

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL E HIDRÁULICA
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS
ESTUDO DO MODELO DE GESTÃO DA OBRA DO LIS E DA VIABILIDADE
ECONÓMICA DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA
ESTUDOS TÉCNICOS DE REFERÊNCIA DOS SISTEMAS DE DEFESA
CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM DA OBRA DO LIS
T376.1.2 / NT3
NOTA TÉCNICA N.º 3 – AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO
DOS SISTEMAS DE DEFESA CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM
NOVEMBRO, 2006

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL E HIDRÁULICA

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS

ESTUDO DO MODELO DE GESTÃO DA OBRA DO LIS E DA VIABILIDADE ECONÓMICA DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA

ESTUDOS TÉCNICOS DE REFERÊNCIA DOS SISTEMAS DE DEFESA CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM DA OBRA DO LIS

NOTA TÉCNICA N.º 3 – AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS DE DEFESA CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM

T376.1.2/NT3

NOVEMBRO, 2006

FICHA DE CONTROLO DO TRABALHO

CLIENTE	Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica	
PROCESSO	T376.1.2	
TÍTULO 1	Estudo do Modelo de Gestão da Obra do Lis e da Viabilidade Económica do Aproveitamento Hidroagrícola	
TÍTULO 2	Estudos Técnicos de Referência dos Sistemas de Defesa Contra Cheias e de Drenagem da Obra do Lis	
TÍTULO 3	Avaliação das Condições de Funcionamento dos Sistemas de Defesa Contra Cheias e de Drenagem	
FASE	Nota Técnica N.º 3	
DATA	Edição – Novembro 2006	
GESTOR DE PROJECTO (VER.)	João Carvalho	
RESPONSÁVEL DE PROJECTO (REV.)	-	
COORDENAÇÃO GERAL	Francisco Ramos Bisca	
ENGENHARIA	Patrícia Goulão	
ENGENHARIA	Miguel Santos	
ENGENHARIA	Sandra Pina	
ENGENHARIA	António Gonçalves	
DESENHO (EXE)	Leonel Tomás / João Pedro	
DESENHO (REV)	José Luís	
DIRECTOR DE PRODUÇÃO (VAL.)	António Sobral Rodrigues	

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL E HIDRÁULICA

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS

ESTUDO DO MODELO DE GESTÃO DA OBRA DO LIS E DA VIABILIDADE ECONÓMICA DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA

ESTUDOS TÉCNICOS DE REFERÊNCIA DOS SISTEMAS DE DEFESA CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM DA OBRA DO LIS

T367.1.2 / NT3

NOTA TÉCNICA N.º 3 – AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS DE DEFESA CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM

ÍNDICE DE TEXTO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	ÂMBITO E OBJECTIVOS DO ESTUDO	2
3.	ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIS	3
3.1.	Enquadramento Geral	3
3.2.	Características Geológicas.....	6
3.3.	Hidrogeologia e Sistemas Aquíferos	8
3.4.	Ocupação do Solo	10
3.5.	Clima.....	11
3.6.	Dados de Caudais Medidos e Escoamento	12
3.7.	Estudos Hidrológicos e Hidráulicos de Referência	13
3.7.1.	Estudos e Projectos da Criação da Obra do Lis.....	13
3.7.1.1.	Componente Hidrológica.....	13
3.7.1.2.	Componente Hidráulica.....	16
3.7.2.	Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lis	21
4.	ESTABELECIMENTO E AVALIAÇÃO DOS MODELOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	22
4.1.	Domínio Hídrico	22

4.1.1.	Considerações Gerais	22
4.1.2.	Classificação das Correntes de Água	22
4.1.3.	Conceito de Leito e seus Limites.....	22
4.1.4.	Conceito de Margem e sua Largura	23
4.1.5.	Conceito de Zona Adjacente e sua Largura.....	24
4.1.6.	Zonas Ameaçadas pelo Mar.....	24
4.1.7.	Zonas Ameaçadas pelas Cheias	24
4.1.8.	Condição Jurídica dos Leitos, Margens e Zonas Adjacentes	25
4.1.8.1.	Considerações gerais.....	25
4.1.8.2.	Avanço / Recuo das Águas	25
4.1.8.3.	Reconhecimento da Propriedade Privada Sobre Parcelas de Leitos ou Margens públicos ..	26
4.1.8.4.	Desafectação de Terrenos do Domínio Público Hídrico	27
4.2.	Cenários.....	27
4.3.	Modelação Hidrológica	28
4.4.	Modelação Hidráulica	29
4.4.1.	Considerações Gerais	29
4.4.2.	Rio Lis	30
4.4.3.	Colectores de Encosta.....	32
5.	MODELAÇÃO DOS PROCESSOS DE EROSÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	35
5.1.	Considerações Gerais	35
5.2.	Enquadramento PBHLis	35
5.3.	Modelação da Erosão – Equação Universal de Perda do Solo	36
5.3.1.	Considerações gerais	36
5.3.2.	Factores de cálculo das perdas de solo	38
5.3.2.1.	Factor de Erosividade da Chuvada (R).....	38
5.3.2.2.	Factor de Erodibilidade do Solo (K)	39
5.3.2.3.	Factor Topográfico (LxS).....	40
5.3.2.3.1.	Considerações gerais	40
5.3.2.3.2.	Factor de Comprimento (L)	40
5.3.2.3.3.	Factor de Inclinação (S).....	42
5.3.2.4.	Factor de Cultura (C).....	42
5.3.2.5.	Factor de Práticas Conservativas (P)	45
5.3.2.6.	Erosão Específica.....	45
5.3.2.7.	Produção de Sedimentos	46
5.4.	Metodologia de Avaliação do Transporte Sólido	47
5.4.1.	Considerações gerais	47
5.4.2.	Curva de vazão para fundo móvel.....	49
5.4.3.	Transporte sólido por arrastamento	50
5.4.4.	Transporte sólido em suspensão	53
5.4.5.	Transporte sólido total	55
5.5.	Medidas de Controlo a Adotar na Bacia de Modo a Minimizar o Assoreamento das Linhas de Água na Área do AHVL.....	58
5.6.	Condições para a Existência de Actividade de Exploração de Inertes nos Locais de Desassoreamento.....	61

6. CONCLUSÕES.....	64
--------------------	----

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Características Gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Lis.....	4
Quadro 2 - Características das Principais Linhas de Água.....	4
Quadro 3 - Ocupação do Solo Considerado no Plano de Bacia Hidrográfica do rio Lis	10
Quadro 4 - Principais Características das Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis	12
Quadro 5 - Número de anos com registos de caudais máximos instantâneos nas Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis	13
Quadro 6 - Número de valores registados de caudais médios diários nas Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis	13
Quadro 7 - Valor médio mensal do escoamento em cada Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis.....	13
Quadro 8 - Caudais de Máxima Cheia – Obra do Lis	15
Quadro 9 - Caudais Máximos de Cheia – Obra do Lis	16
Quadro 10 - Caudais de dimensionamento (m^3/s) do leito menor – Obra do Lis	16
Quadro 11 - Modelo Geométrico do rio Lis – Projecto Obra do Lis	17
Quadro 12 - Características Hidráulicas dos Leitos Menores do rio Lis – Projecto Obra do Lis	18
Quadro 13 - Características Hidráulicas dos Leitos Maiores do rio Lis – Projecto Obra do Lis	18
Quadro 14 - Características Hidráulicas do Leito Menor e Maior do rio Lena – Projecto Obra do Lis	19
Quadro 15 - Características Principais dos Colectores de Encosta – Projecto Obra do Lis	20
Quadro 16 - Caudais de Cheia no PBHLis (m^3/s).....	21
Quadro 17 - Caudais de Cheia Calculados nos Estudos de 1942 e no PBH do rio Lis	21
Quadro 18 – Caudais Modelados por Troço – Rio Lis	29
Quadro 19 – Rio Lis, Troços Fluviais	31
Quadro 20 – Colectores de Encosta – Resultados da Modelação	33
Quadro 21 - Factor de erosividade da chuvada (R).....	39
Quadro 22 - Factor de erodibilidade do solo (K)	40
Quadro 23 - Classes de declive e relação entre os factores m, λ e L	42
Quadro 24 - Valores do factor S e factor topográfico (L.S).....	42
Quadro 25 - Classes de ocupação do solo e respectivos valores do factor de cultura C (COS)	43
Quadro 26 - Classes de ocupação do solo e respectivos valores do factor de cultura C (CORINE).....	44
Quadro 27 - Área que as classes de erosão ocupam na bacia hidrográfica	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do rio Lis.....	6
Gráfico 2 - Curvas de Vazão para cada Troço do rio Lis	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Carta Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Lis (Plano Geral da Obra do Lis)	14
Figura 2 – Esquema Indicativo da Largura das Margens	23
Figura 3 – Curva de vazão de fundo móvel ao longo do Colector de Amor	49
Figura 4 – Curva de vazão de fundo móvel ao longo do Colector de Monte Redondo / Carreira	50

Figura 5 – Curva de vazão de fundo móvel no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)	50
Figura 6 – Relação entre caudal líquido e sólido por arrastamento ao longo do Colector de Amor	52
Figura 7 – Relação entre caudal líquido e sólido por arrastamento ao longo do Colector de Monte Redondo / Carreira.....	52
Figura 8 – Relação entre caudal líquido e sólido por arrastamento no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)	53
Figura 9 – Relação entre caudal líquido e sólido por suspensão ao longo do Colector de Amor	54
Figura 10 – Relação entre caudal líquido e sólido por suspensão ao longo do Colector de Monte Redondo - Carreira	55
Figura 11 – Relação entre caudal líquido e sólido por suspensão no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)	55
Figura 12 – Relação entre caudal líquido e sólido total ao longo do Colector de Amor	56
Figura 13 – Relação entre caudal líquido e sólido total ao longo do Colector de Monte Redondo / Carreira	56
Figura 14 – Relação entre caudal líquido e sólido total no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)	57
Figura 15 – Carta da distribuição das obras a efectuar na bacia do rio Lis (desenho n.º 9/REH/1941)	58
Figura 16 – Zona de Intervenção de Correção Torrencial (Fonte: Direcção-Geral das Florestas, 1982)	60

ANEXOS

Anexo A - Quadros

- A1 – Registos dos Caudais na Estação Hidrométrica de Arrabalde, Ponte Mestras e Monte Real
- A2 – Caracterização de Bacias Hidrográficas e Determinação de Caudais
- A3 – Projectos de correcção torrencial na bacia do rio Lis de 1940-1960 (PBHLIS)

Anexo B – Calibrações

Anexo C – Elementos Topográficos

Anexo D – Levantamento Fotográfico das Cheias no Vale do Lis em Outubro 2006 (com o apoio dos elementos fornecidos pela Comissão Administrativa da ARBVL)

Anexo E – Figuras

- E1 – Factor de Erosividade
- E2 – Factor de Erodibilidade
- E3 – Factor Topográfico
- E4 – Factor de Coberturas e Práticas Culturais
- E5 – Perda de Solo

DESENHOS

- 1 – Planta Geral da Bacia Hidrográfica do Rio Lis
- 2 – Mapeamento de Zonas de Risco
- 3 – Modelo de Funcionamento do Sistema Hidráulico

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL E HIDRÁULICA

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS

ESTUDO DO MODELO DE GESTÃO DA OBRA DO LIS E DA VIABILIDADE ECONÓMICA DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA

ESTUDOS TÉCNICOS DE REFERÊNCIA DOS SISTEMAS DE DEFESA CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM DA OBRA DO LIS

T367.1.2 / NT3

NOTA TÉCNICA N.º 3 – AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS DE DEFESA CONTRA CHEIAS E DE DRENAGEM

1. INTRODUÇÃO

A presente Nota Técnica “**T367.1.2/NT3 – Avaliação das Condições de Funcionamento dos Sistemas de Defesa Contra Cheias e de Drenagem**” é realizada no âmbito dos estudos relativos ao “Estudo do Modelo de Gestão da Obra do Lis e da viabilidade económica do Aproveitamento Hidroagrícola” do Vale do Lis.

Este estudo é desenvolvido por etapas, sendo cada uma finalizada com uma Nota Técnica a submeter à análise e aprovação da Comissão Técnica de Acompanhamento.

Após esta Introdução, apresenta-se no capítulo 2 o Âmbito e Objectivos do Estudo e no capítulo 3 uma Análise e Caracterização da Situação de Referência na Bacia Hidrográfica do Rio Lis.

No capítulo 4 analisa-se o Estabelecimento e Avaliação dos Modelos Hidrológicos e Hidráulicos, enquanto no capítulo 5 aborda-se a Modelação dos Processos de Erosão e Transporte de Sedimentos.

Por último, no capítulo 6 efectua-se uma Projecção dos Sistemas para os Cenários de Evolução Futura.

De salientar a disponibilização por parte da Comissão Administrativa de elementos relativos às recentes cheias ocorridas no Vale do Lis, em fins de Outubro de 2006.

2. ÂMBITO E OBJECTIVOS DO ESTUDO

De acordo com o Concurso que deu origem ao presente estudo, o mesmo tem como objectivo a elaboração do “Estudo do Modelo de Gestão da Obra do Lis e da Viabilidade Económica do Aproveitamento Hidroagrícola”, a desenvolver de forma faseada de acordo com o seguinte:

- Os Estudos de Caracterização do Vale e da Obra do Lis, abrangidos pelas seguintes Notas Técnicas:
 - Evolução Histórica do Vale do Lis - Nota Técnica N.º 1;
 - Caracterização Actual da Obra do Lis e do Seu Modelo de Gestão - Nota Técnica N.º 2;
- Estudos Técnicos de Referência dos Sistemas de Defesa Contra Cheias e de Drenagem da Obra do Lis, abrangidos pelas seguintes Notas Técnicas:
 - Avaliação das Condições de Funcionamento dos Sistemas de Defesa contra Cheias e de Drenagem – Nota Técnica N.º 3;
 - Avaliação de Impactes Ambientais, Sociais e Económicos resultantes da evolução dos Sistemas de Defesa contra Cheias e de Drenagem – Nota Técnica N.º 4;
- Estudos de Modelos de Gestão e Organização, abrangido pelas seguintes Notas Técnicas:
 - Proposta de Modelo Integrado de Gestão da Obra do Lis e Organização da ARBVL – Nota Técnica N.º 5;
 - Sistema Tarifário – Nota Técnica N.º 6;
 - Avaliação da Viabilidade Económica da Actividade do Sector Agrícola no Aproveitamento – Nota Técnica N.º 7;
 - Programa Informático de Gestão – Nota Técnica N.º 8;
- Entrega do Relatório Intercalar do Programa Informático de Gestão; e
- Relatório Final.

