leito sob a ponte de S. Romão através dum canaleta trapezoidal de betão armado, com 0,75 m de espessura, 8 m de largura de boca à cota 41,0 m e rasto de 4,5 m de largura, à cota 39,0 m, acompanhado de transições suaves a montante e a jusante na ligação da ponte ao leito do rio. Deve ser retirada a conduta fixa na face de montante da ponte de modo a não interferir na sua secção hidráulica.
2. Limitação da sobrelevação da superfície livre a 0,14 m, o que se traduz pela obtenção de um rebaixamento do nível a montante da ordem dos 0,46 m para a cheia de 100 anos.
3. Na decisão sobre a execução da obra preconizada devem ser ponderados os seguintes factores:
  - i) Os níveis actuais a montante cujo máximo é 45,5 m para a cheia de 100 anos, não ultrapassam a cota superior do tabuleiro da ponte (46,64 m), isto é, a ponte em si não é galgada;
  - ii) O custo estimado da obra é de 7 000 contos;
  - iii) O eventual estado deficiente da ponte e das respectivas fundações.

#### **3.3.1.2 Estação de tratamento de águas residuais - ETAR**

A ETAR, objecto desta análise, encontra-se localizada na margem direita do Rio Lis, imediatamente a montante da confluência da Ribeira do Sirol, e entre estas duas linhas de água e o aterro da “Variante Sul”.

Localmente e de acordo com a análise efectuada, constata-se que esta ETAR está em pleno leito de cheia, apesar dos respectivos órgãos e edifícios anexos se encontrarem implantados numa plataforma (cuja cota de projecto, de acordo com informações fornecidas através da LeiriaPolis, é 42,65 m) sobre-elevada relativamente à margem direita do rio Lis.

Ora, para a situação futura, admitindo que a plataforma está à cota de projecto, face ao valor do nível calculado para as águas imediatamente a jusante da ponte da “Variante Sul” (42,45 m), Quadro 3.5, a folga disponível é apenas de 0,20 m. Acresce salientar-se o facto dos edifícios anexos não terem qualquer sobre-elevação relativamente à plataforma de implantação.

#### **Solução preconizada:**

Para garantir a salvaguarda do espaço ocupado pela ETAR, na situação futura e para cheias centenárias, recomendam-se a execução das seguintes obras:

- realização de um dique envolvendo a ETAR com as características seguintes:
  - cota mínima do coroamento: 43,00 m
  - largura mínima do coroamento: 0,50 m
  - inclinação máxima dos taludes (V/H): 1,0/1,5;
- realização de um sistema de drenagem da plataforma, para operar após a realização do dique de protecção. Este sistema pode ser constituído por uma pequena cisterna para onde confluem as águas que, posteriormente, serão bombeadas para qualquer das linhas de água).

Como alternativa pode-se considerar um “murete”, a implantar na própria plataforma da ETAR. Como facilmente se depreende, a solução “murete” é mais ajustada quando incorpora as vedações, razão pela qual damos primazia à solução “dique”.

#### **3.3.1.3 Ponte dos Caniços**

A ponte dos Caniços situa-se no rio Lis, a jusante da confluência da ribeira do Sirol o que faz com que seja atingida pelos máximos caudais de cheia circulantes neste rio.

Trata-se de uma ponte com alguma antiguidade, formada por dois arcos desiguais que provocam um fortíssimo estrangulamento, situação esta agravada pela contracção provocada pela entrada em aresta viva.

Na passagem da cheia centenária são estimadas velocidades de 12 m/s no interior da ponte. Estas velocidades provocam a ocorrência de uma erosão localizada sob a ponte e, que de acordo com os levantamentos efectuados atingem quase 1,5 m, relativamente aos fundos imediatamente a montante.

O funcionamento da ponte é, além disto, prejudicado pela existência do açude dos Caniços que provoca não só a sobrelevação dos níveis líquidos mas, também, o assoreamento dos fundos.

A ponte transversalmente ao rio apresenta um vão total da ordem dos 13,5 m. Todavia, o rio apresenta um vão um pouco mais largo, no sentido da margem direita, atingindo 17,5 m na sua boca.

Das circunstâncias apontadas, decorreu a análise de duas situações, ambas fundamentadas na substituição da actual ponte por uma nova ponte: solução com vão livre de 13,5 m e solução com vão livre de 17,5 m. Da análise destas duas soluções verificou-se que a primeira conduzia a ganhos muito reduzidos no rebaixamento da superfície livre e não seria aconselhável por não defender a ponte de ser galgada, dado que a energia mínima do escoamento a montante atingiu a cota 40,95 m ( $T=100$  anos), em regime crítico, estando o tabuleiro à cota 40,36 m. Decidiu-se por isso avançar para a outra solução, se bem que à mesma tivessem que se aduzir mais algumas intervenções, complementarmente à substituição da ponte, tal como referido seguidamente.

#### **Solução preconizada:**

- i) Ponte com vão livre de 17,5 m, fundo à cota 35,30 m, secção molhada de 70 m<sup>2</sup> e transições suaves para as margens do rio a montante e a jusante;
- ii) Rebaixamento do leito desde a jusante da ponte dos Caniços até ao Açude dos Caniços;
- iii) Instalação no Açude dos Caniços de uma comporta insuflável de 5,0 x 3,0 m<sup>2</sup>, de vão livre e soleira à cota 35,0 m;
- iv) Redução da energia do escoamento a montante para a cota 40,22 m ( $T = 100$  anos) que se posiciona abaixo da cota do tabuleiro (40,36 m), o que permite eliminar a condição de galgamento imposto pela actual ponte.



#### **3.3.1.4 Ponte Pedonal a montante da Ponte Afonso Zuquete**

De acordo com informação da LeiriaPolis pretende-se construir uma Ponte Pedonal a montante da Ponte Afonso Zuquete. Esta ponte pedonal localizar-se-ia exactamente no perfil de uma antiga ponte aproveitando inclusivamente as fundações remanescentes dos antigos pilares. Trata-se de uma obra claramente vocacionada para a fruição do espaço ribeirinho e que reforça e melhora a qualidade paisagística da zona urbana em que se insere.

Todavia, a sua execução tem que obedecer aos preceitos derivados do estudo hidráulico, tendo como ponto essencial a segurança de pessoas e, no que se refere ao rio Lis, não pode implicar prejuízos no funcionamento hidráulico. Nestas condições trata-se de uma solução inteiramente realizável desde que a cota inferior do seu tabuleiro esteja acima da cota 32,6 m, por forma a garantir uma folga mínima de 0,5 m acima da superfície livre do escoamento relativo à cheia de 100 anos. Também, os pilares de apoio instalado no leito do rio não devem apresentar larguras superiores a 2,5 m, nem vãos livres entre pilares consecutivos inferiores a 7,5 m. Por outro lado, tanto a cabeça como a cauda dos pilares devem ser arredondados até à cota 32,0 m.

#### **3.3.1.5 Novo Açude no perfil L10 a montante da Ponte dos Caniços**

De acordo com informação da LeiriaPolis pretende-se construir um açude no Perfil L10, no sentido de criar uma zona de recreio e lazer, junto à confluência do Sirol.

Para além da criação do espelho de água o açude tem também, naturalmente, que funcionar por forma a não ampliar a frequência ou extensão das inundações provocadas pelos os caudais elevados. Refira-se que o rio Lis na zona para montante do açude, particularmente, entre os perfis L7 a L10, apresenta uma configuração típica de secção composta de leito menor claramente definido e zonas marginais de inundação.

Para se entender o funcionamento do rio Lis neste troço comparam-se, no quadro seguinte, os níveis atingidos pelas cheias de 100 e 10 anos, na situação actual, com a cota da margem mais baixa de cada um dos perfis.

| Perfil | Cota da margem mais baixa do leito menor (m) | Níveis (m) |          |
|--------|----------------------------------------------|------------|----------|
|        |                                              | 10 anos    | 100 anos |
| L7     | 41,23                                        | 41,57      | 42,93    |
| L8     | 39,98                                        | 41,44      | 42,80    |
| L9     | 39,58                                        | 41,21      | 42,50    |
| L10    | 39,06                                        | 40,94      | 42,12    |

Pelos os valores do quadro verifica-se que mesmo para a cheia de 10 anos o rio transborda, relativamente ao seu leito menor, no troço em causa.

A observação anterior reforça o condicionamento atrás apontado ao açude e que consubstancia na condição do mesmo não alterar em situação de cheias as condições do escoamento actual. Nestas circunstâncias considera-se que as condições a que o açude deve obedecer são as seguintes.

**Solução preconizada:**

- i) Açude insuflável com 3,0 m de altura, nível de retenção à cota 38,50 m, cerca de 0,20 m inferior à menor das cotas das margens, após reperfilamento da secção para implantação do açude; soleira à cota 35,50 m de 10 m de largura;
- ii) Esvaziamento automático total com níveis de água a montante do açude superiores à cota 38,85 m (caudal de 6,5 m<sup>3</sup>/s);
- iii) Custo estimado: 25 000 contos.

### 3.3.1.6 Rebaixamento do muro existente na margem esquerda entre as pontes Afonso Zuquete e Hintze Ribeiro

De acordo com a solicitação da LeiriaPolis analisou-se a eventualidade do rebaixamento do muro existente na margem esquerda, entre as pontes Afonso Zuquete e Hintze Ribeiro. Este muro lateral ao rio separa este da zona urbana envolvente, marcada por uma estrada paralela ao rio, protegendo-a da inundação que poderá resultar das cheias do rio Lis. Esta é, portanto, uma condição primordial que o eventual rebaixamento não pode prejudicar, sob pena de função lúdica e de visualização da paisagem a segurança de pessoas e bens, que de facto não pode estar em causa. Assim, comparando os níveis da cheia centenária na situação actual com os níveis do topo do muro é possível determinar a folga existente e averiguar da possibilidade da sua redução, mantendo níveis de segurança elevados.

| Perfil (modelo) | Cota (m) | Perfil terreno | Muro existente | Folga |
|-----------------|----------|----------------|----------------|-------|
| P24             | 33,25    | L15            | 34,70          | 0,55  |
| P25             | 32,08    |                |                |       |
| P26             | 32,10    |                |                |       |
| P27             | 32,35    |                |                |       |
| P28             | 32,09    |                |                |       |
| P29             | 32,10    | L16            | 32,42          | 0,32  |
| P30             | 32,11    |                |                |       |

Do quadro observa-se que a folga existente para a cheia de 100 anos é somente de 0,55 m a montante e de 0,32 m a jusante. De acordo com estes valores propõe-se a seguinte solução.

**Solução preconizada:**

- i) Manutenção do muro existente nas suas cotas actuais;
- ii) Recomenda-se para complemento do muro a execução de um caminho pedonal sobre-elevado ao longo do muro, que além, de permitir a fruição visual do rio pode servir para reforçar a estabilidade deste em situação de águas altas com fortes impulsões do lado do rio.

### 3.3.1.7 “Açude da Fonte Quente”

Neste ponto torna-se oportuno referir a importância de uma correcta exploração de todos os açudes existentes por forma a que estes não se encontrem fechados em pleno período chuvoso.

No caso particular do “Açude da Fonte Quente” considera-se de risco a existência duma estrutura sem as devidas condições de segurança dado que o seu colapso, pode causar danos no “Açude do Arrabalde”, uma vez que neste último açude as comportas são colocadas automaticamente em posições compatíveis para garantir que os níveis de água a montante permaneçam com valor sensivelmente constante e próximo da cota 27,10 m, ou seja, a uma cota idêntica à do fundo na secção onde, presentemente, é instalado um açude provisório (imediatamente a montante da ponte pedonal ao perfil L19). Há, assim, a considerar três aspectos:

- tipo de estrutura a adoptar;
- local de implantação;
- arranjo arquitectónico e enquadramento paisagístico.

Apesar do tipo de estrutura e respectivo custo ser condicionante é de encarar três hipóteses para o Açude da Fonte Quente:

- insuflável e com esvaziamento automático em função do limite máximo da carga sobre o próprio açude (idêntico ao preconizado para o perfil L10);
- de portadas com ensecadeiras móveis (de madeira);
- com um pilar central e duas comportas abatíveis do tipo de charneira (idêntico ao do Arrabalde).

Considera-se a primeira hipótese globalmente mais atraente embora se admita que, apenas no respeitante à segurança física da estrutura, a custos mais moderados, seja de encarar um açude do tipo do representado na Figura 9. É uma hipótese possível apesar de não se poder automatizar a total abertura e da conservação ser pouco prática. Como vantagens deste tipo de açudes regista-se, para além do custo (que se pode estimar em cerca de 15 000 contos), não terem grandes exigências técnicas de manutenção, serem de integração paisagística relativamente fácil e incorporarem um passadiço.

Em último caso, dada a finalidade e custo das comportas que, incluindo o respectivo equipamento de manobra e demais automatismos, ascende a valores superiores a 18 000 contos, não se afigura vantajoso.

Para finalizar refira-se a vantagem de adoptar açudes do mesmo tipo para a zona do perfil L10 (a montante da Ponte dos Caniços) e da “Fonte Quente”, quer ao nível dos projectos e das obras, quer ao nível da manutenção.

### **Solução preconizada:**

Açude insuflável, de altura a definir, com esvaziamento automático em função do limite máximo da carga sobre o próprio açude e localizado junto ao perfil L20, ou seja, afastado da curva existente de cerca de 20 m (aproximadamente uma largura do rio).

### 3.3.2 Outras intervenções complementares

Além das mediadas anteriormente propostas é fundamental que se executem outras medidas, nomeadamente:

- i) alteamento da margem esquerda do rio Lis entre a ponte do Arrabalde e a ponte do IC2;
- ii) protecção das pontes e passadiços pedonais;
- iii) garantia de uma correcta exploração dos açudes da Fonte Quente e do Arrabalde;
- iv) sempre que o rasto de leito menor do rio Lis for inferior a 5,0 m, este deve ser reperfilado para garantir esta dimensão mínima;
- v) limpeza da vegetação marginal e remoção ou eliminação dos exemplares arbóreos existentes no fundo do leito menor do rio Lis, com destaque para a zona a montante da ponte dos Caniços;
- vi) realização das necessárias actividades de prospecção geológica tendo em vista a construção dos parques ou outras infra-estruturas subterrâneas.