Na presente Nota Técnica N.º 3 efectua-se a avaliação das condições de funcionamento dos sistemas de defesa contra cheias e de drenagem, incluindo também a produção de sedimentos na bacia, o seu transporte e deposição na área do AHVL, tendo em vista diferentes cenários de evolução decorrentes dos níveis de intervenção de conservação e manutenção dos sistemas.

3. ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIS

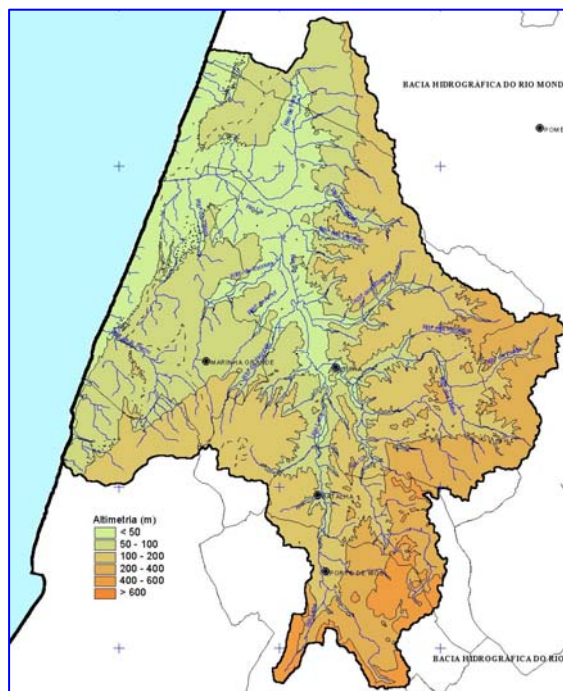
3.1. Enquadramento Geral

A bacia hidrográfica do rio Lis, como os demais rios principais de Portugal, foi alvo de um plano de bacia hidrográfica, o qual, naturalmente, é uma fonte de informação de referência para algumas das temáticas abordadas neste estudo.

Para o enquadramento do presente Estudo, considera-se adequado apresentar uma síntese das principais características da bacia hidrográfica do rio Lis, cuja localização se pode observar no Desenho n.º 1 anexo.

A bacia do rio Lis situa-se na região centro de Portugal. Trata-se de uma bacia costeira confinada a norte pela bacia do Mondego, a Este pela bacia do Tejo e a Sul pela bacia do rio Alcoa, estende-se entre as coordenadas 39°30' e 40°00' de latitude Norte e 8°35' e 8°00' de longitude Oeste.

A bacia hidrográfica do rio Lis, com uma orientação dominante S-NW e uma área total de cerca de 831 km², localiza-se na zona centro do país, abrangendo, no total ou parte, os concelhos de Leiria, Batalha, Marinha Grande, Porto de Mós e Ourém.



O rio Lis nasce perto da serra da Murada, a cerca de 400 m de altitude, perto da povoação de Reguengo do Fetal, indo desaguar em Vieira de Leiria, desenvolvendo-se ao longo de cerca de 40 km. O troço inicial desenvolve-se num vale encaixado com declives acentuados, na ordem dos 15-30%, passando rapidamente para zonas onde a cota não ultrapassa os 100 m, formando no troço intermédio, entre Leiria e Monte Real, níveis extensos de terraços. Na zona da foz o vale encontra-se muito aberto formando extensas planícies aluvionares.

Os principais afluentes do rio Lis são:

- Na Margem Direita: rio de Fora, ribeiro Coimbrão, ribeiro Santo Aleixo, ribeiro do Regato, rio Negro, ribeira da Carreira, ribeira das Várzeas, ribeira Casal Gamito, ribeira dos Milagres, ribeiro Gândara, ribeiro da Caranguejeira, ribeiro Vale Sobreiro, ribeiro Freixial e ribeiro Vale Abadia; e
- Margem Esquerda: ribeiro da Mãe de Água, ribeiro da Tábua, Vala da Pedra, ribeiro do Boco, Vala dos Barreiros, ribeiro Escomo, ribeira de Amor, ribeira do Fagundo, ribeiro do Picheleiro, rio Lena, ribeiro do Freixo, rio Alcaide, ribeiro da Várzea, ribeiro da Calvaria e ribeiro do rio Seco.

Algumas características da bacia hidrográfica do rio Lis estão indicadas no Quadro seguinte.

Quadro 1 - Características Gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Lis

Características	Rio Lis
Área da bacia (km ²)	831
Perímetro da bacia (km)	185
Cota máxima da bacia (m)	614
Comprimento da linha de água principal (km)	40
Altitude máxima da linha de água principal (m)	377
Altitude mínima da linha de água principal (m)	0
Altitude média da bacia (m)	156

Os principais cursos de água principais da bacia são os rios Lis e o Lena, cujos vales, estão orientados no sentido Sul-Norte, são 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, onde apresenta uma planície aluvionar com cerca de 1 km de largura. O litoral é composto por dunas que incluem algumas das mais altas do nosso país (cerca de 50 m).

As características das principais linhas de água da bacia do Lis apresentam-se no quadro seguinte:

Quadro 2 - Características das Principais Linhas de Água

Linha de Água	Classificação decimal	Área da bacia (km ²)	Comprimento da linha de água (km)
Rio Lis	332	831	40
Rio Lena	332 11	165	27

As bacias destes rios são ásperas e pouco cultivadas nas suas partes superiores com altitude máxima próximo dos 600 m.

O rio Lena apresenta-se muito íngreme e encaixado até à confluência com o Alcaide, após Porto de Mós estende-se no meio de um vale não muito largo (com larguras variáveis) a não ser já na proximidade da sua confluência do Lis. O vale do Lena estende-se entre cotas de 100 a 125 m, na sua parte de montante, até à cota 22 m na zona da confluência com o rio Lis. Até à proximidade da Batalha o vale é relativamente estreito, alargando posteriormente. As encostas são constituídas por colinas de altura média e inclinação relativamente suave, principalmente no curso inferior até à confluência com o rio Lis.

O rio Lis nasce de ressurgências de caudal bastante afectado pelas chuvas e a sua bacia desenvolve-se nos calcários permeáveis. Até à localidade de Leiria o vale do Lis é relativamente largo e de características

similares às da parte jusante do vale do Lena, junto a Leiria o rio corre encaixado entre dois cabeços voltando a alargar ainda mais acentuadamente, a jusante da cidade de Leiria.

Esta bacia não tem uma topografia muito acidentada, sendo que cerca de 2/3 da área da bacia se encontra abaixo dos 200 m de altitude. As únicas excepções são os planaltos e serras das regiões sul e sueste, localizadas sobre o Maciço Calcário Estremenho, onde se atingem cotas superiores a 400 m. A altitude máxima da bacia é de 614 m, perto de Serro dos Casais.

O relevo da bacia, é consequência de um conjunto de dunas arredondadas ou truncadas, é pouco acidentado, baixo, e possui uma ligeira pendente para oeste. Cerca de 47% da área da bacia apresenta declives inferiores a 5%, e cerca de 90% inferiores a 15%. Os declives mais acentuados localizam-se, em geral, nas zonas mais altas da bacia, a Sul e a Este, e correspondem a acidentes tectónicos importantes que limitam o sector setentrional do Maciço.

A região hidrográfica do Lis pode subdividir-se nas seguintes principais unidades hidromórficas:

- Troço superior do Lis – sub-bacias do Lis e do Lena, definidas em Leiria. Esta zona desenvolve-se sobre o maciço calcário estremenho, com permeabilidades muito elevada e drenagem essencialmente através de galerias que surgem à superfície no rebordo do maciço;
- Troço inferior do Lis – sub-bacia situada entre a Costa e Leiria. Nesta zona, a sub-bacia pode ainda ser definida em duas zonas: a zona de jusante, entre a Costa e Monte Redondo - Amor, possui declives baixos e estende-se por cascalhos que possuem uma permeabilidade alta (estas características propiciam 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 necessidade de drenagem); e
- Ribeiras da costa atlântica do concelho da Marinha Grande e ribeiras da costa atlântica do concelho de Leiria.

A altitude média da bacia é de cerca de 156 m o que demonstra que toda a bacia do rio Lis é uma bacia situada toda ela a pequena altitude e com predominância dos terrenos baixos. A curva hipsométrica da bacia do Lis está representada no gráfico seguinte:

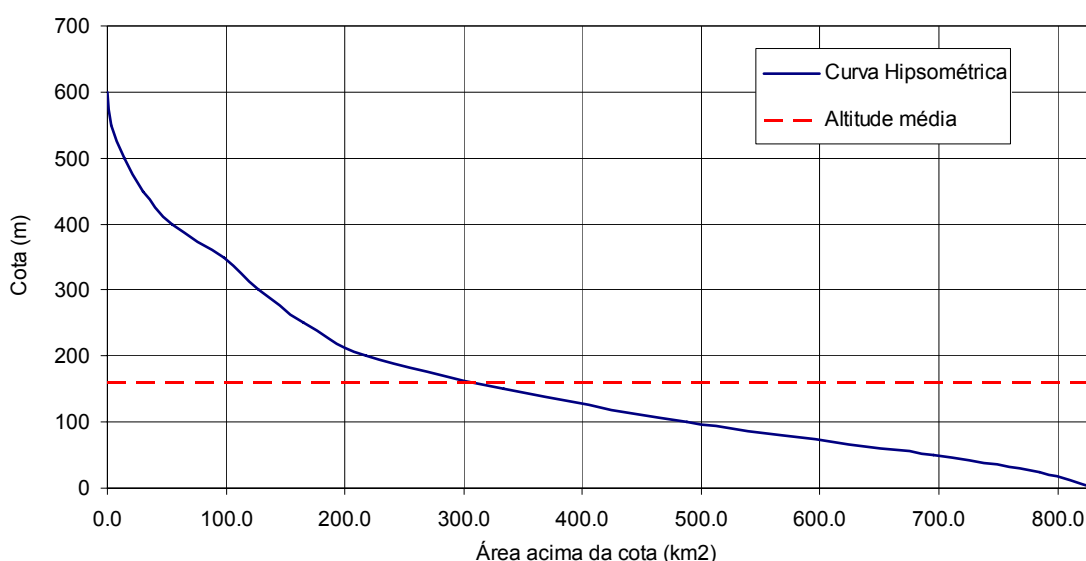


Gráfico 1 - Curva Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do rio Lis

3.2. Características Geológicas

A bacia hidrográfica do Lis estende-se integralmente na Orla Mezoceno-zóica Ocidental, fazendo parte da bordadura ocidental da Meseta, sendo constituída por terrenos pertencentes às eras secundária e terciária. Apresentam-se nela todas as *facies* e variações geológicas que caracterizam a referida bordadura.

As formações mais antigas que surgem na bacia são o Jurássico na parte Sul da mesma, constituindo a parte setentrional do maciço de Porto de Mós e das serras que o rodeiam; tem-se assim o J_1 e J_2 nas cumeadas e na parte superior do maciço e as formações do J_3 nos vales, quer da Mendiga, quer de Mira Minde, prolongando-se para o Norte ao longo do Lena e passando perto de Porto de Mós e da Batalha depois da sua junção. Encontra-se o J_4 em afloramentos paralelos ao J_3 nesta região e estendendo-se até à povoação de Cortes, na bacia superior do Lis. O jurássico aparece novamente, com uma certa extensão, na região entre Maceira e Azóia, assim como na bacia superior ou secundária da ribeira da Caranguejeira, onde aparece o J_4 , podendo-se ainda citar alguns afloramentos isolados em diversas partes da bacia.

O Jurássico de Porto de Mós é constituído por calcários brandos com cefalópodes e com séries de calhaus, cobertos por calcários mais ou menos margosos. O da Batalha é formado por camadas grossas de calcários bastantes puros e oolíticos. O J_3 e J_4 é constituído por calcários margosos com intercalações gresosas, apresentando no J_4 algumas argilas, raras, e um grande desenvolvimento de grés. Em conclusão, o J é constituído por calcários mais ou menos compactos e bastante fendidos, com algumas intercalações gresosas e margosas.

A seguir ao Jurássico o mais representado na bacia é o Cretácico, também com uma certa extensão. Aparece principalmente e com grande desenvolvimento nas bacias das ribeiras da Curvachia e da Caranguejeira ou Sirol, que são quase exclusivamente constituídas por tais formações, apresentando em

grandes extensões o C_2 , recoberto na zona marginal ocidental pelo C_3 , que por sua vez da passagem ao pliocénico. Nas mesmas formações e no J_4 se desenvolve a parte de montante da bacia do ribeiro dos Milagres.

Afloramentos, com menos extensão, do C_2 aparecem ao longo do rio Seco, na região entre Cortes e Azóia, entre as bacias dos rios Lis e Lena e nas proximidades da Maceira. O C_3 aparece em afloramentos entre a Batalha e a Azóia, ao longo do ribeiro dos Milagres, junto da povoação dos Milagres e nalguns outros pontos isolados da bacia (proximidades da Maceira).

O Cretácico nesta região é principalmente entre e Leiria e Ourém é formado litologicamente por potentes camadas de grés com conglomerados, cobertos por algumas camadas de margas calcários e tendo na parte superior os calcários apinhoados do turoniano. É nesta formação que se desenvolve o canhão da Caranguejeira.

Existe ainda na bacia um certo número de afloramentos e intrusões de rochas de origem ígnea: nomeadamente indícios da camada basáltica ao pé de Leiria e de Monte Real; o castelo de Leiria está edificado sobre ofite, que também aparece noutros pontos da região, como seja junto de Monte Redondo, entre Batalha e Porto de Mós, ao longo do Lena e noutros pontos isolados (Alqueidão, Maceira, etc.).

O miocénico aparece com um certo desenvolvimento ao Sul da Marinha Grande e nas bacias do rio Carreira e da ribeira das Várzeas; também se encontra na parte superior da bacia do rio de Fora e em formações não muito extensas junto à povoação de Amor. Encontram-se nesta formação bancos de grés com cimento calcário, calcários gresosos e argilosos e algumas argilas e conglomerados.

Numa grande extensão aparece o pliocénico nesta bacia, o qual se estende de Alcobaça a Aveiro, formando uma grande zona relativamente plana, constituída litologicamente por areias finas. Está separado do mar por uma série de cadeias de dunas de vários quilómetros de largura, não deixando comunicar facilmente com o litoral senão por alguns rios bastante afastados uns dos outros.

Estende-se, interrompido apenas por pequenos afloramentos de outras formações, desde as dunas marítimas até as proximidades de Leiria, limitado por uma linha passando ao Sul da Marinha Grande, Leiria e Colmeias; além desta zona, ainda apresenta uma grande reentrância na bacia do ribeiro do Caranguejeira, assim como ao longo da bacia do Lena até à região de Porto de Mós, sem contar com outros afloramentos esporádicos em diversos pontos da bacia.

Ao longo dos cursos do Lena e do Lis, entre Porto de Mós e Batalha e de Leiria para jusante, aparecem formações de aluvião.

Na altura da ponte Bajanca, seguindo uma linha mais ou menos paralela à costa, tem início a formação dunar, com dunas fixadas na sua maior parte.

De referir um fenómeno tectónico que se dá em Monte Real: trata-se da existência de um vale tifónico, com o conseqüente aparecimento de rochas intrusivas, formações triássicas, gesso e sal-gema, de onde

se julga possa provir o nome do campo das Salgadas, caracterizado por uma nascente fornecendo água salgada.

Em relação à bacia hidrográfica e circulação superficial, devido às nascentes do Lis, Lena e Alcaide serem ressurgências, não coincide com certeza a bacia topográfica com aquela. É este um fenómeno muito frequente das regiões em que os terrenos são constituídos por calcários fendidos e com grande circulação interna. Este facto dá-se muito acentuadamente nas bacias superiores do Lena e do seu afluente Alcaide, que nascem em montanhas calcárias, como a extremidade norte do maciço de Porto de Mós e os vales e serras que o rodeiam, que constituem uma série de bacias de vertente. A circulação superficial é nula e muito intensa a subterrânea por meio de uma permeabilidade em grande.

A região ocupada pelo Cretácico apresenta características diferentes, pois os calcários que nela aparecem não são fendidos e existe portanto uma circulação superficial apreciável. O mesmo se pode dizer dos terrenos pliocénicos e miocénicos, que, apesar de serem constituídos na maior parte por areias, tem uma circulação superficial intensa e corresponde às chuvas, devido à existência de numerosas intercalações argilosas impermeáveis. A circulação superficial é outra vez mínima ou nula nas dunas, em que toda a água caída se infiltra no terreno, como é natural, dada a sua composição.

Existe ainda uma zona, situada a montante de Leiria, na qual os terrenos do Jurássico e do Cretácico são suficientemente coerentes para oporem resistência à desagregação; os terrenos do miocénico podem ser considerados como semi-coerentes e todos aqueles que constituem o pliocénico e as dunas são nitidamente incoerentes, desagregando-se com grande facilidade, situação a ter em consideração na análise do fenómeno da hidrologia torrencial.

3.3. Hidrogeologia e Sistemas Aquíferos

A hidrogeologia da bacia hidrográfica do Lis distingue-se pela existência de alguns sistemas aquíferos importantes, que se relacionam com a existência de formações calcárias e detríticas.

A organização sequencial dos sedimentos e a tectónica, em particular a tectónica diapírica, tiveram um papel importante na organização e distribuição daqueles sistemas.

A organização sequencial dos sedimentos individualiza, verticalmente, formações com comportamento hidrogeológico diverso, criando alternâncias, mais ou menos cíclicas, de aquíferos, aquíferos e aquíferos. Formam-se, assim, sistemas aquíferos multicamada, com escoamentos por drenância intercadas do sistema, de acordo com o potencial hidráulico local: genericamente descendente nas zonas de recarga e ascendente nas de descarga.

Algumas estruturas evaporíticas deram origem a vales tíficos onde, por efeito da erosão dos sedimentos evaporíticos, se formaram importantes bacias de sedimentação de material detrítico com elevado potencial aquífero. Noutros casos, as estruturas evaporíticas formam sub-domínios aflorantes ou sub-aflorantes (Leiria, Monte Real). Estes terrenos têm produtividade muito baixa e são locais onde a água de circulação adquire forte mineralização, com fácies aniónicas cloretadas e/ou sulfatadas, que

contaminam a água das formações adjacentes. Este tipo de contaminação também é comum nas águas da base dos sedimentos que preenchem os vales tifónicos.

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 que se desenvolvem pela dissolução dos carbonatos, provocada pela própria água do escoamento do aquífero. A infiltração, quando a superfície se encontra carsificada, livre de cobertura sedimentar, 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 evidenciado 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 (Cretácico inferior) sobressaem pela sua importância aquífera. Já os terrenos representativos de outro grande episódio de espessa sedimentação detrítica na Bacia Lusitaniana, ocorrido no 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.

As diversas formações ocorrentes podem ser agrupadas, em função da sua produtividade, em:

- Formações muito produtivas;
- Formações de produtividade média; e
- Formações pouco produtivas.

No primeiro grupo incluem-se os calcários do Liásico e Dogger que constituem os sistemas aquíferos de Maceira e Maciço Calcário Estremenho. No entanto, deve-se sublinhar que, embora neste tipo de aquíferos seja possível obter caudais muito elevados, a implantação das captações é extremamente difícil, sendo numerosos os casos de insucesso ou de captações com caudais muito fracos.

No segundo grupo incluem-se as formações carbonatadas e detríticas do Cretácico, formações detríticas do Miocénico e Plio-Quaternário. Estas formações podem produzir caudais relativamente elevados, embora a maioria das captações forneçam caudais médios (medianas entre 2 e 5 L/s).

Nas formações pouco produtivas incluem-se os arenitos do Jurássico superior, as formações do paleogénico e as formações margosas do Liásico, incluindo as margas de Dagorda.

Quando as formações com produtividade média ou alta apresentam uma continuidade e extensão razoáveis é possível considerar unidades aquíferas independentes (sistemas aquíferos). Nos casos em que os aquíferos têm pequena extensão a sua caracterização faz-se em conjunto.

3.4. Ocupação do Solo

A ocupação do solo para a área de influência do PBHL foi realizada nesse estudo tendo em conta a seguinte cartografia:

- Carta de Ocupação do Solo de Portugal Continental, produzida pelo CNIG à escala 1:25000, cuja fotografia aérea data de 1990, disponível a partir de 25 de Novembro de 1998, abrangendo a área Norte do Plano de Bacia Hidrográfica do Lis (PBHL);
- Carta CORINE Land Cover - à escala 1:100000 de 1985, abrangendo toda a área do Plano de Bacia Hidrográfica do Lis (PBHL); e
- Carta com o uso dominante do solo segundo os Planos Directores Municipais, produzida pela DGOT.

Da análise da distribuição da ocupação do solo pelas várias classes resultou o Quadro seguinte onde se apresenta a descrição dos espaços em áreas (ha) e em percentagens.

Quadro 3 - Ocupação do Solo Considerado no Plano de Bacia Hidrográfica do rio Lis

Classes		Área Norte do PBHL		Área Sul do PBHL	
		Uso do Solo (ha)	Uso do Solo (%)	CORINE (ha)	CORINE (%)
1	Territórios artificializados	3694	7,0	1238	2,5
1.1	Urbano	3274	6,2	993	2,0
1.2	Zonas industriais	393	0,7	245	0,5
1.3	Espaços verdes artificiais	27	0,1	0	0,0
2	Agrícolas	12174	23,1	20070	41,3
2.1	Culturas anuais de sequeiro e prados permanentes	4657	8,8	3957	8,1
2.2	Regadio	3060	5,8	0	0,0
2.3	Arrozais	0	0,0	0	0,0
2.4	Pomares	1749	3,3	5020	10,3
2.5	Mosaico policultural	439	0,8	9491	19,5
2.6	Mosaico agroflorestal	2270	4,3	1602	3,3
3	Floresta	33860	64,2	20411	42,0
3.1	Folhosas	2367	4,5	9134	18,8
3.2	Resinosas	31493	59,7	11277	23,2
4	Formações arbustivas, áreas degradadas	2435	4,6	6095	12,5
5	Meios semi-naturais	523	1,0	791	1,6
5.1	Improdutivos	3	0,0	0	0,0
5.2	Zonas descobertas sem ou com pouca vegetação	520	1,0	791	1,6
6	Zonas Húmidas	27	0,1	0	0,0

Como se pode verificar pela análise do Quadro, das seis classes principais salientam-se as classes 2 e 3, respectivamente, Áreas Agrícolas e Florestas, as quais representam a maior percentagem de área ocupada (cerca de 87% na área Norte da bacia e 83% na área Sul da Bacia)

Em termos gerais, verifica-se a predominância dos espaços florestais, nomeadamente as áreas ocupadas por resinosas seguida pelas ocupações agrícolas, quer na área Norte quer na área Sul do PBHL. Saliente-se que na área Norte os espaços florestais ocupam cerca de 64% da área total desta parcela, e na área Sul correspondem a cerca de 42% da sua área.

Em termos de representatividade, na área Norte do PBHL surgem as áreas pertencentes às ocupações agrícolas entre as quais se destacam as áreas das culturas anuais de sequeiro e prados permanentes (8,8%), que se encontram distribuídas um pouco por toda esta área, seguidas pelas áreas de regadio (5,8%) que se encontram distribuídas ao longo das linhas de água. Salienta-se ainda a ocupação dos espaços artificializados, principalmente no que diz respeito aos espaços urbanos que ocupam 6% desta área do PBHL. No que se refere à área Sul do plano surgem também as áreas pertencentes às ocupações agrícolas entre as quais se destacam as áreas de mosaico policultural (19,5%) e as áreas correspondentes a pomares (10,3%). As formações arbustivas e áreas degradadas apresentam nesta área do plano uma ocupação considerável cerca de 12,5%. Por fim, os territórios artificializados correspondem, nesta parte do plano, a 2,5% da ocupação.

No que se refere às restantes classes, os meios semi-naturais e zonas húmidas, não registam ocupações significativas ao nível da área do PBHL.

3.5. Clima

O clima prevalecente na bacia hidrográfica do rio Lis resulta das influências mediterrânica e atlântica. A influência mediterrânica faz-se sentir predominantemente no verão, estando associada a temperaturas e insolação elevadas e a uma quase total ausência de precipitação. A influência atlântica caracteriza-se pelas superfícies frontais predominantes no Inverno e que, deslocando-se de oeste para este, são responsáveis pela maior parte da precipitação que ocorre sobre a bacia. A um verão quente e praticamente sem precipitação, opõe-se um Inverno com temperaturas suaves mas bastante pluvioso.

Os ventos predominantes são de Norte e Noroeste e fazem-se sentir sobretudo no Verão. A sua acção é sensível em quase toda a bacia devido ao declive suave da bacia e à orientação Norte-Sul dos vales largos dos rios Lis e Lena. As características litorais da bacia do Lis e o seu relevo propiciam a ocorrência de nevoeiros, sobretudo no Verão. Este fenómeno meteorológico é uma importante fonte de água para a agricultura, sobretudo no Verão, substituindo parcialmente a precipitação que não se faz sentir nessa época do ano.

De acordo com esta classificação (Köppen, 1936; Azevedo, 1971), com características amplamente regionais, o clima da bacia é do tipo **Csb**, isto é, mesotérmico (temperado) húmido, com estação seca no Verão, o qual é moderadamente quente mas extenso. Este tipo climático é caracteristicamente mediterrânico, com influência oceânica.

A classificação de Thornthwaite, é estruturada no balanço hídrico mensal local (Thornthwaite & Mather, 1955), tendo em conta a ETP de Thornthwaite, a precipitação e a capacidade de reserva de água utilizável

no solo (U). Utilizam-se combinações de 4 índices para classificar o clima de cada local: o índice hídrico (IH) para caracterizar o regime hídrico anual; a ETP anual (eficiência térmica, Ea) para caracterizar o regime térmico anual; o índice de humidade (lh) ou o índice de aridez (la) para caracterizar o regime hídrico sazonal e a concentração de ETP nos 3 meses mais quentes (Ev) para caracterizar o regime térmico sazonal através da importância relativa do Verão.

Na bacia do Lis dominam climas do tipo B1 B'2 s a', embora junto à costa e a sul sejam mais secos, dos tipos C2 e C1.

A temperatura média anual na bacia é de cerca de 15 °C, sendo a temperatura média anual na faixa costeira, até Leiria, da ordem de 13 °C e de 17 °C nas cabeceiras. A temperatura média mensal na Estação Climatológica de São Pedro de Moel varia entre os 10 °C, em Janeiro, e os 18 °C, em Agosto.

A evapotranspiração potencial anual média tem valores entre os 700 e os 800 mm, com evapotranspiração real anual média de cerca de 600 mm.

A insolação anual é de cerca de 2500 horas e a radiação solar inferior a 145 kcal/cm².

A precipitação anual média ponderada sobre a bacia é de 935 mm, ocorrendo os maiores valores anuais médios nas zonas montanhosas das cabeceiras da bacia e os menores na zona junto à costa. O regime pluviométrico na bacia é caracterizado por um semestre chuvoso, que corresponde à estação fria, e um semestre seco que corresponde à estação quente, características típicas de um clima mediterrânico.

Assim, a precipitação concentra-se no semestre mais húmido (Outubro a Março) e os seus valores médios decrescem no sentido das zonas de cabeceiras da bacia para a faixa litoral. Trata-se de um clima de características mediterrâneas, mas onde a presença do Oceano se faz sentir ao longo do ano. Quanto ao clima pode considerar-se moderadamente chuvoso. As precipitações acumuladas no “Verão” e no “Inverno” meteorológicos, cerca de 5,6 e 41,0% do total anual, revelam características de secura e de humidade típicas dos climas mediterrâneos.

3.6. Dados de Caudais Medidos e Escoamento

Em termos de dados de caudais medidos e escoamentos, existem 3 estações hidrométricas na bacia do Lis (Ponte Mestras, Açude de Arrabalde e Monte Real), com registos de caudal médio diário e caudal máximo instantâneo e de escoamento mensal cujas características se podem observar no quadro seguinte e os principais registos no Anexo 1.