Relativamente ao primeiro caso, sugere-se a realização de um murete de protecção entre o caminho pedonal existente e o talude do rio que salvguarde as cotas seguintes:

| <b>Perfil</b> | <b>Nível calculado (m)</b> | <b>Cota mínima do topo do muro (m)</b> |
|---------------|----------------------------|----------------------------------------|
| L24           | 29,42                      | 29,57                                  |
| L25           | 29,20                      | 29,35                                  |
| L26           | 29,09                      | 29,24                                  |
| L27           | 28,33                      | 28,48                                  |

Ou seja, os níveis calculados acrescidos de uma folga mínima de 0,15 m.

No respeitante às pontes e passadiços pedonais existentes ou a construir, segunda situação apresentada, há a observar que, em situação de cheia, devem ficar garantidas as cotas dos muros laterais existentes. Sugere-se que sejam colocados painéis de eixo lateral tipo porta estanque lateral e inferiormente.

Para finalizar há ainda a referir que para a construção de infra-estruturas subterrâneas do tipo de parques para viaturas, é imprescindível proceder à execução de um “Programa de Prospecção”. Deste modo, havendo necessidade de proceder a

escavações até cotas inferiores às do leito do rio, é indispensável a execução trabalhos de prospecção e ensaios cujos objectivos são a determinação de:

- a) condições de fundação das infra-estruturas;
- b) escavabilidade dos materiais - escaváveis, ripaveis ou desmonte a fogo e martelo demolidor;
- c) permeabilidade dos terrenos com vista ao cálculo dos caudais a bombear durante a execução da obra;
- d) superfície piezométrica para ter em conta no projecto estrutural eventuais subpressões.

Para o efeito preconiza-se a execução dos seguintes trabalhos de prospecção e ensaios:

- 1 - Reconhecimento geológico de pormenor do local.
- 2 - Execução de, pelo menos, cinco sondagens de furação à percussão e/ou rotação com carotagem, as quais devem ultrapassar no mínimo três metros a cota prevista para a laje inferior da estrutura, acompanhados de ensaios de permeabilidade do tipo Lugeon nos níveis rochosos e Lefranc nos níveis terrosos.
- 3 - Coordenação das sondagens (em X,Y,Z).
- 4 - Colheita de amostras metro a metro nos níveis terrosos e carotagem contínua nos níveis rochosos.
- 5 - Execução de ensaios SPT de metro a metro nos níveis terrosos.
- 6 - Instalação de piezómetros de tubo aberto em pelo menos três das sondagens e recolha de duas amostras de água para análise química.

Todas as amostras devem ser devidamente identificadas e acondicionadas em caixas próprias.

A monitorização dos piezómetros deve ser feita simultaneamente com a leitura do nível do rio Lis, no ponto mais próximo possível.

O programa que se propõe poderá sofrer alterações em consequência do reconhecimento geológico de pormenor referido em 1 -.

### **3.3.3 Alterações do regime hidráulico e zonas de inundação futuras decorrentes das intervenções propostas**

As intervenções localizadas têm uma influência reduzida e mais marcada imediatamente a montante das zonas de intervenção face, em grande medida, ao forte pendente longitudinal do rio. Nestas condições o panorama das inundações aparece localmente melhorada mas, na generalidade pouco alterado face, especialmente, à cheia de 100 anos (Figura 8).

Para o período de retorno de 100 anos a delimitação das áreas inundadas na zona de intervenção da LeiriaPolis, é indicada nos Desenhos 300.00.01.OBH.LV.AL.019.00 a 300.00.01.OBH.LV.AL.022.00.

A alteração mais significativa é a proposta de substituição da ponte dos Caniços, a qual é galgada para qualquer das quatro cheias analisadas ( $T = 100, 50, 25$  e  $10$  anos) e após a sua substituição, nas condições indicadas em 3.3.1.2, permitirá inclusive a passagem de qualquer cheia ( $T=100$  anos).

A redução integral das inundações só seria possível com a execução de muros contínuos laterais ao rio em todo o troço analisado, solução não só extremamente cara como inestética e de forte impacte negativo na paisagem, provocando uma quebra da ligação da envolvente e da população ao rio.

### **3.3.4 Inter-relação entre os Planos de Pormenor e o estudo hidrológico/hidráulico do rio Lis**

Tendo em conta a delimitação das áreas inundadas na zona de intervenção da LeiriaPolis, para o período de retorno de 100 anos, os aspectos que se consideram mais significativos em termos de relacionamento entre os Planos de Pormenor e o presente estudo são indicados em seguida.

- As cotas a que deve ficar a parte inferior dos tabuleiros das travessias pedonais e respectivos acessos devem ser as indicadas no quadro seguinte

| <b>Localização</b>                                     | <b>Cota (m)</b> |
|--------------------------------------------------------|-----------------|
| Perfil L2                                              | 46,00           |
| Perfil L5                                              | 44,50           |
| Entre o perfil L10 e o L11                             | 41,00           |
| Entre o perfil L10 o Açude da Central (jusante do L13) | 36,50           |
| A jusante da ponte Hintze Ribeiro (L14)                | 33,15           |
| A montante da ponte Afonso Zuquete (L16)               | 33,00           |

- No caso das construções localizadas entre a travessia pedonal no perfil L5 e a ponte da Nova Variante (L7), caso não sejam protegidas das inundações por diques marginais ao rio Lis, devem situar-se em plataformas que estejam acima da cota 44,50 m.
- No troço do rio compreendido entre 5 m a montante e 10 m a jusante da Ponte da Nova variante deve proceder-se ao reperfilamento com as características seguintes:
  - Rasto mínimo: 7,5 m à cota máxima de 38,15 m
  - Talude da margem direita com inclinação 1:2 (V:H), Talude da margem esquerda com inclinação 1:2,5 (V:H), definido entre o rasto e o pilar central da ponte
  - Protecção do rasto e dos taludes com colchão Reno ou enrocamento, limitado inferiormente com geotêxtil, até à cota do encontro da margem direita, garantindo a envolvência do pilar central da ponte.
- A ETAR localizada a jusante da ponte da Nova Variante, na margem direita do rio Lis, deve estar protegida à cota 43,00 m.
- O troço envolvente do rio Lis a jusante do perfil L9 até ao perfil L10 deve ser protegida para a cota 42,50 m.
- A montante da ponte Hintze Ribeiro (L14) deve proceder-se à manutenção sustentável da galeria ripícola, com eventual eliminação de espécies de porte arbóreo e arbustivo, caso estas se localizem em zonas que provoquem condicionantes ao escoamento, ou seja, no fundo do leito menor do rio.

- Nas extremidades das pontes e passadiços pedonais existentes, em situação de cheia devem ficar garantidas as cotas dos muros existentes. Sugere-se que sejam colocados painéis de eixo lateral tipo “porta estanque” abertos superiormente.
- O Açude da “Fonte Quente” deve ser construído de forma e em local a analisar e com o devido enquadramento paisagístico.
- Na margem esquerda a jusante da ponte do Arrabalde (L24 a L27) deverá ser executada uma protecção (muro) confinando o talude do rio, cujo topo tenha declive constante e garanta as cotas indicados em 3.3.2, ou seja, os níveis calculados acrescidos de uma folga mínima de 0,15 m.
- Deverá proceder-se à realização de estudos conducentes à definição das obras de correcção torrencial, quer no que respeita a estruturas de amortecimento ou retenção de material lenhoso e respectiva intervenção de valorização paisagística das áreas envolventes das margens, designadamente na ribeira do Sirol a montante da “Ponte dos Pousos”.
- Proceder à remoção de todas as estruturas (açudes ou derivações, antigas captações) existentes no leito do rio a montante da ponte da Nova Variante que não estando a ser utilizadas não tenham qualquer tipo de classificação patrimonial. Contrariamente, para todo o troço estudado, devem ser reparadas todas as antigas estruturas consideradas como património a manter. Refira-se que se incluem neste caso, para além da reposição de antigas noras ou moinhos, os “desvios” para a central eléctrica e, eventualmente, a própria central, e a levada, também da margem direita, com início junto à ponte Hintze Ribeiro.
- Realização das necessárias actividades de prospecção geológica tendo em vista a construção dos parques subterrâneos conforme indicado em 3.3.2.

## BIBLIOGRAFIA

## Bibliografia

- [1] DIRECÇÃO GERAL DOS RECURSOS E APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS, “*Escoamentos até 1984/85*”, Lisboa, 1986.
- [2] DIRECÇÃO GERAL DOS RECURSOS E APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS, “*Dados Pluviométricos 1900/01 a 1984/85*”, Lisboa, 1986.
- [3] FBO Consultores et al, *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lis*, 1998.
- [4] HIDROPROJECTO, *Projectos de Execução da Reabilitação dos Açudes do Arrabalde e das Salgadas*, 1999.
- [5] HIDROTÉCNICA, *Plano Complementar de Valorização do Rio Liz*, 1971.
- [6] LENCASTRE, A. E FRANCO, F.M., *Lições de Hidrologia*. Universidade Nova de Lisboa, 1984.
- [7] LENCASTRE, A., *Hidráulica Geral*. HIDROPROJECTO, 1983.

QUADROS

## Lista de quadros

- 3.1 (Rev 00 – 2001-07-27) – Envolventes dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis com período de retorno de 10 anos e resultante numa chuva com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis
- 3.2 (Rev 00 – 2001-07-27) – Envolventes dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis com período de retorno de 25 anos e resultante numa chuva com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis
- 3.3 (Rev 00 – 2001-07-27) – Envolventes dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis com período de retorno de 50 anos e resultante numa chuva com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis
- 3.4 (Rev 00 – 2001-07-27) – Envolventes dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis com período de retorno de 100 anos e resultante numa chuva com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis
- 3.5 (Rev 00 – 2001-07-27) – Envolventes dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis, no troço de intervenção da Leiria Polis, após as intervenções propostas no presente Estudo.

**Quadro 3.1** (Rev 00) - Envoltórios dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis, com período de retorno de 10 anos e resultante numa chuvada com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis.

| Nº Perfil<br>no<br>modelo | Valores máximos  |              |                   |        | Referências      |                                      |
|---------------------------|------------------|--------------|-------------------|--------|------------------|--------------------------------------|
|                           | Caudal<br>(m³/s) | Nível<br>(m) | Velocid.<br>(m/s) | Froude | Perfil<br>topog. | Estruturas e/ou Obras de arte        |
| 1                         | 67,40            | 44,20        | 2,21              | 0,89   | L 1              | Início do troço em estudo            |
| 2                         | 67,24            | 43,66        | 2,14              | 0,72   | L 2              |                                      |
| 3                         | 67,19            | 43,28        | 1,77              | 0,47   | L 3              | Montante Pte S.Romão                 |
| 4                         | 67,19            | 43,05        | 1,87              | 0,50   | ≅ L 4            | Jusante Pte                          |
| 5                         | 67,34            | 43,01        | 1,90              | 0,56   | L 4              | Queda                                |
| 6                         | 67,34            | 42,34        | 2,26              | 0,48   | L 5              | Jusante queda                        |
| 7                         | 67,29            | 41,83        | 2,30              | 0,94   | L 5A             | Açude a jusante Pte S.Romão          |
| 8                         | 67,29            | 41,61        | 2,23              | 0,59   | L 5B             |                                      |
| 9                         | 66,90            | 41,57        | 1,57              | 0,61   | L 7              | Montante Pte Variante                |
| 10                        | 66,90            | 41,57        | 1,51              | 0,44   | ≅ L 7            | Jusante Pte                          |
| 11                        | 65,31            | 41,44        | 1,28              | 0,90   | L 8              | Montante confl. Sirol                |
| 12                        | 122,97           | 41,21        | 1,91              | 0,75   | L 9              |                                      |
| 13                        | 122,67           | 40,94        | 2,17              | 0,73   | L 10             | Local aprox. futuro Açude            |
| 14                        | 122,67           | 41,00        | 1,76              | 0,56   | ≅ L11            |                                      |
| 15                        | 122,46           | 40,38        | 2,09              | 0,41   | L 11             | Montante Pte Caniços                 |
| 16                        | 122,46           | 39,39        | 2,25              | 0,46   | L 12             | Jusante Pte                          |
| 17                        | 123,02           | 39,14        | 1,72              | 0,38   | (a)              | Açude dos Caniços                    |
| 18                        | 123,02           | 36,01        | 1,40              | 0,28   | (b)              |                                      |
| 19                        | 123,58           | 35,29        | 2,98              | 0,69   | L13              | Junto à Igreja Sto Agostinho         |
| 20                        | 123,82           | 34,76        | 1,60              | 0,35   | (a)              | Açude da Central                     |
| 21                        | 123,82           | 32,63        | 0,82              | 0,24   | (b)              |                                      |
| 22                        | 124,14           | 32,50        | 1,96              | 0,42   | L14              | Montante Pte Hintze Ribeiro          |
| 23                        | 124,14           | 31,96        | 3,34              | 0,88   | ≅ L14/15         | Jusante Pte                          |
| 24                        | 123,58           | 31,71        | 3,60              | 0,82   | L15              | Queda                                |
| 25                        | 123,58           | 31,02        | 3,75              | 0,76   | ≅ L15            | Jusante queda                        |
| 26                        | 123,82           | 30,86        | 2,82              | 0,56   | (b)              |                                      |
| 27                        | 123,84           | 30,99        | 1,95              | 0,39   | (b)              |                                      |
| 28                        | 123,65           | 30,71        | 2,11              | 0,47   | (c)              | Montante Futura Pte Pedonal          |
| 29                        | 123,65           | 30,73        | 2,01              | 0,44   | L16              | Montante Pte Afonso Zuquete          |
| 30                        | 123,65           | 30,73        | 1,98              | 0,44   | ≅ L16            |                                      |
| 31                        | 123,36           | 30,35        | 1,67              | 0,32   | L17              | Montante Pte Pedonal (de montante)   |
| 32                        | 123,36           | 30,27        | 1,66              | 0,32   | ≅ L17            |                                      |
| 33                        | 123,47           | 29,82        | 2,38              | 0,48   | L18              | Entre as pontes pedonais             |
| 34                        | 123,47           | 29,29        | 2,80              | 0,74   | L19              | Mont. Pte Açude (Pedonal de jusante) |
| 35                        | 123,47           | 29,30        | 2,72              | 0,68   | ≅ L19            | Jusante Pte Açude                    |
| 36                        | 123,41           | 29,12        | 2,70              | 0,85   | ≅ L19            | Queda                                |
| 37                        | 123,41           | 29,05        | 1,84              | 0,50   | L20              | Jusante queda                        |
| 38                        | 123,44           | 28,77        | 2,46              | 0,56   | L21              |                                      |
| 39                        | 123,23           | 28,44        | 2,44              | 0,55   | L22              | Montante Pte Sá Carneiro             |
| 40                        | 123,23           | 28,37        | 2,48              | 0,54   | ≅ L22            |                                      |
| 41                        | 123,18           | 28,01        | 2,58              | 0,69   | L23              |                                      |
| 42                        | 123,38           | 27,96        | 1,91              | 0,59   | L24              | Montante Pte Arrabalde               |
| 43                        | 123,38           | 27,97        | 1,72              | 0,51   | ≅ L24            |                                      |
| 44                        | 122,90           | 27,70        | 3,44              | 1,05   | L25              |                                      |
| 45                        | 123,27           | 27,54        | 1,51              | 0,43   | L26              | Montante Açude Arrabalde             |
| 46                        | 123,27           | 27,04        | 1,76              | 0,35   | L27              | Jusante Açude                        |
| 47                        | 122,27           | 26,76        | 2,16              | 1,24   | L28              |                                      |
| 48                        | 121,85           | 26,56        | 1,96              | 0,37   | L29              | Montante Pte IC2                     |
| 49                        | 121,88           | 26,54        | 1,93              | 0,36   | ≅ L29            |                                      |
| 50                        | 120,26           | 26,26        | 1,92              | 1,14   | (c)              |                                      |
| 51                        | 115,48           | 26,05        | 1,82              | 1,65   | L30              |                                      |
| 52                        | 110,53           | 25,86        | 1,67              | 1,37   | (c)              |                                      |
| 53                        | 109,90           | 25,69        | 1,63              | 1,13   | L31              | Montante Conf. rio Lena              |
| 54                        | 207,64           | 24,95        | 2,64              | 0,47   | (c)              | Jusante Lena                         |
| 55                        | 207,22           | 24,88        | 2,63              | 0,47   | (c)              | Final                                |

(a) - De acordo com os alçados realizados

(b) - Com base na topografia realizada

(c) - Extraído da topografia à escala 1:1 000

**Quadro 3.2** (Rev 00) - Envoltentes dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis, com período de retorno de 25 anos e resultante numa chuvada com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis.

| Nº Perfil<br>no<br>modelo | Valores máximos  |              |                   |        | Referências      |                                      |
|---------------------------|------------------|--------------|-------------------|--------|------------------|--------------------------------------|
|                           | Caudal<br>(m³/s) | Nível<br>(m) | Velocid.<br>(m/s) | Froude | Perfil<br>topog. | Estruturas e/ou Obras de arte        |
| 1                         | 88,80            | 44,61        | 2,42              | 1,13   | L 1              | Início do troço em estudo            |
| 2                         | 87,66            | 44,12        | 2,32              | 1,23   | L 2              |                                      |
| 3                         | 87,30            | 43,80        | 1,84              | 0,49   | L 3              | Montante Pte S.Romão                 |
| 4                         | 87,30            | 43,62        | 1,89              | 0,51   | ≅ L 4            | Jusante Pte                          |
| 5                         | 87,46            | 43,59        | 1,91              | 0,56   | L 4              | Queda                                |
| 6                         | 87,46            | 42,78        | 2,47              | 0,75   | L 5              | Jusante queda                        |
| 7                         | 87,16            | 42,36        | 2,40              | 1,22   | L 5A             | Açude a jusante Pte S.Romão          |
| 8                         | 87,16            | 42,09        | 2,38              | 1,17   | L 5B             |                                      |
| 9                         | 86,26            | 42,10        | 1,56              | 0,65   | L 7              | Montante Pte Variante                |
| 10                        | 86,26            | 42,11        | 1,52              | 0,46   | ≅ L 7            | Jusante Pte                          |
| 11                        | 84,25            | 41,98        | 1,40              | 0,94   | L 8              | Montante confl. Sirol                |
| 12                        | 161,80           | 41,71        | 1,90              | 0,85   | L 9              |                                      |
| 13                        | 161,15           | 41,41        | 2,39              | 0,79   | L 10             | Local aprox. futuro Açude            |
| 14                        | 161,15           | 41,48        | 2,05              | 0,77   | ≅ L11            |                                      |
| 15                        | 160,87           | 40,71        | 2,49              | 0,68   | L 11             | Montante Pte Caniços                 |
| 16                        | 160,87           | 39,61        | 2,70              | 0,60   | L 12             | Jusante Pte                          |
| 17                        | 161,51           | 39,34        | 2,02              | 0,42   | (a)              | Açude dos Caniços                    |
| 18                        | 161,51           | 36,40        | 1,59              | 0,29   | (b)              |                                      |
| 19                        | 163,15           | 35,47        | 3,58              | 0,81   | L13              | Junto à Igreja Sto Agostinho         |
| 20                        | 163,07           | 34,92        | 1,87              | 0,38   | (a)              | Açude da Central                     |
| 21                        | 163,07           | 33,32        | 0,83              | 0,24   | (b)              |                                      |
| 22                        | 163,52           | 33,17        | 2,06              | 0,42   | L14              | Montante Pte Hintze Ribeiro          |
| 23                        | 163,52           | 32,50        | 3,65              | 0,89   | ≅ L14/15         | Jusante Pte                          |
| 24                        | 162,53           | 32,29        | 3,83              | 0,98   | L15              | Queda                                |
| 25                        | 162,53           | 31,44        | 4,23              | 0,80   | ≅ L15            | Jusante queda                        |
| 26                        | 162,94           | 31,33        | 3,14              | 0,58   | (b)              |                                      |
| 27                        | 163,04           | 31,51        | 2,16              | 0,39   | (b)              |                                      |
| 28                        | 163,16           | 31,24        | 2,30              | 0,49   | (c)              | Montante Futura Pte Pedonal          |
| 29                        | 163,16           | 31,26        | 2,21              | 0,47   | L16              | Montante Pte Afonso Zuquete          |
| 30                        | 163,16           | 31,26        | 2,18              | 0,47   | ≅ L16            |                                      |
| 31                        | 162,75           | 30,90        | 1,84              | 0,32   | L17              | Montante Pte Pedonal (de montante)   |
| 32                        | 162,75           | 30,79        | 1,84              | 0,33   | ≅ L17            |                                      |
| 33                        | 162,93           | 30,31        | 2,62              | 0,51   | L18              | Entre as pontes pedonais             |
| 34                        | 162,95           | 29,80        | 2,98              | 0,74   | L19              | Mont. Pte Açude (Pedonal de jusante) |
| 35                        | 162,95           | 29,81        | 2,91              | 0,68   | ≅ L19            | Jusante Pte Açude                    |
| 36                        | 162,54           | 29,68        | 2,85              | 0,85   | ≅ L19            | Queda                                |
| 37                        | 162,54           | 29,61        | 1,92              | 0,50   | L20              | Jusante queda                        |
| 38                        | 161,93           | 29,28        | 2,73              | 0,61   | L21              |                                      |
| 39                        | 162,54           | 28,98        | 2,65              | 0,55   | L22              | Montante Pte Sá Carneiro             |
| 40                        | 162,54           | 28,87        | 2,73              | 0,54   | ≅ L22            |                                      |
| 41                        | 162,20           | 28,50        | 2,66              | 0,69   | L23              |                                      |
| 42                        | 161,84           | 28,52        | 1,91              | 0,59   | L24              | Montante Pte Arrabalde               |
| 43                        | 161,84           | 28,52        | 1,72              | 0,51   | ≅ L24            |                                      |
| 44                        | 162,28           | 28,26        | 3,44              | 1,05   | L25              |                                      |
| 45                        | 162,41           | 28,13        | 1,65              | 0,63   | L26              | Montante Açude Arrabalde             |
| 46                        | 162,41           | 27,54        | 1,94              | 0,56   | L27              | Jusante Açude                        |
| 47                        | 161,07           | 27,25        | 2,45              | 1,52   | L28              |                                      |
| 48                        | 159,51           | 27,08        | 2,21              | 0,67   | L29              | Montante Pte IC2                     |
| 49                        | 159,18           | 27,07        | 2,18              | 0,65   | ≅ L29            |                                      |
| 50                        | 155,34           | 26,82        | 2,17              | 1,63   | (c)              |                                      |
| 51                        | 145,11           | 26,66        | 2,00              | 2,01   | L30              |                                      |
| 52                        | 135,92           | 26,51        | 1,73              | 1,56   | (c)              |                                      |
| 53                        | 136,71           | 26,38        | 1,80              | 1,30   | L31              | Montante Conf. rio Lena              |
| 54                        | 259,08           | 25,64        | 2,70              | 0,47   | (c)              | Jusante Lena                         |
| 55                        | 258,39           | 25,57        | 2,68              | 0,47   | (c)              | Final                                |

(a) - De acordo com os alçados realizados

(b) - Com base na topografia realizada

(c) - Extraído da topografia à escala 1:1 000

**Quadro 3.3** (Rev 00) - Envoltórios dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis, com período de retorno de 50 anos e resultante duma chuvada com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis.

| Nº Perfil<br>no<br>modelo | Valores máximos               |              |                   |        | Referências      |                                      |
|---------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------|--------|------------------|--------------------------------------|
|                           | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Nível<br>(m) | Velocid.<br>(m/s) | Froude | Perfil<br>topog. | Estruturas e/ou Obras de arte        |
| 1                         | 107,90                        | 45,02        | 2,49              | 1,26   | L 1              | Início do troço em estudo            |
| 2                         | 105,84                        | 44,64        | 2,40              | 1,50   | L 2              |                                      |
| 3                         | 105,04                        | 44,45        | 1,78              | 0,71   | L 3              | Montante Pte S.Romão                 |
| 4                         | 105,04                        | 44,10        | 1,90              | 0,57   | ≅ L 4            | Jusante Pte                          |
| 5                         | 105,24                        | 44,08        | 1,92              | 0,59   | L 4              | Queda                                |
| 6                         | 105,24                        | 43,16        | 2,61              | 1,15   | L 5              | Jusante queda                        |
| 7                         | 104,83                        | 42,79        | 2,56              | 1,31   | L 5A             | Açude a jusante Pte S.Romão          |
| 8                         | 104,83                        | 42,49        | 2,59              | 1,27   | L 5B             |                                      |
| 9                         | 103,89                        | 42,55        | 1,66              | 0,71   | L 7              | Montante Pte Variante                |
| 10                        | 103,89                        | 42,55        | 1,62              | 0,50   | ≅ L 7            | Jusante Pte                          |
| 11                        | 103,73                        | 42,42        | 1,49              | 1,02   | L 8              | Montante confl. Sirol                |
| 12                        | 196,13                        | 42,14        | 1,94              | 0,91   | L 9              |                                      |
| 13                        | 195,60                        | 41,80        | 2,61              | 0,81   | L 10             | Local aprox. futuro Açude            |
| 14                        | 195,60                        | 41,88        | 2,26              | 0,92   | ≅ L11            |                                      |
| 15                        | 195,10                        | 41,02        | 2,77              | 0,90   | L 11             | Montante Pte Caniços                 |
| 16                        | 195,10                        | 39,78        | 3,08              | 0,73   | L 12             | Jusante Pte                          |
| 17                        | 195,77                        | 39,51        | 2,25              | 0,45   | (a)              | Açude dos Caniços                    |
| 18                        | 195,77                        | 36,71        | 1,73              | 0,30   | (b)              |                                      |
| 19                        | 197,92                        | 35,59        | 4,14              | 0,93   | L13              | Junto à Igreja Sto Agostinho         |
| 20                        | 198,36                        | 35,05        | 2,07              | 0,40   | (a)              | Açude da Central                     |
| 21                        | 198,36                        | 33,89        | 0,83              | 0,24   | (b)              |                                      |
| 22                        | 198,94                        | 33,73        | 2,12              | 0,42   | L14              | Montante Pte Hintze Ribeiro          |
| 23                        | 198,94                        | 32,96        | 3,87              | 0,89   | ≅ L14/15         | Jusante Pte                          |
| 24                        | 197,24                        | 32,78        | 4,00              | 0,98   | L15              | Queda                                |
| 25                        | 197,24                        | 31,77        | 4,59              | 0,83   | ≅ L15            | Jusante queda                        |
| 26                        | 197,86                        | 31,72        | 3,38              | 0,58   | (b)              |                                      |
| 27                        | 197,76                        | 31,95        | 2,32              | 0,39   | (b)              |                                      |
| 28                        | 197,76                        | 31,67        | 2,44              | 0,50   | (c)              | Montante Futura Pte Pedonal          |
| 29                        | 197,76                        | 31,69        | 2,36              | 0,48   | L16              | Montante Pte Afonso Zuquete          |
| 30                        | 197,76                        | 31,69        | 2,34              | 0,49   | ≅ L16            |                                      |
| 31                        | 198,27                        | 31,35        | 1,97              | 0,33   | L17              | Montante Pte Pedonal (de montante)   |
| 32                        | 198,27                        | 31,21        | 1,99              | 0,33   | ≅ L17            |                                      |
| 33                        | 197,49                        | 30,71        | 2,81              | 0,63   | L18              | Entre as pontes pedonais             |
| 34                        | 197,35                        | 30,24        | 3,12              | 0,77   | L19              | Mont. Pte Açude (Pedonal de jusante) |
| 35                        | 197,35                        | 30,25        | 3,06              | 0,75   | ≅ L19            | Jusante Pte Açude                    |
| 36                        | 196,66                        | 30,13        | 2,99              | 0,85   | ≅ L19            | Queda                                |
| 37                        | 196,66                        | 30,05        | 1,96              | 0,50   | L20              | Jusante queda                        |
| 38                        | 197,13                        | 29,71        | 2,92              | 0,64   | L21              |                                      |
| 39                        | 196,88                        | 29,43        | 2,78              | 0,54   | L22              | Montante Pte Sá Carneiro             |
| 40                        | 196,88                        | 29,26        | 2,90              | 0,54   | ≅ L22            |                                      |
| 41                        | 196,23                        | 28,92        | 2,81              | 0,69   | L23              |                                      |
| 42                        | 196,86                        | 28,97        | 1,90              | 0,58   | L24              | Montante Pte Arrabalde               |
| 43                        | 196,86                        | 28,97        | 1,72              | 0,50   | ≅ L24            |                                      |
| 44                        | 196,53                        | 28,74        | 3,45              | 1,05   | L25              |                                      |
| 45                        | 196,88                        | 28,62        | 1,72              | 0,74   | L26              | Montante Açude Arrabalde             |
| 46                        | 196,88                        | 27,95        | 2,07              | 0,74   | L27              | Jusante Açude                        |
| 47                        | 195,20                        | 27,66        | 2,67              | 1,72   | L28              |                                      |
| 48                        | 192,80                        | 27,52        | 2,39              | 0,74   | L29              | Montante Pte IC2                     |
| 49                        | 192,79                        | 27,51        | 2,36              | 0,72   | ≅ L29            |                                      |
| 50                        | 185,21                        | 27,32        | 2,33              | 1,94   | (c)              |                                      |
| 51                        | 168,37                        | 27,18        | 2,09              | 2,19   | L30              |                                      |
| 52                        | 157,00                        | 27,05        | 1,72              | 1,65   | (c)              |                                      |
| 53                        | 162,84                        | 26,94        | 1,96              | 1,45   | L31              | Montante Conf. rio Lena              |
| 54                        | 304,42                        | 26,22        | 2,72              | 0,87   | (c)              | Jusante Lena                         |
| 55                        | 302,29                        | 26,17        | 2,68              | 0,91   | (c)              | Final                                |