Quadro 4 - Principais Características das Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis

Designação	Código	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Área (km ²)
Açude de Arrabalde	15E/05	39° 75'	8° 82'	23,83	239
Ponte Mestras	15E/03	39° 75'	8° 82'	23,03	188
Monte Real	14D/03	39° 85'	8° 85'	6,43	632

Os registos de dados de caudal máximo instantâneo apresentam séries muito curtas, mas quanto a registos de caudais médios diários e de escoamento mensal já apresentam uma série de dados razoável.

O número de anos com registos de caudais máximos anuais instantâneos apresenta-se no Quadro seguinte:

Quadro 5 - Número de anos com registos de caudais máximos instantâneos nas Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis

Designação	N.º Valores	N.º Anos
Açude de Arrabalde	9	8 (1981/89)
Ponte Mestras	9	8 (1981/89)
Monte Real	13	13 (1939/52)

O Quadro seguinte refere-se ao número de valores registados de caudais médios diários:

Quadro 6 - Número de valores registados de caudais médios diários nas Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis

Designação	N.º valores	N.º Anos
Açude de Arrabalde	2911	8 (1982/90)
Ponte Mestras	3836	10 (1980/90)
Monte Real	5690	16 (1938/54)

Os números de anos de registos de escoamentos mensais bem como o valor médio mensal do escoamento em cada estação apresenta-se a tabela seguinte:

Quadro 7 - Valor médio mensal do escoamento em cada Estações Hidrométricas na Bacia Hidrográfica do rio Lis

Designação	N.º valores	N.º Anos	Escoamento médio mensal (dam ³)
Açude de Arrabalde	112	10 (1980/90)	6 407
Ponte Mestras	122	10 (1980/90)	3 405
Monte Real	166	14 (1938/52)	16 769

3.7. Estudos Hidrológicos e Hidráulicos de Referência

3.7.1. Estudos e Projectos da Criação da Obra do Lis

3.7.1.1. Componente Hidrológica

Nos anos quarenta tiveram início os Estudos, Projectos e Obras referentes à Sistematização Fluvial do rio Lis, conforme detalhadamente descritos nas Notas Técnicas N.º 1 e N.º 2 do presente estudo.

Carta hipsométrica da bacia do rio Lis

A detailed topographic map of the Lis river basin in Portugal. The map uses a color gradient to represent elevation, with green for low-lying areas and brown/orange for higher elevations. The Atlantic Ocean is labeled 'OCEANO ATLANTICO' along the coast. Major cities and towns are marked with dots and labeled, including Lisbon, Coimbra, and Évora. The river network is shown in blue, with the main river, the Lis, flowing from the interior towards the coast. The map is oriented with North at the top.

Foi então seleccionada a estação hidrométrica de Ponte dos Anjos, no rio Lis, em Leiria, pois era o posto para o qual se possuía maior número de dados merecedores de confiança e também por estar na

entrada do rio Lis. Efectivamente, esta estação possuía, à data, os dados dos caudais médios no período de 1 de Janeiro de 1935 a 31 de Dezembro de 1940. Os seus dados foram todavia confrontados com os registos disponíveis no posto udométrico de Coimbra, o posto com maior número de registos (75 anos) e que possuía características climatológicas bastante próximas da bacia do Lis.

O período das observações na Ponte dos Anjos correspondia ao máximo de um desses ciclos e ao máximo valor registado em Coimbra, como média dos seis anos de precipitações desde 1866 até à actualidade. Concluiu-se então que o período de seis anos para o qual se possuía observações era aquele que maior segurança nos fornecia entre todos os que em condições semelhantes se poderiam ter escolhido no último lapso de 75 anos. Os valores de cheias convenientemente deduzidos daqueles números não poderão ser afectados pelo facto das observações terem correspondido a um período de anos favoráveis sob o ponto de vista hidrológico.

Para o cálculo do caudal de máxima cheia foram considerados os seguintes métodos: Máximo caudal registado; Caudal calculado a partir do conhecimento das cheias anteriores e da pluviometria com tempo de escoamento igual a dois dias; Caudal calculado a partir do conhecimento das cheias anteriores e da pluviometria com tempo de escoamento igual a 1,18 dias; Caudal calculado por fórmulas empíricas (de Iskowski e de Giandotti); Caudal deduzido do método estatístico (Período de retorno de 50 anos, Período de retorno de 100 anos e Critério estatístico económico).

Os valores então obtidos foram os seguintes:

Quadro 8 - Caudais de Máxima Cheia – Obra do Lis

Método de cálculo para determinação do caudal de máxima cheia		Q (m ³ /s)
Máximo caudal registado		154
Caudal calculado a partir do conhecimento das cheias anteriores e da pluviometria		
	com tempo de escoamento igual a 2 dias	173
	com tempo de escoamento igual a 1,18 dias	215
Caudal calculado por fórmulas empíricas		
	Fórmula de Iskowski	207
	Fórmula de Giandotti	181
Caudal deduzido do método estatístico		
	Período de retorno de 50 anos	200
	Período de retorno de 100 anos	217
	Critério estatístico económico	210

Para o dimensionamento das obras, o caudal considerado em Leiria na secção de confluência das ribeiras do Sirol e rio Lena, foi de 210 m³/s.

Após a determinação do caudal adoptado na secção referida foram então deduzidos os caudais que se utilizaram para o cálculo das secções dos outros troços do rio, assim como dos troços afluentes (Lena, Milagres, Barosa, Pinto, Casal Cabrito e Várzeas) compreendidos no vale, os quais se podem observar no quadro seguinte, conjuntamente com alguns dos valores estimados para a presente análise.

Quadro 9 - Caudais Máximos de Cheia – Obra do Lis

		Q_{Max} (m ³ /s)	$Q_{T=100anos}$ (modelo) (m ³ /s)
Rio Lis	Confluência do Sirol – Confluência do Lena	210	185
	Confluência do Lena – Confluência dos Milagres	330	347
	Confluência dos Milagres – Confluência das Várzeas	360	386
	Confluência das Várzeas – Ponte da Bajanca	390	410
	Ponte da Bajanca – Foz	420	475
Rio Lena	Ponte de Porto Moniz – confluência com o rio Lis	150	174
Ribeiro dos Milagres	Ponte da Pedra – confluência com o rio Lis	40	62
Ribeiro do Pinto	Troço terminal	5	-
Ribeiro da Barosa	Troço terminal	7	-
Ribeiro do Casal Cabrito	Troço terminal	6	-
Ribeiro das Várzeas		11	-

Nos rios Lis e Lena considerou-se a construção de um leito de secção composta, leito menor e leito maior. Os caudais adoptados para fixar as dimensões do leito menor podem ser observados no quadro seguinte.

Quadro 10 - Caudais de dimensionamento (m³/s) do leito menor – Obra do Lis

Confluência do Sirol – Confluência do Lena	30
Confluência do Lena – Confluência dos Milagres	48
Confluência dos Milagres – Confluência das Várzeas	54
Confluência das Várzeas – Ponte da Bajanca	58
Rio Lena – Troço Inferior	20

3.7.1.2. Componente Hidráulica

As obras de regularização tiveram início a cerca de 1 km da cidade de Leiria, a 167 m a jusante da Ponte de Arrabalde. A montante da Ponte do Arrabalde o leito do rio Lis não foi objecto de alteração.

A zona do leito de secção composta teve o seu início a 100 m a jusante da Ponte de Arrabalde (cota 25,51 m) e a sua transição para um leito único foi efectuada por meio de um degrau de 2,50 m. No quadro

seguinte pode-se observar em síntese as inclinações e os respectivos desenvolvimentos do rio Lis projectado.

Quadro 11 - Modelo Geométrico do rio Lis – Projecto Obra do Lis

Secções	Inclinação (m/m)	Desenvolvimento (m)
Degrau de Arrabalde	0,0016	1496
Confluência com o rio Lena	0,0015	4602
Confluência com a ribeira dos Milagres	0,0013	1381
Confluência com o ribeiro do Casal Cabrito	0,0012	3218
Secção na Ponte da Ruivaqueira	0,0011	2691
Confluência com a Vala Nacional dos Barreiros	0,0008	732
Secção na Ponte de Monte Real	0,0006	7820
Secção na Ponte da Bajanca	0,0002	1694
Secção na Foz do rio Lis		

A implantação do eixo do novo rio Lis foi então estabelecida praticamente segundo o seu traçado de referência. Este traçado longitudinal é constituído por uma série de alinhamentos rectos e troços curvos, arcos de círculo com concordâncias parabólicas.

O eixo do leito menor coincide com o do leito maior, com excepção das curvas mais apertadas, em que se desloca ligeira e proporcionalmente a curvatura, aproximando-se da margem concava, de maneira a acompanhar, sensivelmente, o andamento das máximas velocidades da corrente. Esta deslocação foi acompanhada de uma deslocação do vértice da curva referente ao eixo do leito menor, para jusante.

As características das secções transversais adoptadas nos diversos troços do rio Lis no projecto da Obra do Lis foram as seguintes:

- O leito menor tem o fundo inclinado simetricamente em relação à linha de talvegue com 10 de base por 1 de altura;
- As margens do leito menor têm inclinações de 2 de base por 1 de altura;
- Ao longo dos diversos troços o leito menor tem o seu rasto variável desde 4 m até 7,5 m;
- O leito maior é constituído por golenas com a inclinação de 20 de base por 1 de altura
- As margens do leito maior têm inclinações de 3 de base por 2 de altura;
- Ao longo dos diversos troços o leito maior tem o seu rasto variável desde 17 m até 40 m.

No quadro seguinte pode-se observar as características hidráulicas dos leitos menores do troço regularizado do rio Lis.

Quadro 12 - Características Hidráulicas dos Leitos Menores do rio Lis – Projecto Obra do Lis

Secção	Q (m³/s)	i (m/m)	Rasto (m)	Movimento uniforme	
				h _u (m)	v _u (m/s)
Degrau de Arrabalde	30	0,0016	4,0	2,50	1,72
Confluência com o rio Lena	48	0,0015	5,0	2,90	1,95
Confluência com a ribeira dos Milagres	54	0,0013	5,5	3,15	1,87
Confluência com o ribeiro do Casal Cabrito	54	0,0012	6,0	3,10	1,81
Secção na Ponte da Ruivaqueira	54	0,0011	6,0	3,20	1,74
Confluência com a Vala Nacional dos Barreiros	58	0,0008	6,5	3,50	1,59
Secção na Ponte de Monte Real	58	0,0006	7,0	3,65	1,42
Secção na Ponte da Bajanca	-	0,0002	-	-	-
Secção na Foz do rio Lis	-	0,0002	-	-	-

No quadro seguinte pode-se observar as características hidráulicas dos leitos maiores do troço regularizado do rio Lis.

Quadro 13 - Características Hidráulicas dos Leitos Maiores do rio Lis – Projecto Obra do Lis

Secção	Q (m³/s)	i (m/m)	Rasto (m)	Movimento uniforme	
				h _u (m)	v _u (m/s)
Degrau de Arrabalde	210	0,0016	17,00	5,28	2,80
Confluência com o rio Lena	330	0,0015	23,00	6,00	3,02
Confluência com a ribeira dos Milagres	360	0,0013	28,00	6,28	2,85
Confluência com o ribeiro do Casal Cabrito	360	0,0012	30,00	6,44	2,65
Secção na Ponte da Ruivaqueira	360	0,0011	30,00	6,25	2,77
Confluência com a Vala Nacional dos Barreiros	390	0,0008	32,00	7,00	2,42
Secção na Ponte de Monte Real	390	0,0006	40,00	7,16	2,07
Secção na Ponte da Bajanca	390	0,0006	30,00	4,68	2,10
Degrau de Arrabalde	420	0,0002	40,00	6,50	1,48
Confluência com o rio Lena					

As condições de escoamento mais desfavoráveis no rio Lis verificam-se quando a altura da maré na foz atinge a sua altura máxima, que é sensivelmente de 5 m (Zero Hidrográfico)

A transição entre o troço em que o rio possui leitos menor e maior, e aquele em que o leito é único, foi definida de forma muito gradual, estendendo-se ao longo de 1 km de comprimento, e sendo obtida por sucessivo abaixamento de cota de coroamento do leito menor, em relação ao talvegue e progressivo

alargamento deste conservando o paralelismo da golena, até sua desapareição, ampliando-se a seguir o leito maior até obter o rasto desejado.

Entre o nível de regolfo do caudal de máxima cheia e a cota de coroamento das motas, foi considerada uma folga de 0,5 m, na zona entre a foz e a transição, e de 0,4 m a montante de Monte Real. Entre a transição e Monte Real considerou-se a mota paralela à linha de talvegue.

No que respeita ao rio Lena, o mesmo é o único afluente do rio Lis que possui secção múltipla, sendo que o limite das obras de regularização do rio Lena foi a localidade de Porto Moniz, com um desenvolvimento da ordem dos 1528 m

Na definição dos leitos foi considerada uma folga de 0,4 m acima da curva de regolfo dos caudais de máxima cheia, apresentando-se no quadro seguinte as características hidráulicas das secções de projecto do troço regularização do rio Lena.

Quadro 14 - Características Hidráulicas do Leito Menor e Maior do rio Lena – Projecto Obra do Lis

Leito	Q (m ³ /s)	Rasto (m)	Movimento uniforme	
			h _u (m)	v _u
				(m/s)
Leito menor	25	3,00	2,40	1,7
Leito maior	150	14,00	4,80	2,76

No Projecto da Obra do Lis também foram realizadas um conjunto de intervenções de regularização em alguns troços de ribeiras, ribeiros e colectores afluentes ao rio Lis, que se sintetizam nos parágrafos seguintes com base no auto de entrega.

A secção regularizada da ribeira dos Milagres apresenta um rasto de 2 m com uma inclinação de 0,004 m/m. Para o caudal de 39,4 m³/s, corresponde uma velocidade de 2,6 m/s e uma altura de água de 2,6 m, tendo um desenvolvimento de 335 m.

A secção regularizada da ribeira do Casal Cabrito apresenta um rasto de 0,5 m com uma inclinação de 0,003 m/m. Para o caudal de 5,9 m³/s, corresponde uma velocidade de 1,3 m/s e uma altura de água de 1,7 m, tendo um desenvolvimento de 600 m.

A secção regularizada da ribeira do Barosa apresenta um rasto de 0,5 m com uma inclinação de 0,004 m/m. Para o caudal de 7,2 m³/s, corresponde uma velocidade de 1,6 m/s e uma altura de água de 1,6 m, tendo um desenvolvimento de 791 m.

A secção regularizada da ribeira do Pinto apresenta um rasto de 0,5 m com uma inclinação de 0,002 m/m. Para o caudal de 5,4 m³/s, corresponde uma velocidade de 1,2 m/s e uma altura de água de 1,9 m, tendo um desenvolvimento de 335 m.

A secção regularizada do ribeiro dos Parceiros apresenta um rasto de 1,5 m com uma inclinação de 0,002 m/m, tendo um desenvolvimento de 226 m.

A secção regularizada da ribeira das Várzeas apresenta um rasto de 1,0 m com uma inclinação de 0,002 m/m. Para o caudal de 11,0 m³/s, corresponde uma velocidade de 1,4 m/s e uma altura de água de 2,0 m, tendo um desenvolvimento de 433 m.

No que respeita aos colectores de encosta, cujas características detalhadas foram apresentadas em Notas Técnicas anteriores, pode-se observar no quadro seguinte as suas características principais em síntese.

Quadro 15 - Características Principais dos Colectores de Encosta – Projecto Obra do Lis

Designação	Desenvolv. (m)	Declive (m/m)	Rasto (m)	Taludes (V:H)	Profund. máxima (m)	Capacidade de vazão máxima (m ³ /s)	Secção
Colector de Amor	1050	0,000478	2,5	1:1,50	1,6	3,3	Descarga Bloco IV Gravítica
							Até confluência do rib. Fagundo
	2050	0,000478	2,5	1:1,50	2,0	5,2	Ribeiro Fagundo
							Confluência do rib. Fagundo
	3120	0,000478	2,5	1:1,50	3,0	12,2	Ribeiro de Amor
							Confluência do rib. de Amor
							Ribeiro dos Vales
							Confluência do rib. dos Vales
	4150	0,000478	2,5	1:1,50	3,4	16,8	Ribeiro da Marinha e Vala de Cintura da Marinha
							Confluência do rib. da Marinha
							Ribeira Segodim
							Confluência da rib. Segodim até final do colector
Ribeiro da Marinha	2243	0,002000	2,5	1:1,50	2,4	15,7	Ribeira da Escoura
Vala de Cintura da Marinha	2484	0,000200	0,8	1:1,50	1,4	0,9	
Colector do Boco	4301	0,000200	1,0	1:1,50	1,6	1,3	Ribeiro da Granja
							Até confluência da rib. Moinhos de Carvide
	2129	0,000200	2,0	1:1,50	2,5	4,9	Ribeira Moinhos de Carvide
	810	0,000373	2,0	1:1,50	2,5	6,6	Confluência da rib. Moinhos de Carvide
Colector de Monte Redondo / Carreira	3400	0,000400	2,5	1:1,50	2,7	8,8	Confluência da Aroeira
							Início do colector
		0,000400	2,5	1:1,50	3,2	13,5	Junto da confluência do Canal VI
	1100	0,000400	2,5	1:1,50	3,4	14,7	Canal VI
Canal VI - Carreira	1634	0,001200	2,0	1:1,50	3,0	18,6	Confluência do Canal VI até fim do colector
Guarda-Mato de Fora							Ribeira da Carreira
	4962	0,000637	0,8	1:1,50	1,2	1,1	Até confluência com o colector de Monte Redondo/Carreira
	452	0,001436	0,8	1:1,50	1,2	1,7	Canal IV

3.7.2. Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lis

Igualmente em 1999, foi elaborado o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Lis, que tem por âmbito toda a bacia do rio Lis (850 km²) e as bacias das ribeiras da costa atlântica dos concelhos da Marinha Grande e de Leiria (num total de 1009 km²). No quadro seguinte pode-se observar para um conjunto de períodos de retorno os caudais de cheia considerados em algumas das secções de cálculo.

Quadro 16 - Caudais de Cheia no PBHLis (m³/s)

Sub-Bacia	Período de Retorno						
	5	10	25	50	100	500	1000
Lis – Sirol (A = 111 km ²)	111	136	168	192	216	273	297
Sirol (A = 117 km ²)	82	105	135	158	182	239	263
Lena (A = 158 km ²)	153	186	228	259	291	365	397
Lis – Lena (A = 393 km ²)	342	422	526	604	683	868	948

As metodologias, os parâmetros e os dados de base utilizados no Projecto da Obra do Lis e no PBHLis no cálculo dos caudais de cheia foram distintos, tendo conduzido a valores diferentes para o mesmo período de retorno, conforme se pode observar no quadro seguinte em termos comparativos em algumas das principais secções.

Quadro 17 - Caudais de Cheia Calculados nos Estudos de 1942 e no PBH do rio Lis

Período de retorno T = 100 anos	Sub – Bacia		
	Lena	Lis e Sirol	Lis e Lena
Q ₁₉₄₂ (m ³ /s)	150	210	330
Q _{Plano Bacia} (m ³ /s)	291	216	683

4. ESTABELECIMENTO E AVALIAÇÃO DOS MODELOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

4.1. Domínio Hídrico

4.1.1. Considerações Gerais

Para uma melhor compreensão da extensão dos bens que integram a componente dos terrenos do domínio hídrico sobre parte do qual incide o sistema de defesa contra cheias e drenagem torna-se adequado especificar alguns conceitos (conceito de corrente navegável, fluutuável e não navegável nem fluutuável, corrente de água natural, corrente de água artificial, noção de leito, de margem e de zona adjacente, seus limites e/ou largura legalmente estabelecidos) e conhecer as regras que definem a sua condição jurídica (parcelas públicas ou parcelas particulares).

4.1.2. Classificação das Correntes de Água

Corrente navegável - a que for acomodada à navegação, com fins comerciais, de embarcações de qualquer forma, construção e dimensões.

Corrente fluutuável - aquela por onde estiver efectivamente em costume fazer derivar objectos flutuantes, com fins comerciais, ou a que for declarada como tal.

Correntes não navegáveis nem fluutuáveis - as demais correntes de água que não reúnem os requisitos indicados para as correntes navegáveis ou para as fluutuáveis.

Correntes de água naturais - os rios, ribeiras, torrentes e barrancos (correntes caudalosas resultantes de chuvas abundantes e cujo leito, acentuadamente declivoso, não permite uma utilização da água para fins de navegação ou flutuação) e os córregos de caudal descontínuo (sulcos relativamente estreitos e profundos onde as águas correm por forma intermitente conforme as condições de pluviosidade).

Correntes de águas artificiais - os canais (correntes de água resultantes de obras de derivação e regularização do leito e margens e adequadas à navegação ou à flutuação) e as valas (correntes de água conduzidas através de sulcos abertos no terreno para os locais onde devam ser utilizadas ou, em certos casos, para permitirem a navegação ou a flutuação).

4.1.3. Conceito de Leito e seus Limites

Entende-se por leito o terreno coberto pelas águas, quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades.

No leito compreendem-se os mouchões (ilhas cultiváveis formadas nos rios), lodeiros (acumulação de lodos que emergem dos rios) e areais (acumulação de areias que emergem dos rios) nele formados por deposição aluvial.

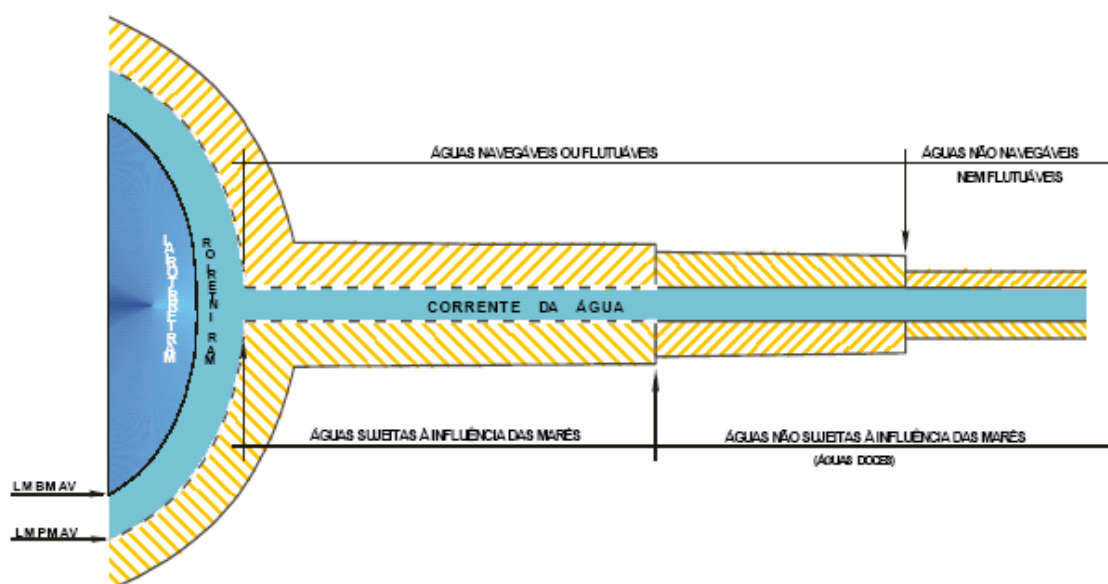
O leito das águas do mar, bem como das demais águas sujeitas à influência das marés (como acontece em alguns dos troços do rio Lis), é limitado pela linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais, habitualmente designada por LMPAVE. Esta linha é definida, para cada local, em função do espreadimento das vagas, em condições médias de agitação do mar, no primeiro caso, e em condições de cheias médias, no segundo.

O leito das restantes águas é limitado pela linha que corresponder à estrema dos terrenos que as águas cobrem em condições de cheias médias, sem transbordar para o solo natural, habitualmente enxuto. Esta linha é definida, conforme os casos, pela aresta ou crista superior do talude marginal ou pelo alinhamento da aresta ou crista do talude molhado das motas, cômoros, valados, tapadas ou muros marginais

4.1.4. Conceito de Margem e sua Largura

Entende-se por margem uma faixa de terreno contígua ao leito ou sobranceira à linha que limita o leito das águas. A margem das águas do mar, bem como a das águas navegáveis ou fluviáveis sujeita à jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias, tem a largura de 50 metros. A margem das restantes águas navegáveis ou fluviáveis tem a largura de 30 metros. A margem das águas não navegáveis nem fluviáveis, nomeadamente torrentes, barrancos e córregos de caudal descontínuo, tem a largura de 10 metros. A largura da margem conta-se a partir da linha limite do leito.

Figura 2 – Esquema Indicativo da Largura das Margens



Nos casos em que exista natureza de praia e esta se estenda por uma faixa de largura superior à estabelecida para cada caso, a margem estende-se até onde o terreno apresentar tal natureza (por praia entende-se a faixa de terreno contígua ao mar ou aos rios, constituídas por areais ou pedregais, com superfície quase plana e com vegetação nula ou escassa e característica).

No caso de arribas alcantiladas (por alcantil entende-se o espaço, de inclinação muitíssimo acentuada, que medeia entre a base e a crista da arriba) se esta linha atingir a base dessas arribas a largura da margem conta-se a partir da crista do alcantil, situando-se a margem integralmente sobre a arriba (margem elevada; nesta situação o alcantil integra o leito das águas do mar); se a mesma linha não atingir a base das arribas mas se localizar a menos de 50 m destas, apenas parte da margem se situa sobre a arriba (nesta situação o alcantil integra a margem).

4.1.5. Conceito de Zona Adjacente e sua Largura

Entende-se por zona adjacente toda a área contígua à margem que como tal seja classificada por diploma legal, por se encontrar ameaçada pelo mar ou pelas cheias (dos rios).

As zonas adjacentes estendem-se desde o limite (exterior) da margem até uma linha convencional definida, para cada caso, no diploma de classificação.

A figura de zona adjacente foi introduzida na legislação, tendo por fim possibilitar uma intervenção eficaz das entidades com jurisdição na respectiva área, na prevenção de graves acidentes que o avanço das águas pode provocar.

As zonas adjacentes consideram-se objecto de propriedade privada, sujeitas a restrições de utilidade pública.

4.1.6. Zonas Ameaçadas pelo Mar

Quando se preveja tecnicamente o avanço das águas do mar sobre terrenos particulares situados além da margem, pode o Estado classificar a área em causa como zona ameaçada pelo mar, sendo essa classificação feita por portaria, ouvidas as autoridades marítimas, em relação aos trechos sujeitos à sua jurisdição.

Além de ser delimitada a área assim classificada, dentro desta são demarcadas as áreas classificadas como de ocupação edificada proibida e as áreas classificadas como de ocupação edificada condicionada.

Uma vez classificada certa área como zona ameaçada pelo mar, os terrenos nela abrangidos ficam sujeitos ao regime das zonas adjacentes, sendo nulos e de nenhum efeito todos os actos ou licenciamentos que o desrespeitem.

4.1.7. Zonas Ameaçadas pelas Cheias

Podem ser classificadas como zonas ameaçadas pelas cheias as áreas contíguas às margens dos cursos de água que se estendem até à linha alcançada pela maior cheia com a probabilidade de ocorrência no período de um século (cheia dos 100 anos).

A iniciativa para a classificação de uma área ameaçada pelas cheias como zona adjacente poderá pertencer ao Estado, através da respectiva entidade administrante do domínio hídrico, ouvida a câmara municipal da área respectiva, ou decorrer de proposta desta última e será também feita por portaria.

Uma vez classificada certa área ameaçada pelas cheias como zona adjacente, os terrenos nela abrangidos ficam sujeitos ao regime das zonas adjacentes.

Relativamente às áreas contíguas a cursos de água e atingidas pelas cheias que não estejam ainda classificadas como zonas adjacentes, a aprovação de planos ou anteplos de urbanização e de contratos de urbanização, bem como o licenciamento de operações de loteamento urbano ou de quaisquer obras ou edificações carecem de parecer vinculativo do INAG, quando estejam dentro daquele limite ou numa faixa de 100 metros para cada lado da linha de margem do curso de água, quando se desconheça aquele limite.