(a) - De acordo com os alçados realizados

(b) - Com base na topografia realizada

(c) - Extraído da topografia à escala 1:1 000

**Quadro 3.4** (Rev 00) - Envoltórios dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis, com período de retorno de 100 anos e resultante duma chuvada com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis.

| Nº Perfil<br>no<br>modelo | Valores máximos  |              |                   |        | Referências      |                                      |
|---------------------------|------------------|--------------|-------------------|--------|------------------|--------------------------------------|
|                           | Caudal<br>(m³/s) | Nível<br>(m) | Velocid.<br>(m/s) | Froude | Perfil<br>topog. | Estruturas e/ou Obras de arte        |
| 1                         | 128,74           | 45,50        | 2,51              | 1,33   | L 1              | Início do troço em estudo            |
| 2                         | 127,63           | 45,24        | 2,39              | 1,69   | L 2              |                                      |
| 3                         | 121,44           | 45,14        | 1,67              | 0,86   | L 3              | Montante Pte S.Romão                 |
| 4                         | 121,44           | 44,54        | 1,90              | 0,79   | ≅ L 4            | Jusante Pte                          |
| 5                         | 121,63           | 44,52        | 1,92              | 0,80   | L 4              | Queda                                |
| 6                         | 121,63           | 43,55        | 2,76              | 1,39   | L 5              | Jusante queda                        |
| 7                         | 121,88           | 43,23        | 2,50              | 1,28   | L 5A             | Açude a jusante Pte S.Romão          |
| 8                         | 121,88           | 42,84        | 2,56              | 1,26   | L 5B             |                                      |
| 9                         | 122,33           | 42,93        | 1,56              | 0,69   | L 7              | Montante Pte Variante                |
| 10                        | 122,33           | 42,93        | 1,52              | 0,48   | ≅ L 7            | Jusante Pte                          |
| 11                        | 123,09           | 42,80        | 1,61              | 0,94   | L 8              | Montante confl. Sirol                |
| 12                        | 230,42           | 42,50        | 2,04              | 0,95   | L 9              |                                      |
| 13                        | 229,64           | 42,12        | 2,84              | 0,85   | L 10             | Local aprox. futuro Açude            |
| 14                        | 229,64           | 42,20        | 2,47              | 1,01   | ≅ L11            |                                      |
| 15                        | 229,21           | 41,21        | 3,10              | 1,08   | L 11             | Montante Pte Caniços                 |
| 16                        | 229,21           | 39,92        | 3,45              | 0,85   | L 12             | Jusante Pte                          |
| 17                        | 230,32           | 39,66        | 2,46              | 0,47   | (a)              | Açude dos Caniços                    |
| 18                        | 230,32           | 37,01        | 1,85              | 0,31   | (b)              |                                      |
| 19                        | 231,81           | 35,67        | 4,74              | 1,06   | L13              | Junto à Igreja Sto Agostinho         |
| 20                        | 232,17           | 35,18        | 2,23              | 0,42   | (a)              | Açude da Central                     |
| 21                        | 232,17           | 34,40        | 0,83              | 0,23   | (b)              |                                      |
| 22                        | 233,62           | 34,26        | 2,17              | 0,42   | L14              | Montante Pte Hintze Ribeiro          |
| 23                        | 233,62           | 33,41        | 4,05              | 0,89   | ≅ L14/15         | Jusante Pte                          |
| 24                        | 231,99           | 33,25        | 4,14              | 0,98   | L15              | Queda                                |
| 25                        | 231,99           | 32,08        | 4,92              | 0,90   | ≅ L15            | Jusante queda                        |
| 26                        | 232,23           | 32,10        | 3,59              | 0,59   | (b)              |                                      |
| 27                        | 232,40           | 32,35        | 2,46              | 0,39   | (b)              |                                      |
| 28                        | 232,55           | 32,09        | 2,57              | 0,52   | (c)              | Montante Futura Pte Pedonal          |
| 29                        | 232,55           | 32,10        | 2,49              | 0,50   | L16              | Montante Pte Afonso Zuquete          |
| 30                        | 232,55           | 32,11        | 2,47              | 0,51   | ≅ L16            |                                      |
| 31                        | 232,98           | 31,79        | 2,06              | 0,33   | L17              | Montante Pte Pedonal (de montante)   |
| 32                        | 232,98           | 31,61        | 2,10              | 0,34   | ≅ L17            |                                      |
| 33                        | 232,38           | 31,09        | 2,97              | 0,73   | L18              | Entre as pontes pedonais             |
| 34                        | 231,64           | 30,65        | 3,26              | 0,83   | L19              | Mont. Pte Açude (Pedonal de jusante) |
| 35                        | 231,64           | 30,66        | 3,20              | 0,81   | ≅ L19            | Jusante Pte Açude                    |
| 36                        | 231,44           | 30,55        | 3,11              | 0,85   | ≅ L19            | Queda                                |
| 37                        | 231,44           | 30,46        | 2,00              | 0,50   | L20              | Jusante queda                        |
| 38                        | 231,18           | 30,09        | 3,11              | 0,67   | L21              |                                      |
| 39                        | 230,98           | 29,84        | 2,90              | 0,54   | L22              | Montante Pte Sá Carneiro             |
| 40                        | 230,98           | 29,62        | 3,06              | 0,54   | ≅ L22            |                                      |
| 41                        | 230,63           | 29,30        | 2,96              | 0,69   | L23              |                                      |
| 42                        | 230,61           | 29,38        | 1,91              | 0,59   | L24              | Montante Pte Arrabalde               |
| 43                        | 230,61           | 29,38        | 1,72              | 0,51   | ≅ L24            |                                      |
| 44                        | 230,11           | 29,17        | 3,45              | 1,05   | L25              |                                      |
| 45                        | 230,19           | 29,07        | 1,78              | 0,82   | L26              | Montante Açude Arrabalde             |
| 46                        | 230,19           | 28,33        | 2,19              | 0,86   | L27              | Jusante Açude                        |
| 47                        | 227,31           | 28,05        | 2,87              | 1,88   | L28              |                                      |
| 48                        | 224,49           | 27,94        | 2,55              | 0,76   | L29              | Montante Pte IC2                     |
| 49                        | 224,20           | 27,93        | 2,52              | 0,75   | ≅ L29            |                                      |
| 50                        | 215,62           | 27,75        | 2,48              | 2,19   | (c)              |                                      |
| 51                        | 193,65           | 27,61        | 2,17              | 2,36   | L30              |                                      |
| 52                        | 184,79           | 27,49        | 1,81              | 1,78   | (c)              |                                      |
| 53                        | 193,51           | 27,38        | 2,11              | 1,57   | L31              | Montante Conf. rio Lena              |
| 54                        | 355,92           | 26,60        | 2,89              | 1,34   | (c)              | Jusante Lena                         |
| 55                        | 352,64           | 26,55        | 2,84              | 1,33   | (c)              | Final                                |

(a) - De acordo com os alçados realizados

(b) - Com base na topografia realizada

(c) - Extraído da topografia à escala 1:1 000

**Quadro 3.5** (Rev 00) - Envoltórios dos valores máximos dos caudais, dos níveis, das velocidades e dos números de Froude numa cheia no rio Lis, no troço de intervenção da LeiriaPolis, após as intervenções propostas no presente Estudo.

Duração da chuva: 8 horas

Período de retorno: 100 anos

**Situação Futura**

| Nº Perfil<br>no<br>modelo | Valores máximos  |              |                   |        | Referências      |                                      |
|---------------------------|------------------|--------------|-------------------|--------|------------------|--------------------------------------|
|                           | Caudal<br>(m³/s) | Nível<br>(m) | Velocid.<br>(m/s) | Froude | Perfil<br>topog. | Estruturas e/ou Obras de arte        |
| 1                         | 128,74           | 45,32        | 2,57              | 1,33   | L 1              | Início do troço em estudo            |
| 2                         | 127,28           | 44,93        | 2,59              | 1,75   | L 2              |                                      |
| 3                         | 124,04           | 44,76        | 1,89              | 0,88   | L 3              | Montante Pte S.Romão                 |
| 4                         | 124,04           | 44,53        | 1,91              | 0,81   | ≅ L 4            | Jusante Pte                          |
| 5                         | 124,45           | 44,51        | 1,93              | 0,82   | L 4              | Queda                                |
| 6                         | 124,45           | 43,44        | 2,89              | 1,41   | L 5              | Jusante queda                        |
| 7                         | 126,67           | 42,95        | 2,82              | 1,39   | L 5A             | Açude a jusante Pte S.Romão          |
| 8                         | 126,67           | 42,38        | 3,06              | 1,48   | L 5B             |                                      |
| 9                         | 126,97           | 42,45        | 1,77              | 0,84   | L 7              | Montante Pte Variante                |
| 10                        | 126,97           | 42,45        | 1,73              | 0,55   | ≅ L 7            | Jusante Pte                          |
| 11                        | 127,48           | 42,24        | 1,93              | 1,15   | L 8              | Montante confl. Sirol                |
| 12                        | 235,62           | 41,70        | 2,67              | 1,21   | L 9              |                                      |
| 13                        | 235,39           | 40,37        | 4,87              | 2,05   | L 10             | Local aprox. futuro Açude            |
| 14                        | 235,84           | 41,02        | 2,54              | 0,72   | ≅ L11            |                                      |
| 15                        | 235,53           | 40,25        | 2,56              | 0,36   | L 11             | Montante Pte Caniços                 |
| 16                        | 235,53           | 39,52        | 2,44              | 0,40   | L 12             | Jusante Pte                          |
| 17                        | 235,45           | 39,47        | 1,78              | 0,29   | (a)              | Açude dos Caniços                    |
| 18                        | 235,45           | 37,04        | 1,87              | 0,31   | (b)              |                                      |
| 19                        | 236,19           | 35,67        | 4,83              | 1,08   | L13              | Junto à Igreja Sto Agostinho         |
| 20                        | 236,50           | 35,20        | 2,25              | 0,42   | (a)              | Açude da Central                     |
| 21                        | 236,50           | 34,47        | 0,77              | 0,18   | (b)              |                                      |
| 22                        | 238,17           | 34,33        | 2,17              | 0,41   | L14              | Montante Pte Hintze Ribeiro          |
| 23                        | 238,17           | 33,46        | 4,07              | 0,89   | ≅ L14/15         | Jusante Pte                          |
| 24                        | 236,68           | 33,30        | 4,17              | 0,98   | L15              | Queda                                |
| 25                        | 236,68           | 32,12        | 4,97              | 0,91   | ≅ L15            | Jusante queda                        |
| 26                        | 237,30           | 32,15        | 3,62              | 0,59   | (b)              |                                      |
| 27                        | 237,92           | 32,41        | 2,49              | 0,39   | (b)              |                                      |
| 28                        | 237,62           | 32,15        | 2,59              | 0,52   | (c)              | Montante Futura Pte Pedonal          |
| 29                        | 237,62           | 32,16        | 2,52              | 0,50   | L16              | Montante Pte Afonso Zuquete          |
| 30                        | 237,62           | 32,16        | 2,49              | 0,51   | ≅ L16            |                                      |
| 31                        | 237,30           | 31,85        | 2,07              | 0,33   | L17              | Montante Pte Pedonal (de montante)   |
| 32                        | 237,30           | 31,66        | 2,12              | 0,34   | ≅ L17            |                                      |
| 33                        | 236,55           | 31,14        | 2,99              | 0,74   | L18              | Entre as pontes pedonais             |
| 34                        | 236,39           | 30,70        | 3,28              | 0,83   | L19              | Mont. Pte Açude (Pedonal de jusante) |
| 35                        | 236,39           | 30,71        | 3,22              | 0,82   | ≅ L19            | Jusante Pte Açude                    |
| 36                        | 235,72           | 30,61        | 3,13              | 0,80   | ≅ L19            | Queda                                |
| 37                        | 235,72           | 30,51        | 2,01              | 0,41   | L20              | Jusante queda                        |
| 38                        | 235,85           | 30,13        | 3,14              | 0,68   | L21              |                                      |
| 39                        | 235,27           | 29,89        | 2,91              | 0,51   | L22              | Montante Pte Sá Carneiro             |
| 40                        | 235,27           | 29,66        | 3,09              | 0,54   | ≅ L22            |                                      |
| 41                        | 235,58           | 29,33        | 2,98              | 0,54   | L23              |                                      |
| 42                        | 235,02           | 29,42        | 1,78              | 0,40   | L24              | Montante Pte Arrabalde               |
| 43                        | 235,02           | 29,42        | 1,73              | 0,36   | ≅ L24            |                                      |
| 44                        | 234,07           | 29,20        | 2,31              | 0,77   | L25              |                                      |
| 45                        | 233,21           | 29,09        | 1,79              | 0,82   | L26              | Montante Açude Arrabalde             |
| 46                        | 233,21           | 28,33        | 2,21              | 0,88   | L27              | Jusante Açude                        |
| 47                        | 229,83           | 28,05        | 2,91              | 1,91   | L28              |                                      |
| 48                        | 227,20           | 27,94        | 2,59              | 0,77   | L29              | Montante Pte IC2                     |
| 49                        | 227,57           | 27,93        | 2,56              | 0,75   | ≅ L29            |                                      |
| 50                        | 218,41           | 27,75        | 2,52              | 2,24   | (c)              |                                      |
| 51                        | 194,92           | 27,62        | 2,22              | 2,41   | L30              |                                      |
| 52                        | 183,01           | 27,49        | 1,79              | 1,76   | (c)              |                                      |
| 53                        | 190,09           | 27,39        | 2,08              | 1,55   | L31              | Montante Conf. rio Lena              |
| 54                        | 355,54           | 26,61        | 2,89              | 1,34   | (c)              | Jusante Lena                         |
| 55                        | 353,32           | 26,56        | 2,84              | 1,33   | (c)              | Final                                |

(a) - De acordo com os alçados realizados

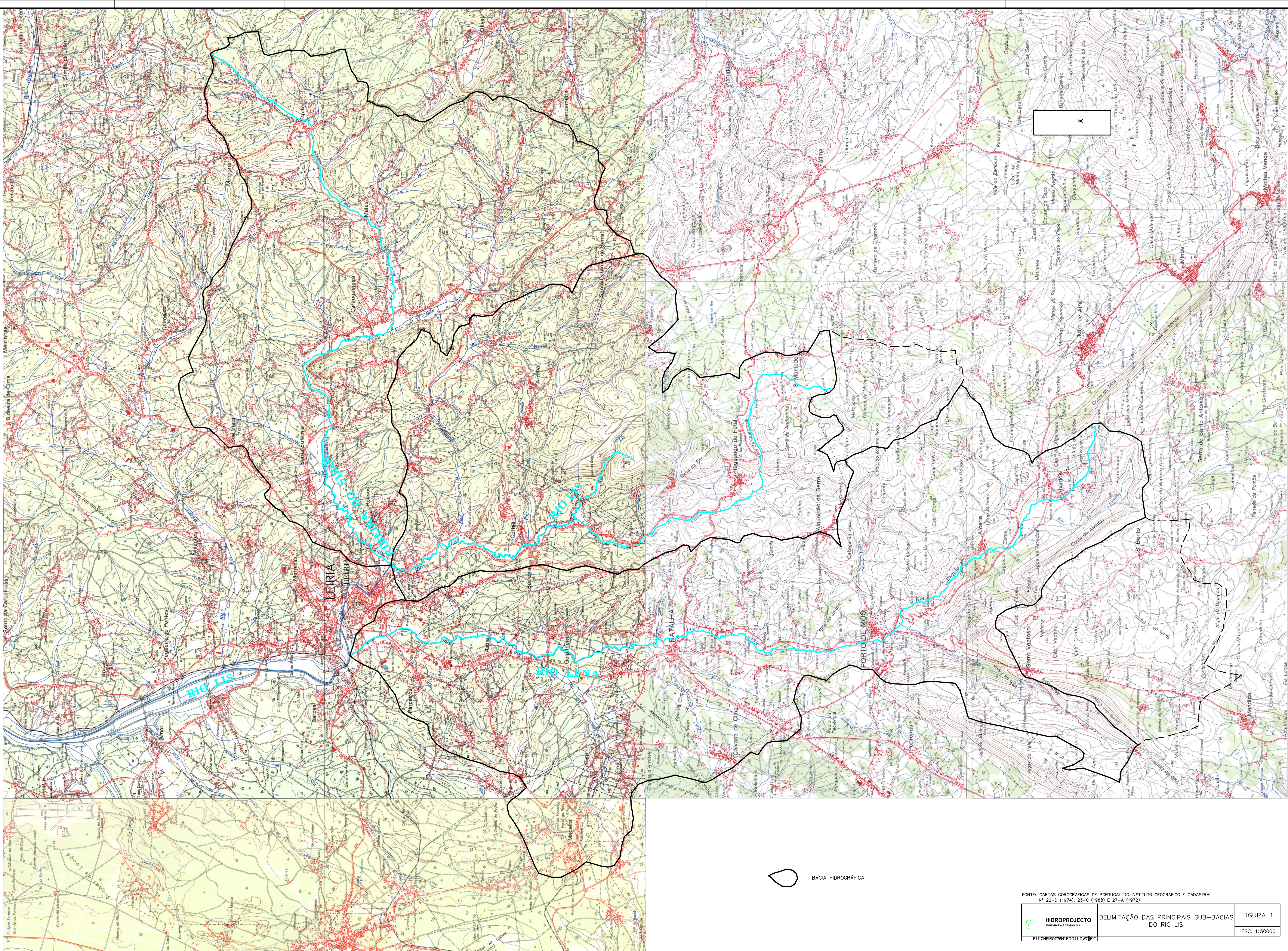
(b) - Com base na topografia realizada

(c) - Extraído da topografia à escala 1:1 000

FIGURAS

## Lista de figuras

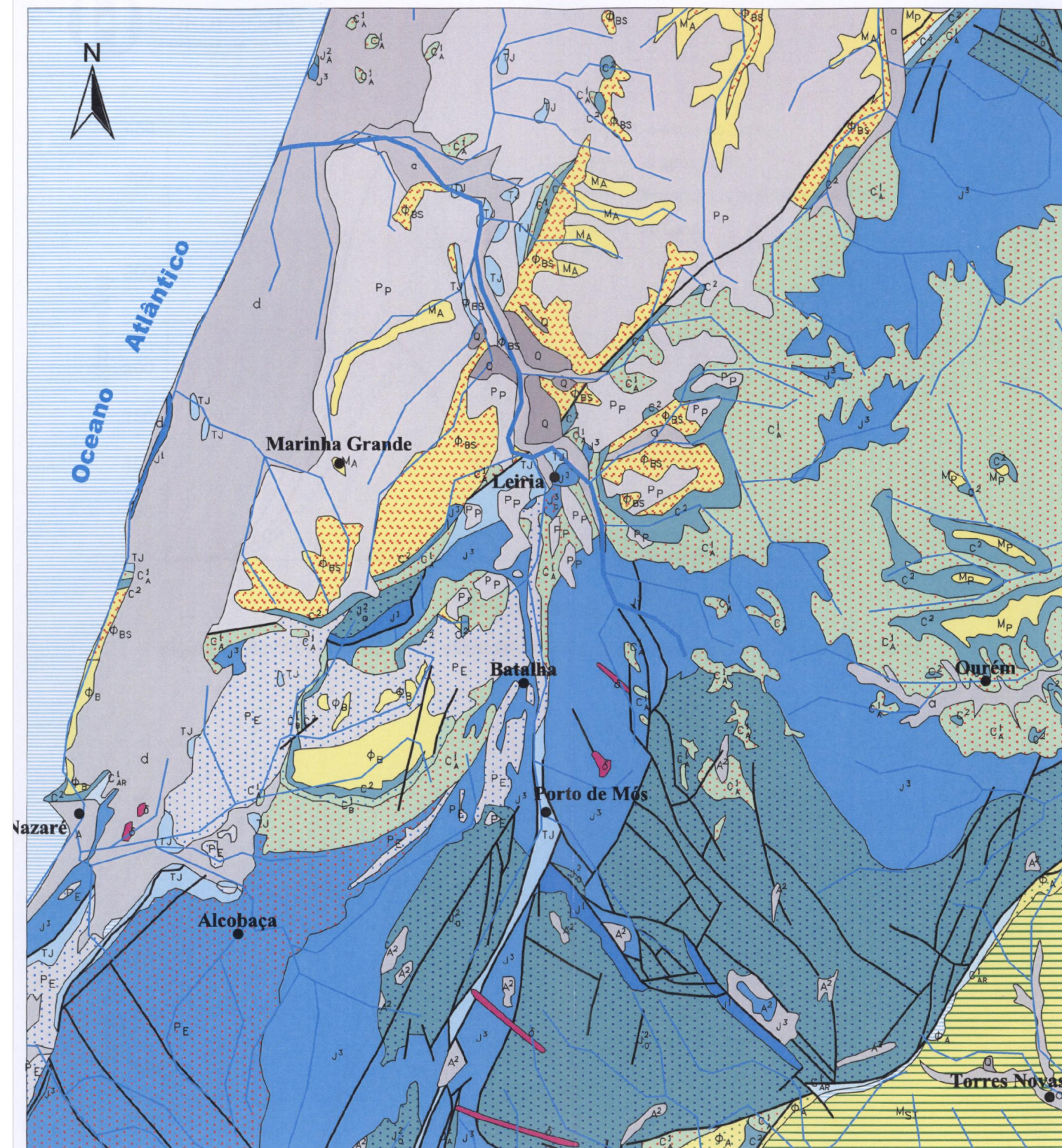
- 1 (Rev 00 – 2001-07-27) – Delimitação das principais sub-bacias . Rio Lis
- 2 (Rev 00 – 2001-07-27) – Planta geológica
- 3 (Rev 00 – 2001-07-27) – Hidrogramas afluentes.  $T = 100$  anos e duração de chuvada de 8 horas.
- 4 (Rev 00 – 2001-07-27) – Hidrogramas afluentes.  $T = 50$  anos e duração de chuvada de 8 horas.
- 5 (Rev 00 – 2001-07-27) – Hidrogramas afluentes.  $T = 25$  anos e duração de chuvada de 8 horas.
- 6 (Rev 00 – 2001-07-27) – Hidrogramas afluentes.  $T = 10$  anos e duração de chuvada de 8 horas.
- 7 (Rev 00 – 2001-07-27) – Envolvente dos valores máximos dos níveis correspondentes a cheias no rio Lis com períodos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos e resultantes de chuvadas com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis.
- 8 (Rev 00 – 2001-07-27) – Envolventes dos valores máximos dos níveis na situação actual e na situação futura para a cheia centenária.
- 9 (Rev 00 – 2001-11-15) – Esquema de açude galgável de portadas com ensecadeiras móveis.



— BACIA HIDROGRÁFICA

FONTE: CARTAS COROGRÁFICAS DE PORTUGAL DO INSTITUTO GEOGRÁFICO E CADASTRAL  
N° 22-0 (1974), 23-C (1988) E 27-A (1972)

|                                                                                                                                         |                                                     |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|
|  <b>HIDROPROJECTO</b><br>ENGENHARIA E GESTÃO, S.A. | DELIMITAÇÃO DAS PRINCIPAIS SUB-BACIAS<br>DO RIO LIS | FIGURA 1     |
|                                                                                                                                         |                                                     | ESC. 1:50000 |



|             |               | ORLA OCIDENTAL                                                                                                                                 |                                                                                        |                                    |
|-------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|             |               | Minho, Trás-os-Montes, Beira Alta e Beira Litoral                                                                                              | Ribatejo, Alto Alentejo e Beira Baixa                                                  | Lisboa e Península de Setúbal      |
| QUATERNÁRIO | Holocénico    | a, d Aluviões(a), Dunas(d).                                                                                                                    | A <sup>2</sup> Depósitos do maciço calcário Estremenho                                 |                                    |
|             | Pleistocénico | Q Terraços                                                                                                                                     |                                                                                        |                                    |
| TERCIÁRIO   | Pliocénico    | P <sup>p</sup> Formação de Aguada e Barracão Dep. de Carnide, Pombal, Aguas Santas e São Pedro de Muel.                                        | P <sup>e</sup> Terraços                                                                |                                    |
|             | Miocénico     | M <sup>st</sup> Calcário de Santarém e Almostrel<br>M <sup>p</sup> - Areias e algilas de Pombal e Redinha<br>M <sup>a</sup> - Arcoses de Lobão |                                                                                        |                                    |
|             | Oligocénico   |                                                                                                                                                |                                                                                        |                                    |
|             | Eocénico      | Φ <sup>bs</sup> Formação de Bom Sucesso                                                                                                        | Φ <sup>a</sup> Conglomerados, arenitos e pelitos de Alcanede e Runa                    | Φ <sup>b</sup> Complexo de Benfica |
|             |               | Alcobaça e Caldas da Rainha                                                                                                                    | Peniche e Lourinhã                                                                     |                                    |
| CRETÁCIO    | Superior      | C <sup>3</sup> Grés de Oia                                                                                                                     |                                                                                        |                                    |
|             | Inferior      | C <sup>2</sup> Calcários com Rudistas                                                                                                          | C <sup>2</sup> - Grés superior de Almagem<br>C <sup>2</sup> <sub>B</sub> - "Belasiano" |                                    |
| JURÁSICO    | Sup.          | J <sup>3</sup> Grés superior com restos de vegetais e de dinossauros.<br>Camadas de Alcobaça                                                   |                                                                                        |                                    |
|             | Méd.          | J <sup>2</sup> - Calcários oolíticos de Sta. António e Candeiros<br>J <sup>1</sup> - Maltário e Margas de Peniche                              | J <sup>2</sup> <sub>a</sub> Calcários de Cabo Mondego                                  |                                    |
|             | Inf.          | J <sup>0</sup>                                                                                                                                 |                                                                                        |                                    |
| TRIÁSICO    | Sup.          | J <sup>t</sup> Pelitos com evaporitos (Dagorda) e intercalações carbonatadas (Pereiros)                                                        |                                                                                        |                                    |
|             | Méd. / Inf.   |                                                                                                                                                |                                                                                        |                                    |
|             |               | Rochas Magmáticas Intrusivas                                                                                                                   |                                                                                        |                                    |
|             |               | Filo dolerítico do Alentejo e outras rochas básicas                                                                                            |                                                                                        |                                    |

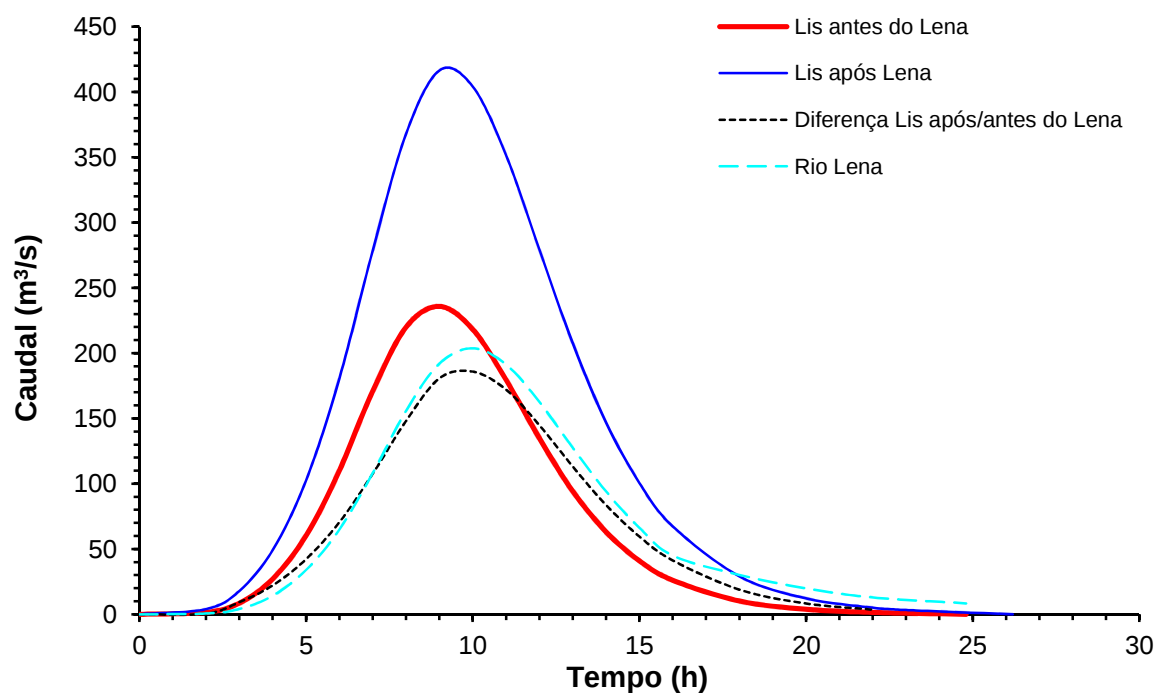


Figura 3 (Rev 00) - Hidrogramas afluentes. T =100 anos e duração de chuvada de 8 horas.