4.1.8. Condição Jurídica dos Leitos, Margens e Zonas Adjacentes

4.1.8.1. Considerações gerais

A condição jurídica dos leitos e margens depende, à partida, da classificação quanto à navegabilidade e/ou fluviabilidade das águas a que estão associados. Consideram-se do domínio público do Estado os leitos e margens das águas do mar e de quaisquer águas navegáveis ou fluviáveis, sempre que tais leitos e margens lhe pertençam, e bem assim os leitos e margens das águas não navegáveis nem fluviáveis que atravessem terrenos públicos do Estado;

Consideram-se objecto de propriedade privada, sujeitos a servidões administrativas, os leitos e margens das águas não navegáveis nem fluviáveis que atravessem terrenos particulares, bem como as parcelas dos leitos e margens das águas do mar e de quaisquer águas navegáveis ou fluviáveis que, nos termos da lei, forem objecto de desafectação ou reconhecidas como privadas. Todas estas parcelas estão sujeitas às servidões estabelecidas por lei e, nomeadamente, a uma servidão de uso público (encargo imposto por disposição legal sobre certo prédio em proveito da utilidade pública de uma coisa) no interesse geral do acesso às águas e da passagem ao longo destas, da pesca, da navegação ou flutuação, quando se trate de águas navegáveis ou fluviáveis, e ainda da fiscalização e polícia das águas pelas autoridades competentes.

Nestas parcelas, bem como no respectivo subsolo e espaço aéreo correspondente, não é permitida a execução de quaisquer obras, permanentes ou temporárias, sem licença da respectiva entidade administrante do domínio hídrico, estando, ainda, os seus proprietários sujeitos a todas as obrigações que a lei estabelece no que respeita à execução de obras hidráulicas, nomeadamente de correcção, regularização, conservação, desobstrução e limpeza.

Consideram-se objecto de propriedade privada, sujeitas a restrições de utilidade pública (limitações permanentemente impostas ao exercício do direito de propriedade ou poderes conferidos à Administração para serem utilizados eventualmente na realização dos seus fins e visando interesses públicos abstractos), as zonas adjacentes e, bem assim, as zonas atingidas pelas cheias.

4.1.8.2. Avanço / Recuo das Águas

Ainda quanto à condição jurídica dos terrenos do domínio hídrico, há que ter em atenção as implicações decorrentes do recuo ou do avanço das águas, natural ou artificial, aspecto particularmente importante

para a componente marítima (da ocorrência de qualquer uma destas situações, como claramente a lei refere, não beneficiam os particulares). Assim:

Recuo das águas - os leitos dominiais que forem abandonados pelas águas, ou lhes forem conquistados, não acrescem às parcelas privadas da margem que porventura lhes sejam contíguas, continuando integrados no domínio público se não excederem as larguras fixadas para as margens que integram o domínio público hídrico, e entrando automaticamente no domínio privado do Estado, no caso contrário.

Avanço das águas - quando haja parcelas privadas contíguas a leitos dominiais, as porções de terreno corroídas lenta e sucessivamente pelas águas consideram-se automaticamente integradas no domínio público, sem que por isso haja lugar a qualquer indemnização; se as parcelas privadas contíguas a leitos dominiais forem invadidas pelas águas que nelas permaneçam sem que haja corrosão dos terrenos, os respectivos proprietários conservam o seu direito de propriedade, mas o Estado pode expropriar essas parcelas.

4.1.8.3. Reconhecimento da Propriedade Privada Sobre Parcelas de Leitos ou Margens públicas

As pessoas que pretendam obter o reconhecimento da sua propriedade sobre parcelas de leitos ou margens das águas do mar ou de quaisquer águas navegáveis ou flutuáveis devem requerer junto da competente entidade administrante, a delimitação do domínio público hídrico na confrontação com esses prédios.

O reconhecimento da propriedade privada, faz ingressar esses prédios na propriedade de particulares, sem, contudo, os retirar do domínio hídrico (tão só passam a constituir parcelas privadas do domínio hídrico).

Face às exigências da lei, os processos de delimitação do domínio público hídrico da iniciativa dos particulares são, por via de regra, complexos, pela antiguidade dos documentos que os integram, e extensos, face ao longo período que abrangem, pelo que a sua apreciação requer da Administração um enorme treino na leitura, interpretação e interligação dos numerosos documentos que os compõem e, consequentemente, uma grande disponibilidade de tempo.

A delimitação do domínio público hídrico pode, também, competir ao Estado que a ela procederá oficiosamente, quando necessário.

Em cada processo de delimitação é constituída uma “Comissão de Delimitação” na qual os proprietários dos terrenos confinantes com os leitos ou margens dominiais a delimitar se farão sempre representar.

Sobre as parcelas de leitos ou margens que tenham sido reconhecidas como propriedade de particulares, para além da já citada servidão administrativa a que estão sujeitas, a lei impõe, também, outras limitações as quais têm por objectivo facilitar, se tal se mostrar necessário, o seu retorno ao domínio público do Estado. Assim:

- Em caso de alienação, voluntária ou forçada, por acto entre vivos, de quaisquer destas parcelas privadas de leitos ou margens, o Estado goza do direito de preferência, podendo a preferência exercer-se, sendo caso disso, apenas sobre a fracção do prédio que se integre no leito ou na margem;
- O Estado pode proceder, nos termos da lei geral, a expropriação por utilidade pública de quaisquer destas parcelas privadas de leitos ou margens sempre que isso se mostre necessário para submeter ao regime da dominialidade pública todas as parcelas privadas existentes numa certa zona;
- Os terrenos adquiridos pelo Estado nos termos que antecedem ficam automaticamente integrados no seu domínio público.

4.1.8.4. Desafecção de Terrenos do Domínio Público Hídrico

Os terrenos do domínio público hídrico (marítimo, fluvial ou lacustre) estão, como já referido, fora do comércio, não podendo ser objecto de actos e contratos de direito privado daqui resultando que a alienação de quaisquer parcelas nesta situação só será possível se precedida da sua desafecção daquela categoria de bens.

Dada a estreita interligação entre a desafecção e a alienação do património desafectado, a opção pela desafecção só deverá verificar-se quando aconselhada por fortes razões de interesse geral (interesse público) que devam prevalecer sobre os fins justificativos da integração desses terrenos no domínio público.

Tratando-se de terrenos do domínio público marítimo, a desafecção depende de parecer favorável da Comissão do Domínio Público Marítimo.

4.2. Cenários

No estudo das condições de funcionamento da Obra do Lis, nas componentes de defesa contra cheias e drenagem, os cenários em análise devem poder responder aos seguintes enquadramentos:

- **Cenário de Referência** – avaliação da situação actual, que se faz corresponder à situação de referência;
- **Cenário de Evolução Futura A** – sem intervenções de reabilitação e com falta de manutenção e conservação dos sistemas de defesa e drenagem nos troços entregues à gestão da ARBVL; e
- **Cenário de Evolução Futura B** – com intervenções de reabilitação e continuação de operações de manutenção e conservação dos sistemas de defesa e drenagem.

Os enquadramentos referidos são abordados em termos de modelação hidrológica e hidráulica do seguinte modo:

- As linhas de água do sistema de defesa contra cheias são enquadradas em termos de estrutura funcional da rede hidrográfica, independentemente de determinados troços estarem “entregues” à gestão de determinada Entidade, dadas as interligações funcionais existentes no sistema em causa;
- O Cenário de Referência parte de uma análise inicial materializada sobre uma situação que tem como ponto de partida as condições geométricas do projecto original da Obra do Vale do Lis, verificadas e validadas em secções de referência com base em topografia actual e com parâmetros do modelo que permitem evidenciar as diferentes situações das condições de escoamento; e
- As conclusões relativamente aos cenários de evolução futura são indirectas, tendo como base a interpretação dos resultados obtidos do Cenário de Referência.

4.3. Modelação Hidrológica

No que respeita à modelação hidrológica do regime de cheias pela via determinística, parte-se do estudo antecipado do regime de chuvadas intensas, admitindo-se, usualmente, que o período de retorno associado a determinada chuvada é igual ao do caudal de ponta da cheia por ela gerado.

O período de retorno para o qual se estimam os caudais deve ser estabelecido criteriosamente, ao qual se podem associar graus de garantia de ocorrência de determinada probabilidade.

Para além dos valores consagrados regulamentarmente no dimensionamento de obras especiais, refere-se que são valores habituais de Tempo de Retorno em sistemas de defesa e drenagem, consoante as situações, os seguintes:

- $T = 2$ anos, para linhas de água que se desenvolvem afastadas de caminhos ou outras infra-estruturas e cujos danos causados por um escoamento superior, são normalmente reduzidos; encontram-se nesta situação normalmente as valas que se desenvolvem em zonas agrícolas;
- $T = 5$ anos, para linhas de água que se desenvolvem paralelamente a um caminho, ou cujos danos nesse ou noutro tipo de infra-estruturas sejam importantes, incluindo-se igualmente o cálculo das secções de vazão das obras de cruzamento de caminhos;
- $T = 10$ anos, para linhas de água principais e respectivas obras de arte e de cruzamento de caminhos;
- $T = 20$ a 50 anos, para obras de arte importantes, nomeadamente pontões;
- $T = 50$ a 100 anos, para obras de protecção de cheias associadas a linhas de água primárias, tendo sido 100 anos o valor utilizado originalmente da Obra do Lis em termos de intervenção da regularização fluvial.

Com o modelo é possível avaliar as cheias produzidas em bacias hidrográficas, através da simulação do processo precipitação-escoamento, tendo-se seguido os procedimentos do SCS.

Para caracterização das chuvadas, recorreu-se a curvas IDF (intensidade-duração-frequência) normalmente calibradas a partir de registos de medição de postos udométricos e udográficos. No caso em estudo, recorreu-se à curva IDF de Coimbra (IG) [12G/01], presente no estudo efectuado recentemente por Cláudia Brandão.

Depois de seleccionada a curva IDF, foram estimadas as precipitações críticas (chuvadas com duração igual ao tempo de concentração) nas várias sub-bacias hidrográficas.

Outro conceito importante, é o de *tempo de concentração*, tendo-se utilizado a formulação do SCS, baseado no tempo de atraso.

Relativamente à quantificação do designado *número de escoamento*, foi o mesmo avaliado pela consulta da carta do número de escoamento, do INAG, à escala 1:25000.

No modelo de funcionamento do sistema hidráulico do rio Lis analisaram-se os caudais de cheia para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, podendo-se observar no quadro seguinte os caudais considerados. É de referir que comparativamente aos caudais considerados no Projecto da Obra do Lis, os valores estimados são semelhantes, já no que respeita aos obtidos no PBHLis, estes últimos apontam para valores superiores.

Quadro 18 – Caudais Modelados por Troço – Rio Lis

Secção Inicial		Bajanca	Açude das Salgadas	Confluência da Ribeira das Várzeas e Ribeira da Ortigosa	Confluência da Ribeira do Casal do Cabrito	Confluência do Rio Lena
Secção Final		Açude das Salgadas	Confluência da Ribeira das Várzeas e Ribeira da Ortigosa	Confluência da Ribeira do Casal do Cabrito	Confluência do Rio Lena	Açude do Arrabalde
Caudal (m ³ /s)	T = 10 anos	246	229	200	182	105
	T = 50 anos	358	336	301	271	160
	T = 100 anos	410	386	347	313	185

4.4. Modelação Hidráulica

4.4.1. Considerações Gerais

Tendo por base a modelação hidrológica e hidráulica realizada foi possível estabelecer um mapeamento de zonas de risco de inundação, fundamentalmente enquadrado ao longo do vale do rio Lis, sem prejuízo, contudo, das mesmas se estenderem para montante da zona analisada.

Nos desenhos anexos pode-se observar as zonas em questão, as quais devem ser entendidas como zonas susceptíveis de sofrerem inundação quando o sistema de defesa contra cheias e de drenagem, de

forma parcial ou global, não corresponder adequadamente em termos funcionais, ou seja, de forma insuficiente em termos de capacidade de vazão dos seus inúmeros componentes.

Naturalmente que as delimitações apresentadas não pressupõem por si só uma inundação simultânea de toda a área em questão, mas somente pretendem identificar quais as principais áreas que podem sofrer essa ocorrência por danos operacionais no sistema em análise.

Na verdade, a situação mais frequente é a ocorrência de zonas fragilizadas no sistema que, por esse facto, são prioritariamente afectados por situações hidrológicas extremas, daí resultando maiores ou menores prejuízos dependentes naturalmente das condições extremas em termos hidrológicas, mas também da localização espacial da ocorrência e o modo como se processa a mesma.

Foi nesse enquadramento que recentemente, em fins de Outubro de 2006 ocorreu um conjunto de anomalias funcionais no sistema de defesa contra cheia do Vale do Lis, conforme se pode observar em anexo, que passaram, entre outros aspectos, pelo galgamento dos diques marginais do rio Lis e rombos nesses mesmos diques, para além de ocorrências similares em alguns colectores de encosta (nomeadamente no de Monte Redondo/Carreira), fruto, para além das condições hidrológicas, fundamentalmente de:

- Obras de colocação de infra-estruturas alheias à actividade do AHVL (ex.: condutas de saneamento) que fragilizam os locais nas zonas de travessias das linhas de água, associadas a deficientes condições de realização das obras que penalizam a estabilidade do sistema de defesa;
- Abatimentos e/ou zonas de menor cota ao longo dos diques marginais sem a necessária intervenção de reposição atempada, fragilizando essas zonas em termos de capacidade de vazão, potenciando o aumento de probabilidade de ocorrência de galgamentos e/ou rombos; e
- Obstrução, parcial ou generalizada, das secções hidráulicas em consequência de deficientes condições de limpeza do sistema, com importantes reduções na capacidade de escoamento em zonas críticas do sistema.

Estas situações referidas de forma muito sintética, traduzem-se, pela morfologia do vale e do sistema denso que constitui a rede hidrográfica aí existente, em inundações descontroladas ao longo dos campos com evidentes prejuízos, a vários níveis, ao longo do vale e não somente nas zonas danificadas do sistema.

4.4.2. Rio Lis

O modelo de simulação hidráulica do rio Lis, cujos troços em análise podem ser observados no quadro seguinte, foi estabelecido nos seguintes pressupostos:

- Estabelecimento das condições de partida alicerçadas na modelação teórica dos elementos constituintes do Projecto da Obra do Lis (no mínimo, correspondem à situação que deve ser mantida na perspectiva funcional para a qual a Obra foi realizada), permitindo evidenciar para os caudais

actuais e parâmetros de modelação também actuais, a generalidade do comportamento do rio ao longo dos seus diferentes troços;

- Verificação das condições de funcionamento para a situação de partida;
- Integração na análise de validação das condições de funcionamento para a situação actual das secções de referência representativas obtidas com base em topografia actual (conforme elementos constantes em anexo);
- Análise interpretativa dos resultados obtidos.