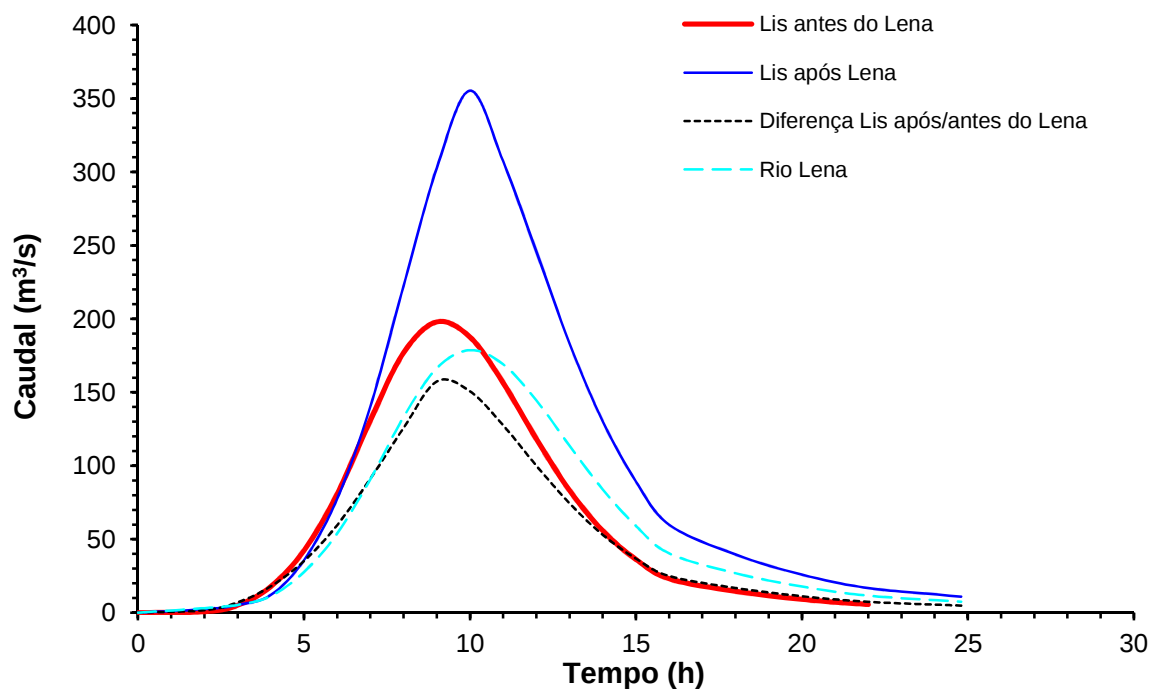


Figura 4 (Rev 00) - Hidrogramas afluentes. T = 50 anos e duração de chuvada de 8 horas.

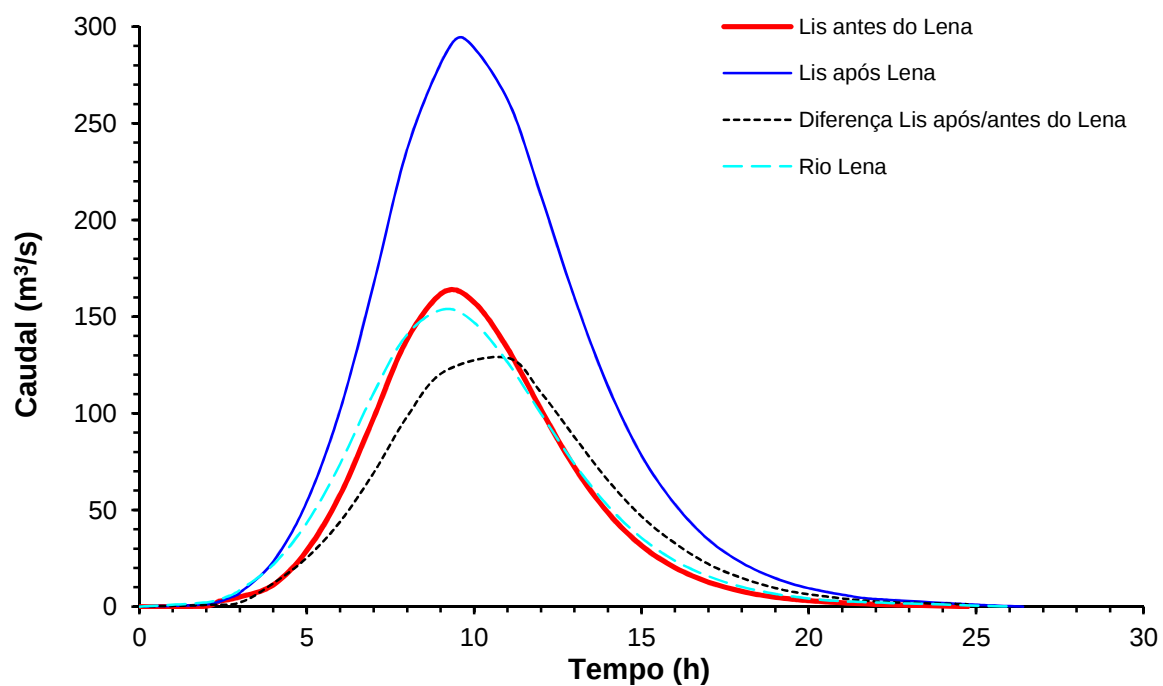


Figura 5 (Rev 00) - Hidrogramas afluentes. T = 25 anos e duração de chuvada de 8 horas.

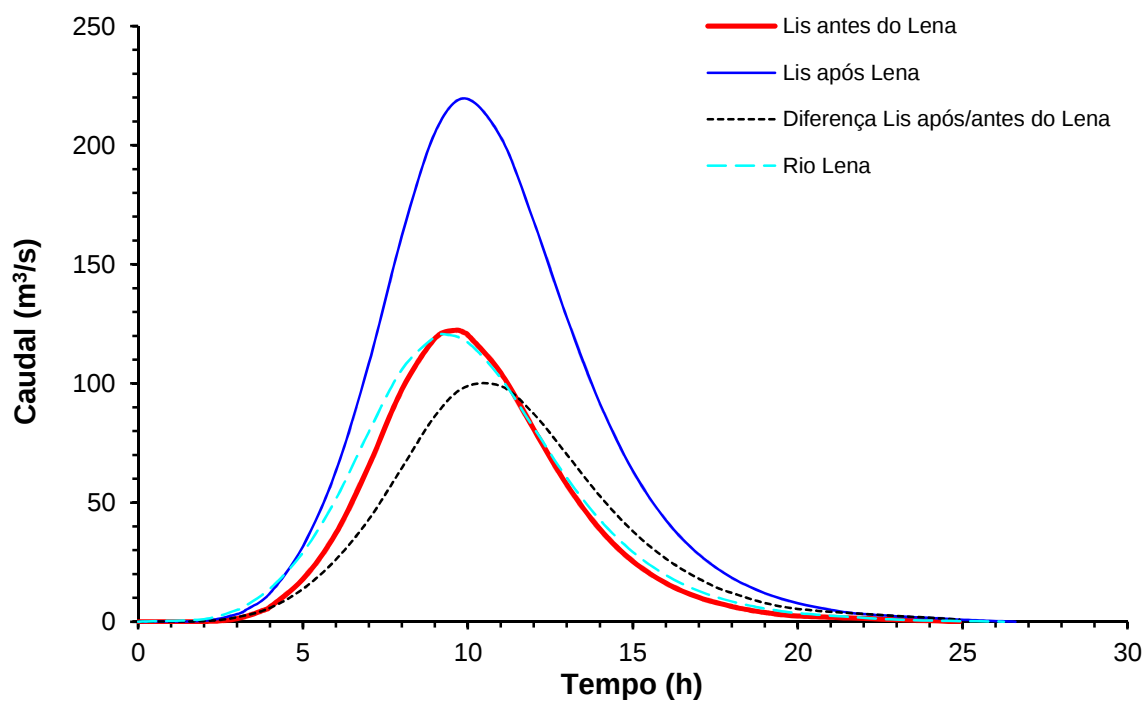
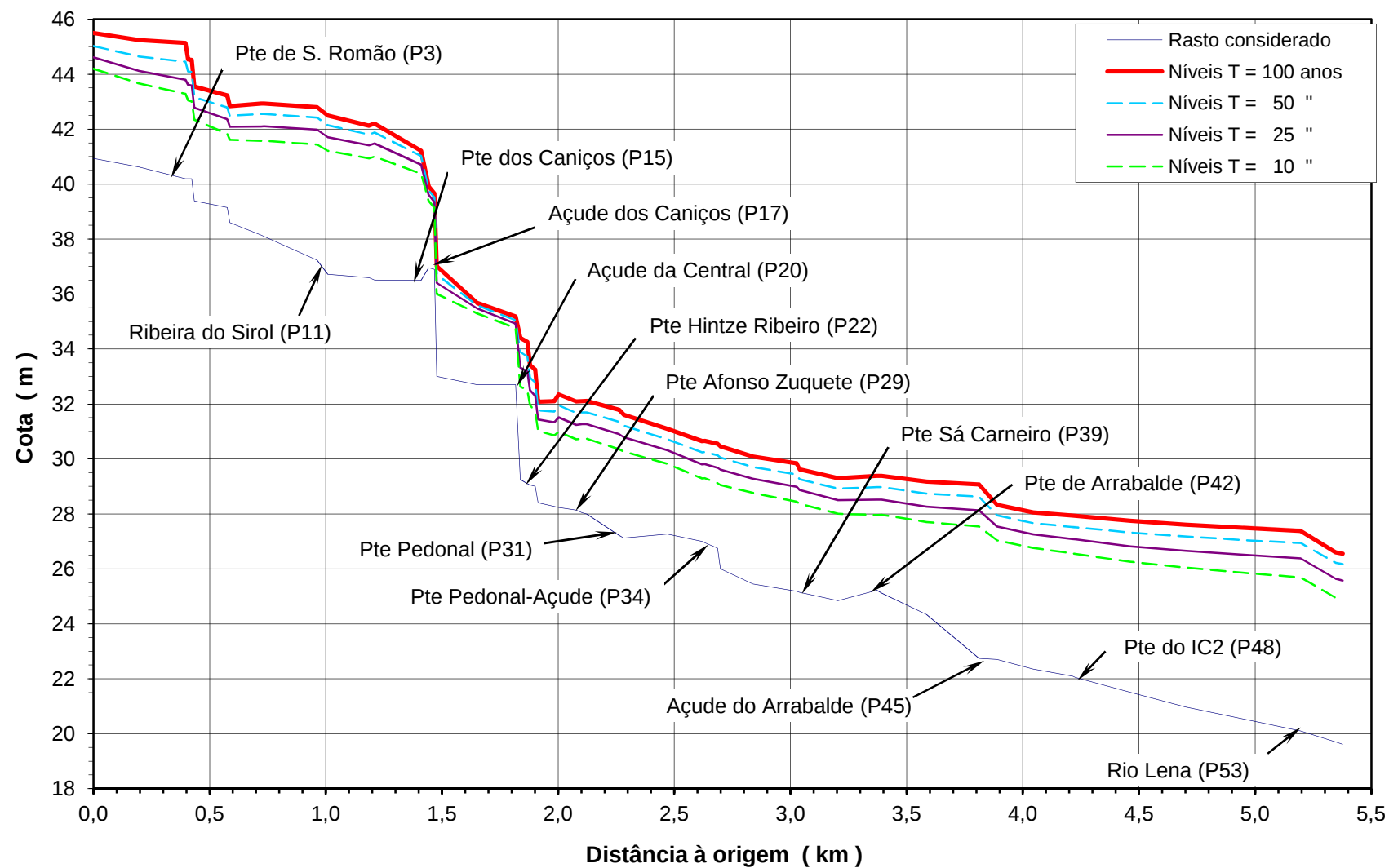
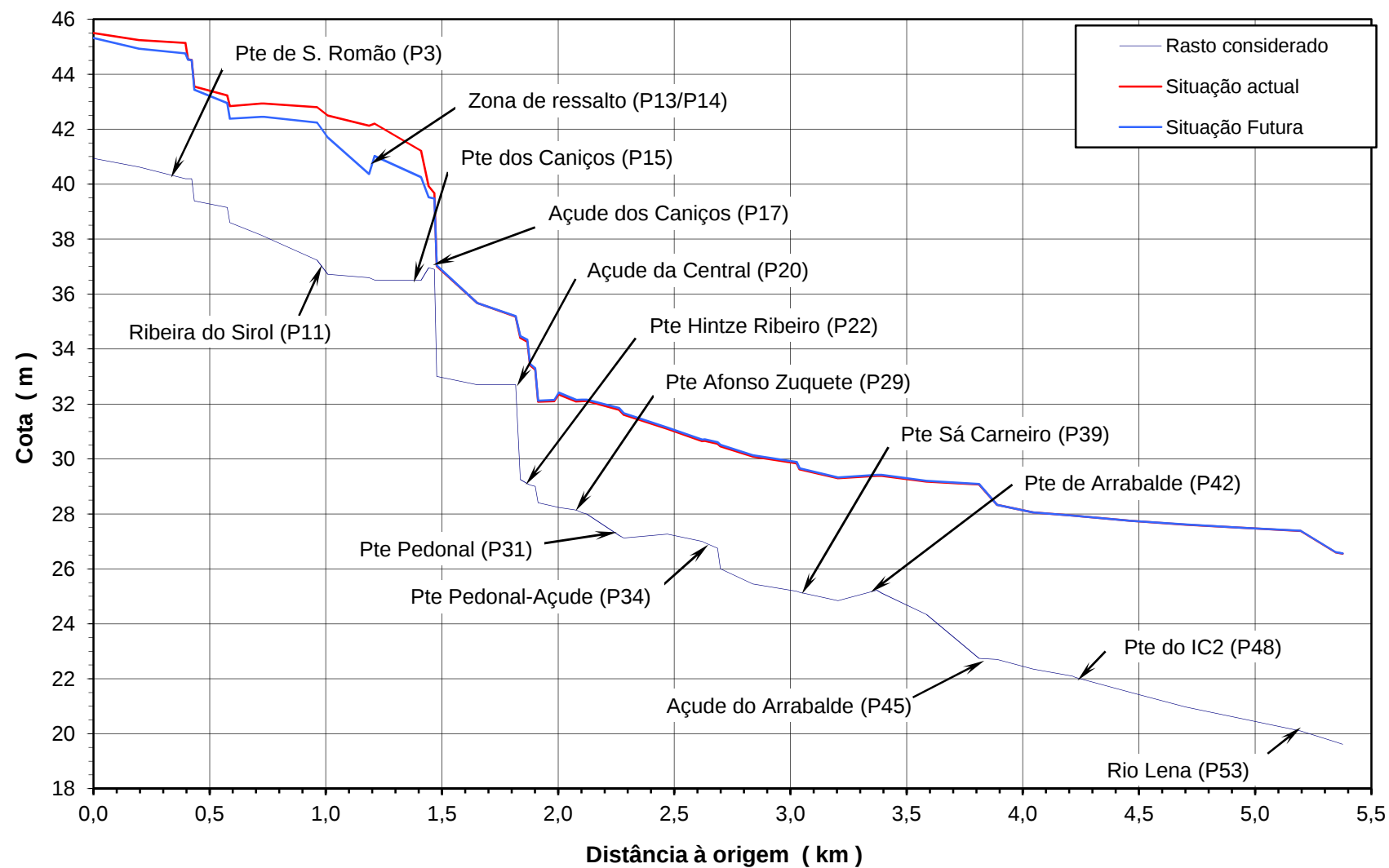


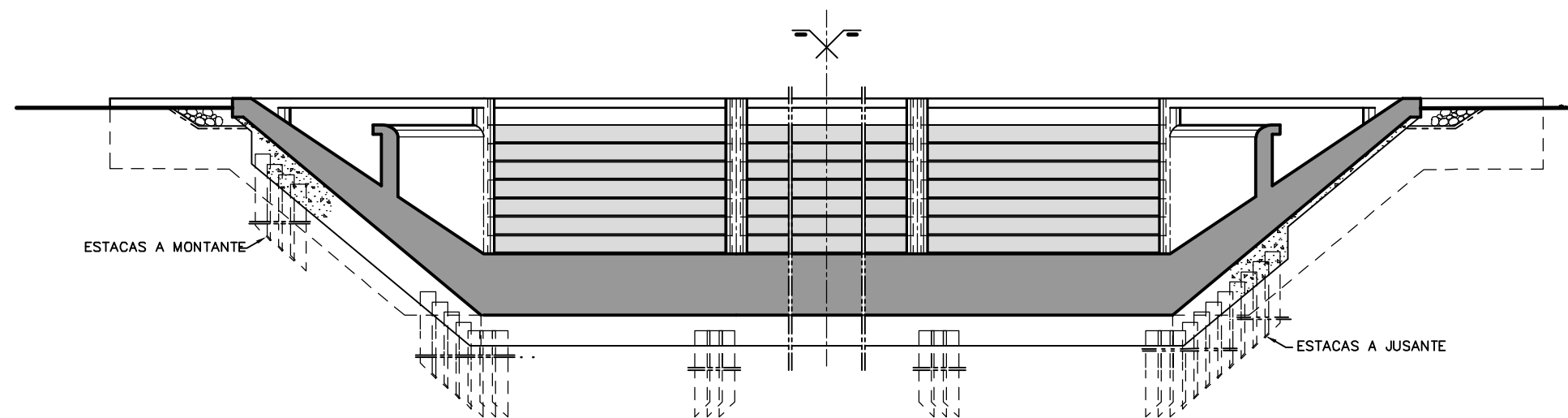
Figura 6 (Rev 00) - Hidrogramas afluentes. T = 10 anos e duração de chuvada de 8 horas.



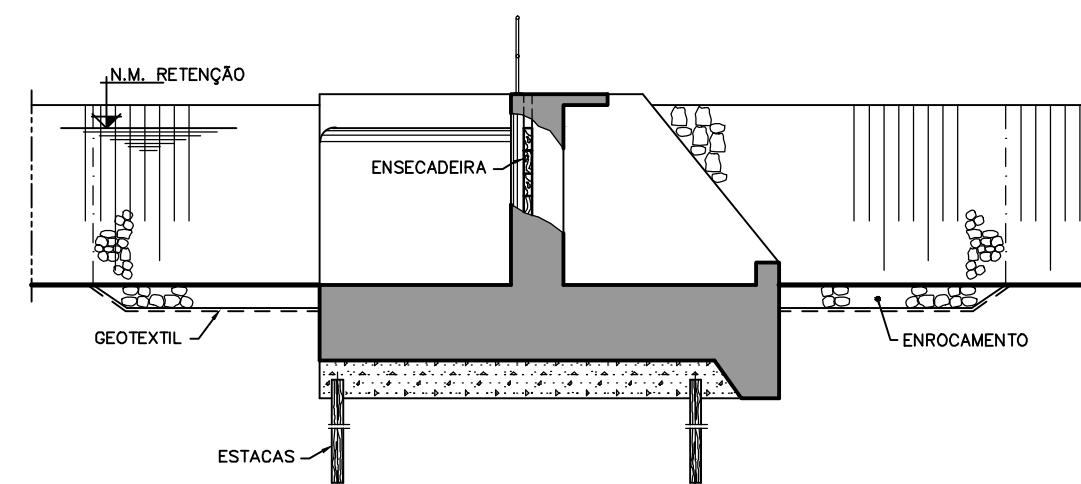
**Figura 7** (Rev 00) - Envolvente dos valores máximos dos níveis correspondentes a cheias no rio Lis com períodos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos e resultantes de chuvadas com 8 horas de duração total, no troço de intervenção da LeiriaPolis.



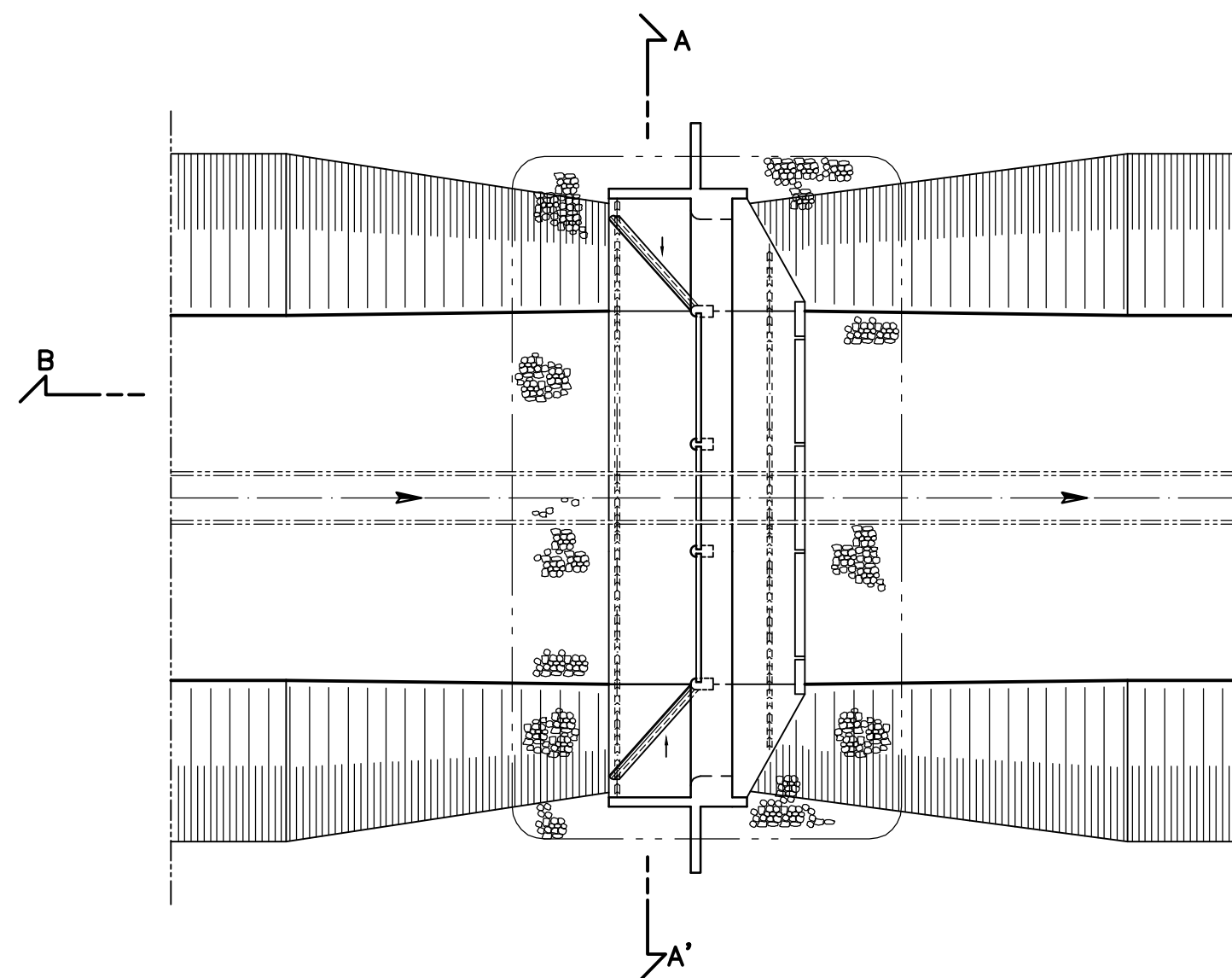
**Figura 8** (Rev 00) - Envolventes dos valores máximos dos níveis na situação actual e na situação futura para a cheia centenária.



**CORTE A-A'**  
Esc. 1:100



**CORTE B-B'**  
Esc. 1:100



**PLANTA**  
Esc. 1:200

|                                                                                                                                                        |                                                                                        |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|  <b>HIDROPROJECTO</b><br><small>ENGENHARIA E GESTÃO, S.A.</small> | <b>LeiriaPolis</b><br>ESQUEMA DE AÇUDE GALGÁVEL DE<br>PORTADAS COM ENSECADEIRAS MÓVEIS | FIGURA 9   |
|                                                                                                                                                        |                                                                                        | ESC. 1:200 |
|                                                                                                                                                        | F:\PROJETOS\LEIRIA\1F0090.DWG   DS                                                     | ESC. 1:100 |

FOTOGRAFIAS

## Lista de fotografias

- Foto 1 - Rio Lis - Ponte de S. Romão vista de montante.
- Foto 2 - Rio Lis - Queda de água, vista da margem direita, a jusante da Ponte de S. Romão e aspecto da vegetação marginal.
- Foto 3 - Aspecto do aterro da “Variante Sul” nos campos da margem esquerda do Rio Lis.
- Foto 4 - Pormenor da boca de jusante do aqueduto sob o aterro da “Variante Sul”, no limite Sul dos campos da margem esquerda do Rio Lis.
- Foto 5 - Rio Lis - Ponte dos Caniços vista de montante. Pormenor do nível da água devido ao açude localizado a jusante da ponte.
- Foto 6 - Rio Lis - Ponte dos Caniços vista de jusante.
- Foto 7 - Rio Lis - Açude do Moinho de Papel - Aspecto do Açude situado imediatamente a jusante da Ponte dos Caniços visto da margem esquerda.
- Foto 8 - Rio Lis - Açude do Moinho de Papel - Aspecto de zonas de descarga da margem direita.
- Foto 9 - Rio Lis - Aspecto da queda de água situada imediatamente a montante da Ponte Hintze Ribeiro.
- Foto 10 - Rio Lis - Aspecto do rio a jusante da Ponte Hintze Ribeiro.
- Foto 11 - Rio Lis - Ponte Hintze Ribeiro vista de montante para a margem esquerda.
- Foto 12 - Rio Lis - Ponte Hintze Ribeiro vista de jusante para a margem direita.
- Foto 13 - Rio Lis - Aspecto do rio a montante da Ponte Eng<sup>o</sup> Afonso Zuquete.
- Foto 14 - Rio Lis - Ponte Eng<sup>o</sup> Afonso Zuquete vista de jusante.
- Foto 15 - Rio Lis - Ponte Pedonal que liga o Jardim Luis de Camões ao Parque Tenente Coronel Jaime Filipe da Fonseca.
- Foto 16 - Rio Lis - Ponte Pedonal / Açude junto à “Fonte Quente”.
- Foto 17 - Rio Lis - Diferença de nível das protecções marginais no troço fronteiro ao Parque Ten. Coronel Jaime Filipe da Fonseca.
- Foto 18 - Rio Lis - Final do troço protegido a jusante da “Fonte Quente”.
- Foto 19 - Rio Lis - Queda do Açude da Ponte Pedonal junto à “Fonte Quente”.