Quadro 19 – Rio Lis, Troços Fluviais

Troço	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Início	Transição fluvio-marítima	Ponte de Monte Real-EN 349	Estação Elevatória de Amor	Passadiço Ruivaqueira	Confluência do ribeiro Casal Cabrito	Confluência da ribeira dos Milagres	Confluência do rio Lena	Degrau do Arrabalde	Transição
Fim	Ponte de Monte Real-EN 349	Estação Elevatória de Amor	Passadiço Ruivaqueira	Confluência do ribeiro Casal Cabrito	Confluência da ribeira dos Milagres	Confluência do rio Lena	Degrau do Arrabalde	Transição	Açude do Turismo
Desenvolvimento (m)	4394	732	2691	3218	1381	4602	1443	53	1157
Secção	Trapezoidal dupla	Trapezoidal dupla com transição nos primeiros 100 m	Trapezoidal dupla com transição nos primeiros 100 m	Trapezoidal dupla	Trapezoidal dupla com transição nos primeiros 100 m	Trapezoidal dupla com transição nos primeiros 100 m	Trapezoidal dupla com transição nos primeiros 100 m	Degrau com 2,41 m de altura que faz a transição em perfil longitudinal do leito antigo para o leito rebaixado e a transição em perfil transversal do leito duplo para o leito único	Trapezoidal simples com uma soleira descarregadora de 200 m no início da mota direita
Largura do rasto do leito menor (m)	7,50	6,50	6,00	6,00	5,50	5,00	4,00		-
Largura do rasto do leito maior (m)	40,0	32,0	30,0	30,0	28,0	23,00	17,00		15,20
Inclinação dos taludes do leito menor definidos pelo rasto e banquetas (H/V)	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1		-
Inclinação dos taludes do leito maior definidos pelas motas sobrelevadas (H/V)	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0		2/1 interior 1,5/1 exterior
Largura do coroamento	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50		3,50
Inclinação do rasto	0,0006	0,0008	0,0011	0,0012	0,0013	0,0015	0,0016		0,0024

Não presente no Quadro anterior, existem ainda dois troços considerados na zona fluvio-marítima, correspondente ao Troço 0a, com início na Bajanca e desenvolvimento de 2316 m e o Troço 0b, a montante do Troço 0a, com desenvolvimento de 1010 m.

Para representação das condições de escoamento com vegetação natural permanente, associada a deficientes condições naturais de escoamento, utilizou-se um número de escoamento de Manning-Strickler (n) de 0,05.

Realizando diversas simulações para os diferentes caudais, aferiu-se a capacidade de vazão ao longo dos troços do rio Lis. As várias curvas de regolfo, assim obtidas, permitiram calibrar a fórmula de Manning-Strickler aplicada a cada troço, permitindo estimar um coeficiente de escoamento para cada troço, podendo observar-se no gráfico seguinte as curvas de vazão obtidas.

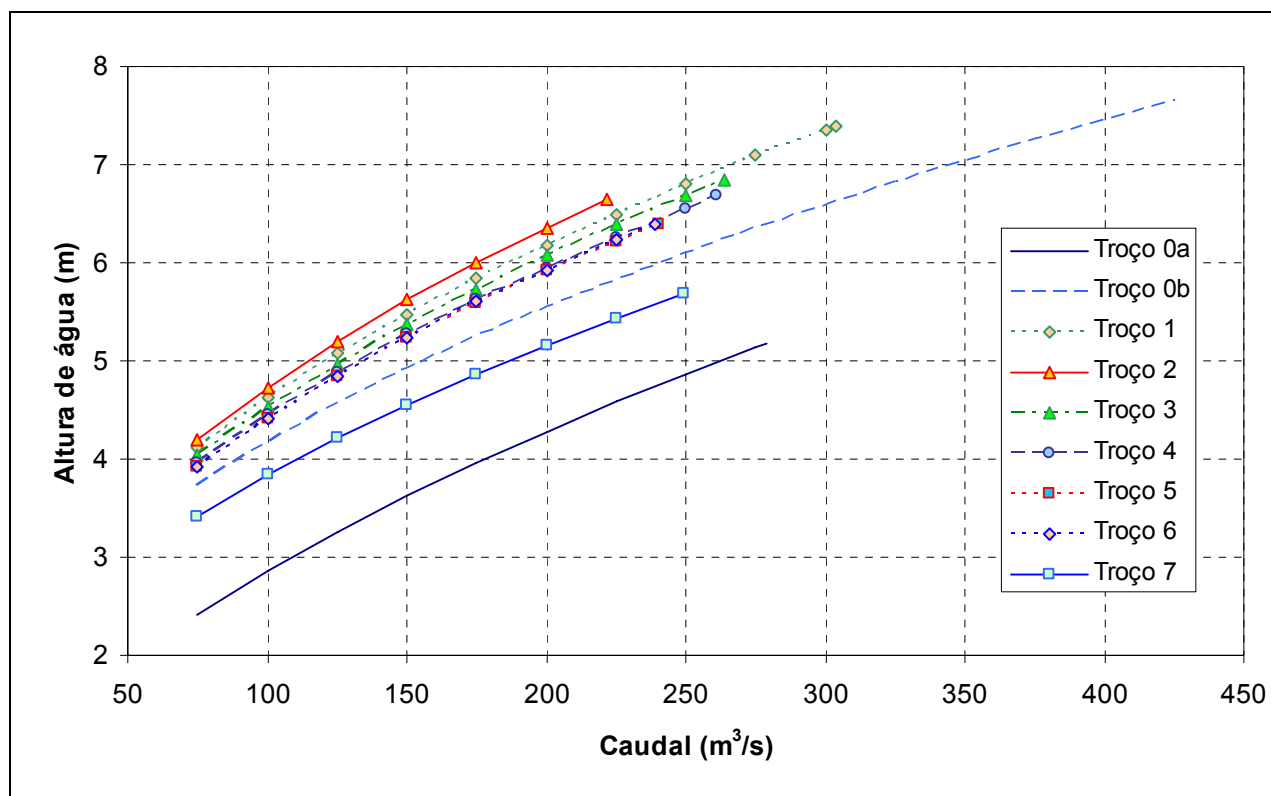


Gráfico 2 - Curvas de Vazão para cada Troço do rio Lis

Recriando as condições de escoamento com os caudais de cheia correspondentes aos períodos de retorno considerados, verificou-se que, no modelo, o leito do rio Lis comporta os caudais com período de retorno de 10 anos.

Contudo, para os caudais de cheia correspondentes aos períodos de retorno de 50 e 100 anos, a vazão do leito não é suficiente em todo o seu desenvolvimento. Os troços avaliados após calibração da equação de Manning-Strickler revelaram-se sempre insuficientes nas condições de referência de escoamento no leito, provocando a inundação do vale de forma sistemática em cada simulação.

4.4.3. Colectores de Encosta

No que respeita à avaliação das condições de funcionamento dos principais colectores de encosta o procedimento realizado foi semelhante ao efectuado para o rio Lis, tendo por base as condições de partida identificadas para os colectores no Quadro 15, apresentando-se no quadro seguinte os principais resultados, nomeadamente capacidades de vazão nas condições mínimas de funcionamento e volumes de inundação para diferentes períodos de retorno.

Quadro 20 – Colectores de Encosta – Resultados da Modelação

				Caudais afluentes, caso não seja descarregado volume algum para o vale do rio Lis (m³/s)			Máximos caudais potencialmente descarregados para o vale do rio Lis (m³/s)		
Designação	Desenvolvimento (m)	Capacidade de vazão máxima (m³/s)	Secção	Período de Retorno (anos)					
				10	50	100	10	50	100
Colector de Amor	1050	3,3	Até confluência do rib. Fagundo	3,3	3,3	3,3	0	0	0
	2050	5,2	Ribeiro Fagundo	14,1	22,2	25,8			
			Confluência do rib. Fagundo	17,4	25,5	29,1	12,2	20,3	23,9
	3120	12,2	Ribeiro de Amor	12,1	19,2	22,6			
			Confluência do rib. de Amor	24,1	37,5	44,0	11,9	25,3	31,8
			Ribeiro dos Vales	3,1	5,0	5,8			
			Confluência do rib. dos Vales	26,2	40,5	47,2	14,0	28,2	35,0
	4150	16,8	Ribeiro da Marinha e Vala de Cintura da Marinha	17,9	27,4	31,8			
			Confluência do rib. da Marinha	42,0	64,5	75,0	25,2	47,7	58,3
			Ribeira Segodim	8,0	12,7	14,8			
			Confluência da rib. Segodim até final do colector	44,0	67,0	78,0	27,2	50,2	61,2
Ribeiro da Marinha	2243	15,7	Ribeira da Escoura	17,8	27,4	31,8	1,2	10,8	15,2
Vala de Cintura da Marinha	2484	0,9							
Colector do Boco	4301	1,3	Ribeiro da Granja	2,2	3,5	4,2			
	2129	4,9	Até confluência da rib. Moinhos de Carvide	2,2	3,5	4,2	0,9	2,2	2,9
			Ribeira Moinhos de Carvide	11,8	19,5	23,3			
			Confluência da rib. Moinhos de Carvide	15,5	25,2	29,9	10,6	20,3	25,0
	810	6,6		16,8	26,8	31,5	10,2	20,2	24,9
Colector de Monte Redondo / Carreira	3400	8,8	Confluência da Aroeira	42,3	65,9	77,2			
			Início do colector (descarregador lateral)	42,3	65,9	77,2	33,5	57,1	68,4
		13,5	Junto da confluência do Canal VI	42,3	65,9	77,2	28,8	52,4	63,7
	1100	14,7	Canal VI	17,1	27,6	32,6			
			Confluência do Canal VI até fim do colector	49,4	75,2	87,4	34,7	60,5	72,7
Canal VI - Carreira	1634	18,6	Ribeira da Carreira	17,1	27,6	32,6			
			Até confluência com o colector de Monte Redondo/Carreira	17,1	27,6	32,6	0	9,0	14,0
Guarda-Mato de Fora (parcial)	4962	1,1	Canal IV até rio Lis	7,6	11,7	13,7	5,9	10,0	12,0
	452	1,7							

Pela análise efectuada, verifica-se que na generalidade dos colectores a vazão dos mesmos é insuficiente face às afluências dos caudais de cheia com período de retorno de 10 anos. Tratando-se de colectores de encosta, essa insuficiência traduz-se num transbordo de caudais directamente para o vale do rio Lis, inundando o mesmo, independentemente do nível a que o caudal esteja a ser escoado no rio Lis nesse momento.

A capacidade de vazão dos colectores esgota-se sempre na primeira entrada de grandes caudais, sendo mesmo insuficiente na generalidade dos casos, pelo que os restantes contributos de caudais

provenientes de linhas de água existentes no perímetro já não serão comportados pelo mesmo, contribuindo simultaneamente para a inundação do vale do rio Lis.

No início do Colector de Monte Redondo / Carreira, a existência de um descarregador lateral limita naturalmente o caudal a escoar pelo colector, dado que existe inundação antecipada através do descarregador.

5. MODELAÇÃO DOS PROCESSOS DE EROÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

5.1. Considerações Gerais

O fenómeno de erosão hídrica, conjunto de mecanismos interligados e bastante complexos, inclui os processos de destacamento das partículas do corpo solo e subsequente transporte (transporte sólido) e deposição (assoreamento) dos sedimentos. Os modelos de erosão de solos, descrição matemática da erosão, têm funções críticas na conservação do solo e da água, nomeadamente, o inventário e a avaliação da erosão, o que permite a concepção e o planeamento de medidas de conservação.

A monitorização e medição “in situ” da erosão são processos morosos e dispendiosos. Os eventos erosivos apresentam uma elevada variabilidade, o que implica a obtenção de séries temporais extensas para um dado local, pelo que, os modelos de erosão são, na maior parte dos casos, a única ferramenta razoável para o inventário e a avaliação da erosão.

Assim, a presente modelação dos processos de erosão e transporte de sedimentos tem como objectivo a estimativa da produção de sedimentos na bacia, do seu transporte e deposição na área do Aproveitamento Hidroagrícola.

Para a estimativa da perda de solo há que escolher uma metodologia de diagnóstico adequada, sendo preciso determinar os principais parâmetros que intervêm no processo.

Em Portugal, a principal causa da erosão é a acção da chuva e do escoamento superficial recomendando-se como modelo de referência para a determinação da perda de solo a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith em 1965, com as actualizações entretanto sugeridas em 1978 e outras adaptações introduzidas pelo formalismo da Equação Universal de Perda de Solo Revista (RUSLE), da versão provisória de 1995.

Este modelo empírico permite a estimativa da perda de solo a partir da erosividade da chuva, da erodibilidade dos solos e de outros factores que intervêm no processo.

5.2. Enquadramento PBHLis

Como principais conclusões do PBHL, o mesmo refere que as elevadas concentrações pluviométricas, características do regime hidrológico torrencial da bacia do Lis, têm um forte poder erosivo sobre as encostas mais expostas. Juntamente com a ocorrência de pontas de cheia que transportam grande quantidade de sedimentos grosseiros. Estes depositam-se nas zonas mais a jusante, em solos de alto valor agrícola. A análise das cartas de risco de erosão do PBHLis confirma o princípio que a acção erosiva é mais eficiente quanto mais despidas de vegetação estiverem as encostas. De facto, apesar deste risco depender em grande parte da declividade das encostas, e de outros factores como a erodibilidade do solo e a erosividade da precipitação, é igualmente influenciado pela cobertura do solo.

A erosão específica, estimada pelo método de Fournier, varia entre os 12 e 3 ton/ha.ano (ou entre 692 e 186 m³/km².ano) para a sub-bacia drenada em Ponte das Mestras (rio Lena) e para a foz do rio Lis, respectivamente. A altitudes intermédias, em Monte Real (estação hidrométrica), a erosão específica é cerca de 5 ton/ha.ano (ou 263 m³/km².ano), confirmando a diminuição acentuada desta taxa com o aumento da área drenada.

Os valores calculados de produção de sedimentos em ano hidrológico médio estão compreendidos entre 1,76 e 0,015 ton/ha.ano, respectivamente para as secções do Açude de Arrabalde e de Monte Real, sendo da ordem de 0,46 na foz do rio Lis.