- Foto 20 - Rio Lis - Ponte Sá Carneiro vista de jusante.
- Foto 21 - Rio Lis - Aspecto das margens a montante da Ponte do Arrabalde.
- Foto 22 - Rio Lis - Ponte do Arrabalde vista de montante.
- Foto 23 - Rio Lis - Açude do Arrabalde visto de montante.
- Foto 24 - Rio Lis - Açude do Arrabalde visto de jusante.
- Foto 25 - Rio Lis - Aspecto das margens a montante do Açude do Arrabalde.
- Foto 26 - Rio Lis - Aspecto das margens a jusante do Açude do Arrabalde.
- Foto 27 - Rio Lis - Vista sob a ponte da EN-1, para montante.
- Foto 28 - Rio Lis - Vista sob a ponte da EN-1, para jusante.
- Foto 29 - Amostra de material sólido recolhido no rio Lis, junto ao perfil L1
- Foto 30 - Pormenor de material sólido contido na amostra – Calhau rolado



Foto 1 - Rio Lis - Ponte de S. Romão vista de montante.



Foto 2 - Rio Lis - Queda de água, vista da margem direita, a jusante da Ponte de S. Romão e aspecto da vegetação marginal.



Foto 3 - Aspecto do aterro da “Variante Sul” nos campos da margem esquerda do Rio Lis.



Foto 4 - Pormenor da boca de jusante do aqueduto sob o aterro da “Variante Sul” no limite sul dos campos da margem esquerda do Rio Lis.



Foto 5 - Rio Lis - Ponte dos Caniços vista de montante. Pormenor do nível da água devido ao açude localizado a jusante da ponte.



Foto 6 - Rio Lis - Ponte dos Caniços vista de jusante.



Foto 7 - Rio Lis - Açude do Moinho de Papel - Aspecto do Açude situado imediatamente a jusante da Ponte dos Caniços visto da margem esquerda.



Foto 8 - Rio Lis - Açude do Moinho de Papel - Aspecto de zonas de descarga da margem direita.



Foto 9 - Rio Lis - Aspecto da queda de água situada imediatamente a montante da Ponte Hintze Ribeiro.



Foto 10 - Rio Lis - Aspecto do rio a jusante da Ponte Hintze Ribeiro.



Foto 11 - Rio Lis - Ponte Hintze Ribeiro vista de montante da margem esquerda.

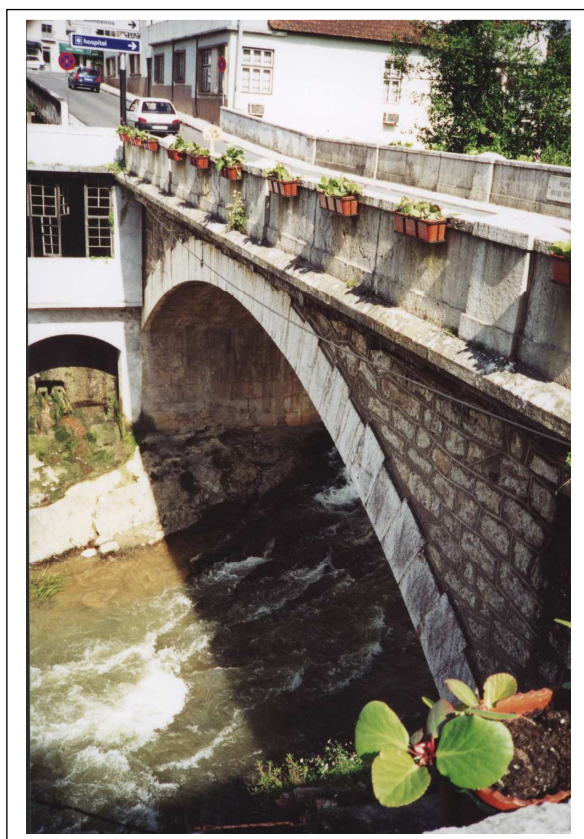


Foto 12 - Rio Lis - Ponte Hintze Ribeiro vista de jusante da margem esquerda.



Foto 13 - Rio Lis - Aspecto do rio a montante da Ponte Engº Afonso Zuquete.



Foto 14 - Rio Lis - Ponte Engº Afonso Zuquete vista de jusante.



Foto 15 - Rio Lis - Ponte Pedonal que liga o Jardim Luis de Camões ao Parque Tenente Coronel Jaime Filipe da Fonseca.



Foto 16 - Rio Lis - Ponte Pedonal / Açude junto à “Fonte Quente”

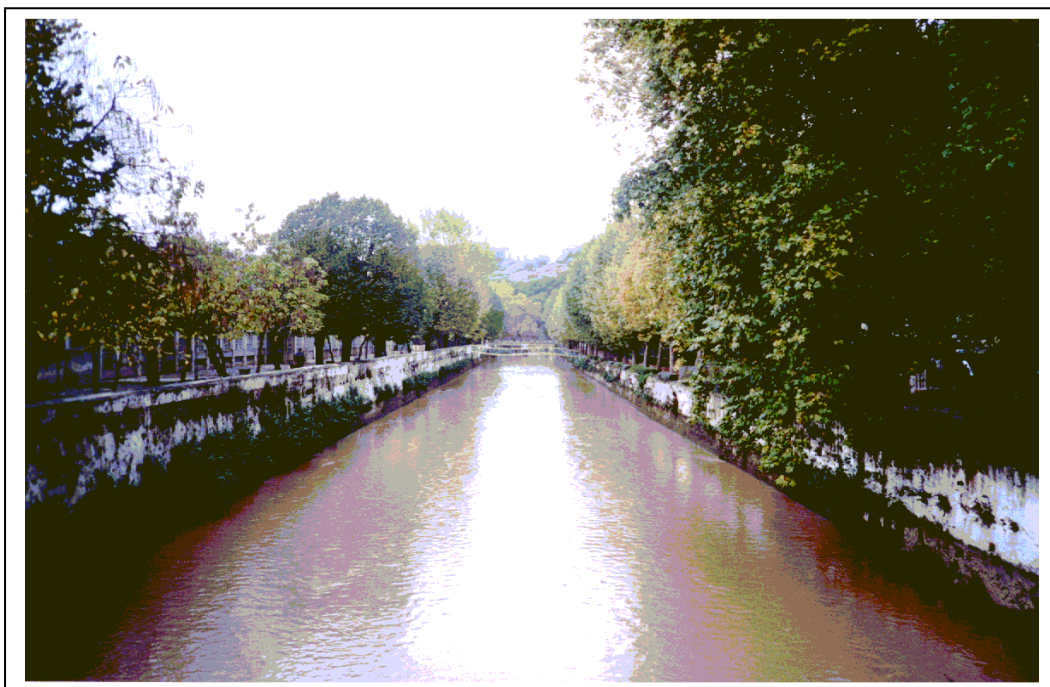


Foto 17 - Rio Lis - Diferença de nível das protecções marginais no troço fronteiro ao Parque Ten. Coronel Jaime Filipe da Fonseca



Foto 18 - Rio Lis - Final do troço protegido a jusante da “Fonte Quente”

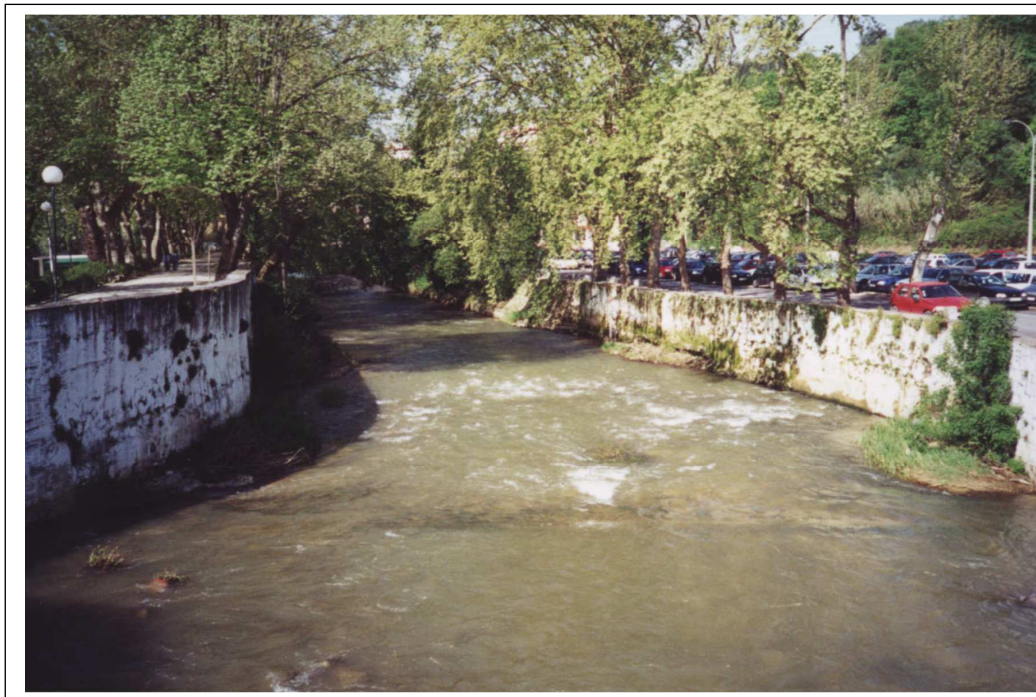


Foto 19 - Rio Lis - Queda do Açude da Ponte Pedonal junto à “Fonte Quente”.



Foto 20 - Rio Lis - Ponte Sá Carneiro vista de jusante.



Foto 21 - Rio Lis - Aspecto das margens a montante da Ponte do Arrabalde.



Foto 22 - Rio Lis - Ponte do Arrabalde vista de montante.

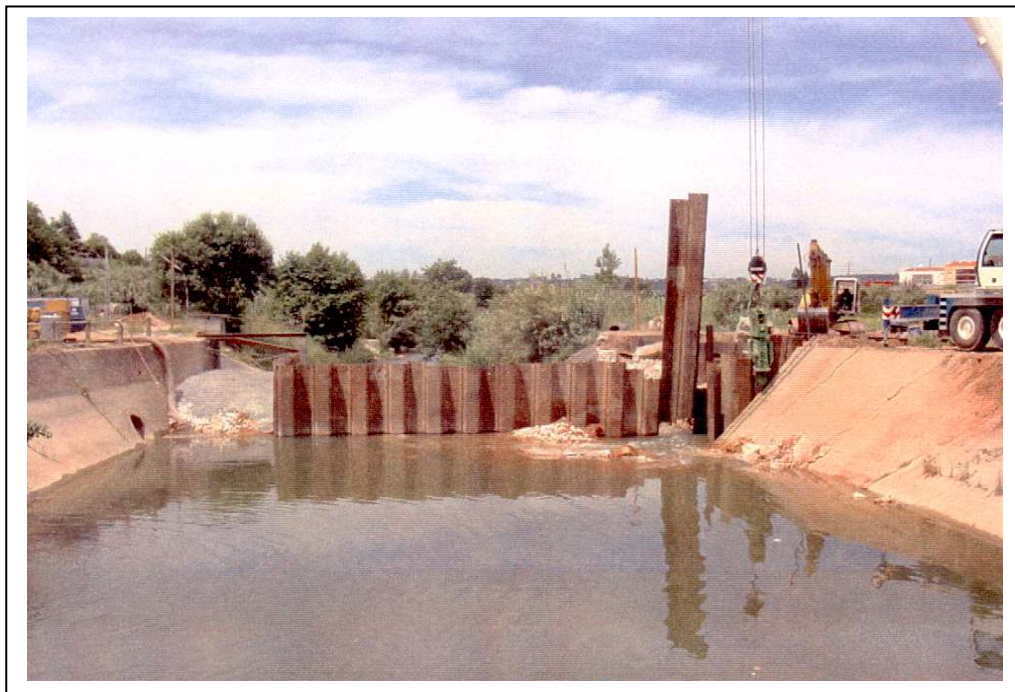


Foto 23 - Rio Lis - Açude do Arrabalde visto de montante.

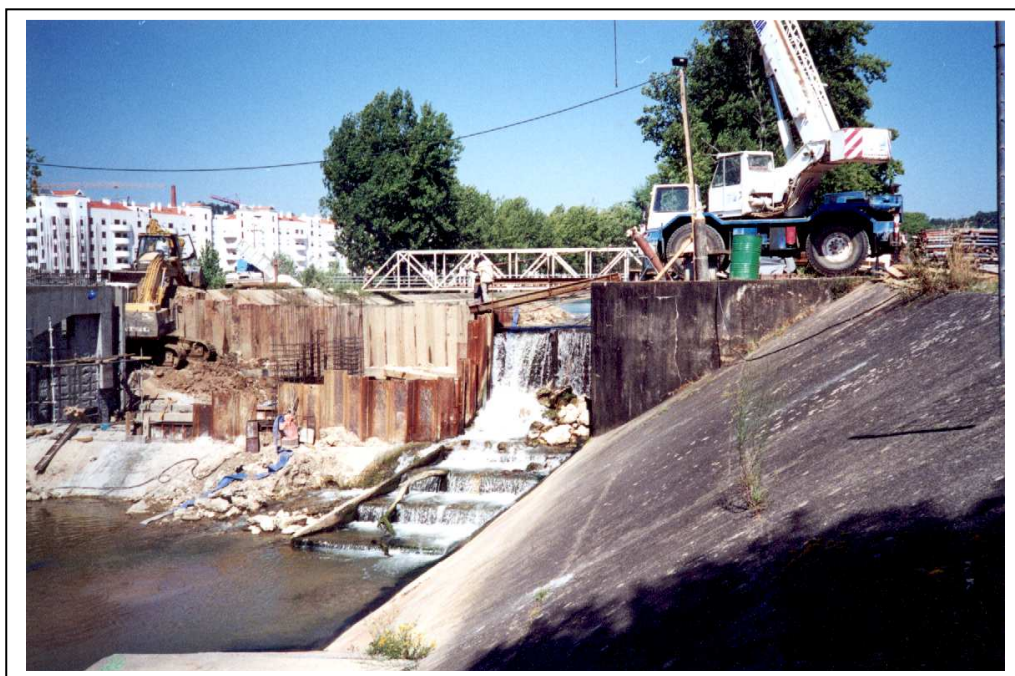


Foto 24 - Rio Lis - Açude do Arrabalde visto de jusante.



Foto 25 - Rio Lis - Aspecto das margens a montante do Açude do Arrabalde.



Foto 26 - Rio Lis - Aspecto das margens a jusante do Açude do Arrabalde.



Foto 27 - Rio Lis - Vista sob a ponte da EN-1, para montante.



Foto 28 - Rio Lis - Vista sob a ponte da EN-1, para jusante.



Foto 29 - Amostra de material sólido recolhido no rio Lis, junto ao perfil L1



Foto 30 – Pormenor de material sólido contido na amostra – Calhau rolado