A deposição de material sólido varia entre 5000 e 23000 m³/ano no Açude de Arrabalde, entre 1000 e 5000 m³/ano em Monte Real e 10000 e 21000 m³/ano na Foz do Lis. Apenas ocorre erosão até à secção de Monte Real, para D₅₀ = 0,5 mm, entre 1300 e 7800 m³/ano.

Observa-se a clara tendência para o assoreamento do rio Lis, quer devido à elevada produção de sedimentos quer à baixa capacidade de transporte do escoamento. O assoreamento do leito ocorre sobretudo para jusante de Leiria, sendo razoável admitir erosão ou equilíbrio do leito para montante, desde as cabeceiras até cerca da cota 30, onde o declive do talvegue reduz consideravelmente. Assim as variações morfológicas médias anuais da rede hidrográfica estimadas indicam o assoreamento do curso de água principal, desde a vizinhança de Leiria até à Foz.

5.3. Modelação da Erosão – Equação Universal de Perda do Solo

5.3.1. Considerações gerais

Para a abordagem à estimativa da erosão utiliza-se no presente estudo a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) a qual é um modelo de erosão, desenvolvida em 1965 e melhorada em 1978 por Wischmeier e Smith, para calcular um valor médio de perda de solo, originada por erosão laminar e por sulcos, correspondente a um longo período de tempo. Este valor é normalmente determinado para uma combinação de sistemas culturais e práticas culturais (factores evolutivos ao longo dos anos) efectuadas num dado tipo de solo, com regime de precipitação e topografia específicos.

A estimativa da perda de solo para um local baseia-se no produto de seis factores principais. Quatro destes determinam-se tendo como referência um talhão padrão com comprimento de 22,1 m, declive de 9% e que é mantido continuamente nu por mobilizações realizadas no sentido do maior declive. De forma geral, a USLE representa-se por:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

onde:

- A - Perda de solo média ou erosão específica referida à unidade de área, expressa no mesmo sistema de unidades do factor K, respeitante ao período de tempo a que se refere R, [ton/(ha.ano)];
- R - Factor de erosividade da precipitação e do escoamento, que representa a capacidade que a precipitação e o escoamento têm para destacar e transportar as partículas de solo, habitualmente em unidades [MJ.mm/(ha.h.ano)];
- K - Factor de erodibilidade do solo, ou susceptibilidade do solo para a erosão, correspondendo à taxa de perda de solo que ocorreria num talhão de referência com 22,1 m de comprimento e 9% de declive, mantido continuamente nu por mobilizações realizadas no sentido de maior declive, [ton.ha.h/(ha.MJ.mm)];
- LxS – Factor topográfico:
 - L - Factor de comprimento da encosta, correspondendo à relação entre a perda de solo ocorrida com o comprimento da encosta considerada e a que ocorreria com um comprimento de 22,1 m mantendo constante as restantes condições, [adimensional];
 - S - Factor de inclinação da encosta, correspondendo à relação entre a perda de solo ocorrida com o declive considerado e a que ocorreria se este fosse de 9%, mantidas as restantes condições, [adimensional];
- C - Factor de cobertura e práticas culturais, definido pela relação entre a perda de solo ocorrida num determinado sistema cultural e aquela que ocorreria num solo mantido nu através de mobilizações, [adimensional, variando de 0 a 1]; e
- P - Factor de práticas conservativas, definido pela relação entre a perda de solo que ocorre para as práticas de manejo do solo conservativas que são realizadas, tais como mobilizações segundo as curvas de nível, culturas em faixas ou terraceamento e aquela que ocorreria se o solo fosse mobilizado segundo a linha de maior declive do terreno, [adimensional, variando de 0 a 1].

A USLE é um modelo empírico que se baseia em relações estatísticas entre os principais factores determinantes da perda de solo, utilizando dados recolhidos nos Estados Unidos da América.

O principal objectivo do modelo é guiar as decisões de planeamento conservacionista, permitindo comparar a perda de solo que cada sistema de culturas produziria se fosse efectuado sob determinadas condições. Esses valores podem ser comparadas com as perdas de solo tolerável (taxa máxima de erosão do solo que se admite poder ocorrer e simultaneamente permitir uma produção economicamente sustentável) sempre que estes se encontrem disponíveis.

Seguidamente faz-se uma descrição sucinta dos procedimentos adoptados para o cálculo de cada parâmetro da equação (USLE).

5.3.2. Factores de cálculo das perdas de solo

5.3.2.1. Factor de Erosividade da Chuvada (R)

O factor R, na equação de perda de solo, quantifica a acção agressiva da precipitação, nomeadamente através da sua capacidade de destacamento e de transporte das partículas de solo, resultantes do impacto das gotas e do escoamento, a que as chuvadas dão origem.

A capacidade da chuva para causar a erosão do solo depende da velocidade e distribuição das dimensões das gotas, sendo ambas factores que afectam a energia cinética da chuva.

Idealmente, o factor de R seria calculado a partir da energia cinética de chuvadas com poder erosivo (Wischmeier e Smith, 1978). Este cálculo, contudo, requer dados pormenorizados relativos à intensidade média máxima das chuvadas com duração superior a 30 minutos, durante um ano, obtidas com a média para um período mínimo de 5 anos. Dado que este tipo de dados, não existe como sucede no presente caso, para as estações meteorológicas e postos udométricos da área de influência da bacia hidrográfica em estudo, seguiu-se a metodologia para o cálculo do factor R expressa por Coutinho, M. (1993).

Segundo Coutinho, M. (1993) optou-se por atribuir-lhe valores com base na correlação estabelecida para a Região de Lisboa, dada pela formulação:

$$R = 0,28 \times P - 44,2$$

onde:

- R o factor de erosividade em [MJ.mm/(ha.h.ano)]; e
- P a precipitação anual em [mm].

Em 1960, a então Direcção-Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola (DGHEA) estabeleceu um programa para o estudo da erosão hídrica em Portugal. Foram previstos centros experimentais para o estudo da erosão, nomeadamente o Centro Experimental de Vale Formoso (CEEVF) situado na bacia hidrográfica do rio Guadiana, junto do lugar de Vale do Poço, a cerca de 1,5 km da estrada que liga Serpa a Mértola e 11 km a Este do Pulo do Lobo, considerado um dos melhores centros europeus de estudos de erosão.

Tendo por base um estudo realizado no CEEVF sobre erosão hídrica do solo, resulta uma discordância entre os valores da erosão dos solos observados e as estimativas fornecidas pela USLE. Dado que os seis factores da USLE pretendem representar diferentes mecanismos do processo erosivo, analisaram-se, em separado, cada um dos factores de modo a verificar qual ou quais são susceptíveis de serem ajustados e de que modo. Desta análise resultou que o desajustamento da USLE reside, principalmente, numa inadequada estimativa do factor R, o que implica uma perda de solo por excesso, sendo o valor do quociente entre a perda de solo calculada pela USLE e a perda de solo observada de aproximadamente 10.

Com base nos resultados anteriormente descritos, optou-se por aplicar um factor de correcção de 0,1 aos resultados de R calculados pela equação de Coutinho, M. (1993), reduzindo-os para valores 10 vezes inferiores. Com a aplicação deste factor de correcção, obtiveram-se valores de R consentâneos com os obtidos pelos estudos realizados, pelo que se deduz que este factor de correcção permite uma maior aproximação a situações reais.

No Quadro que se segue podem-se observar os doze postos e estações com área de influência na bacia hidrográfica. Apresentam-se, também, os valores de precipitação anual em (mm) e os respectivos valores de R determinados pela equação anteriormente descrita em [MJ.mm/(ha.h.ano)].

Quadro 21 - Factor de erosividade da chuva (R)

Designação	Precipitação Anual (mm)	R (Coutinho, M. (1993)) [MJ.mm/(ha.h.ano)]
Monte Real	829,4	18,80
Mata da Bidoeira	799,7	17,97
Maceira/Lis	951,1	22,21
Leiria	910,2	21,07
Caranguejeira	960,9	22,49
Albergaria dos Doze	1081,7	25,87
Crespos	1116,6	26,84
Porto de Mós	983,0	23,10
Serra de Santo António	1135,0	27,36
Santa Catarina da Serra	1067,6	25,47
Batalha	945,3	22,05
Arrimal	1170,6	28,36

5.3.2.2. Factor de Erodibilidade do Solo (K)

A erodibilidade do solo corresponde à facilidade com que o solo é destacado devido ao impacto da chuva e/ou ao escoamento superficial, ou seja, à modificação ocorrida no solo por unidade de força ou energia exterior aplicada. A erodibilidade do solo está desta forma relacionada com os efeitos integrados da precipitação, escoamento e infiltração na perda de solo.

A determinação da erodibilidade do solo pressupõe o conhecimento dos seus constituintes no que se refere ao conteúdo em areia, limo, argila e matéria orgânica, bem como à informação sobre a permeabilidade e a estrutura. As características físico-químicas do solo e suas inter-relações têm um efeito variado nos valores de erodibilidade. Além disso, muitos mecanismos de erosão actuam ao mesmo tempo, relacionados com cada propriedade específica do solo.

Os valores de erodibilidade tornam-se mais difíceis de estimar ao ter-se em conta a humidade do solo antecedente, as condições físicas da superfície do solo e as variações sazonais das suas propriedades. Como estas condições e propriedades tendem a ser homogéneas para uma determinada época do ano, considera-se, no entanto que o valor de erodibilidade sazonal pode reduzir os erros na estimativa da perda de solo.

O factor de erodibilidade dos solos K da USLE foi desenvolvido para talhões experimentais nos quais, as características físicas e químicas dos solos são facilmente analisadas bem como as suas alterações ao longo do tempo. Quando se pretende avaliar a erodibilidade do solo em áreas mais vastas do território e para um determinado intervalo de tempo, é necessário utilizar informação mais generalizada recorrendo a cartografia de solos com as unidades pedológicas devidamente caracterizadas.

Para a determinação da erodibilidade do solo recorreu-se à carta de solos do Atlas do Ambiente segundo a classificação da F.A.O. apresentando-se no Quadro seguinte os solos que caracterizam a área em estudo segundo a classificação da F.A.O., a correlação com a classificação de solos do S.R.O.A. e os respectivos valores de erodibilidade do solo (Pimenta, 1998).

Quadro 22 - Factor de erodibilidade do solo (K)

Classificação F.A.O. Escala 1:1 000 000	Classificação S.R.O.A. Escala 1:25 000	Factor de Erodibilidade
Cambissolos éutricos	Litólicos Não Húmicos	0,31
Cambissolos crómicos	Litólicos Não Húmicos	0,31
Fluvisolos calcários	Aluviosolos Antigos Calcários e Aluviosolos Modernos Calcários	0,41 0,44
Regossolos éutricos	Regossolos Psamíticos	0,06
Luvissolos rodocrómicos cálcicos	Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Calcários, Normais	0,38

5.3.2.3. Factor Topográfico (LxS)

5.3.2.3.1. Considerações gerais

Na USLE, o efeito da topografia de uma encosta sobre a erosão é representado por dois factores: o Factor de Comprimento (L) e o Factor de Inclinação (S) da encosta. O factor combinado LxS de uma encosta, representa a taxa de perda de solo por unidade de área, relativamente à que ocorreria numa encosta com um comprimento de 22,1 m e declive 9%, mantidas as restantes condições constantes. O valor LxS é adimensional, apresentando o valor 1 quando a encosta tem as referidas dimensões padrão.

A perda de solo numa encosta aumenta à medida que o comprimento e a inclinação aumentam, sendo esta última variação mais significativa. Considera-se, no entanto, que o comprimento provoca uma variação negligenciável no total de escoamento anual por unidade de área, o que não acontece com o declive cujo aumento induz geralmente um aumento do escoamento influenciado pelo tipo de cultura, a rugosidade da superfície e a humidade do solo.

5.3.2.3.2. Factor de Comprimento (L)

O comprimento de encosta é definido como a distância desde a origem do escoamento até ao ponto onde a inclinação da encosta decresce suficientemente de forma a ocorrer deposição ou, até ao ponto em que o escoamento superficial se concentra num canal bem definido que pode integrar uma rede de drenagem natural ou construída pelo Homem. Uma modificação na cobertura do solo ou uma modificação

substancial do declive, mas mantendo a continuidade do terreno, não iniciam uma nova encosta com um novo comprimento associado (Wischmeier e Smith, 1978).

Os dados existentes para a formulação da USLE mostraram existir uma proporcionalidade entre a perda de solo média por unidade de área e o comprimento da encosta, como mostra a equação que determina esta relação:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m$$

onde:

- L o factor de comprimento da encosta;
- λ o comprimento da encosta (m);
- m o expoente variável com a inclinação da encosta:
 - m = 0,5 se o declive $\geq 5\%$;
 - m = 0,4 se o declive $\geq 3,5\%$ e $< 5\%$;
 - m = 0,3 se o declive $\geq 1\%$ e $< 3,5\%$;
 - m = 0,2 se o declive $< 1\%$.

Os valores de m são valores médios podendo em algumas situações ser ultrapassados, nomeadamente, em áreas muito declivosas, fortemente sujeitas a erosão por sulcos.

Para a obtenção do comprimento médio da encosta, seleccionou-se uma área representativa na zona de menor declive da bacia hidrográfica em estudo, e utilizou-se a seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{1}{2D_d}$$

onde D_d representa a densidade de drenagem da área representativa da bacia hidrográfica (km/km^2). Para o seu cálculo determinou-se o comprimento total da rede hidrográfica e dividiu-se pela sua área.

Da aplicação da fórmula resultou um comprimento médio da encosta na ordem dos 340 metros. Assim, propõem-se para este estudo os seguintes valores de m e λ e L nas diferentes classes de declive:

Quadro 23 - Classes de declive e relação entre os factores m, λ e L

Declive (%)	λ (m)	m	L
0 ≤ 1	340	0,2	1,7
1 ≤ 3,5	340	0,3	2,3
3,5 ≤ 5	340	0,4	3,0
5 ≤ 15	340	0,5	3,9
15 ≤ 30	340	0,5	3,9
> 30	340	0,5	3,9

5.3.2.3.3. Factor de Inclinação (S)

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), o factor de inclinação (S) deve ser função do valor do seno do ângulo da encosta uma vez que as forças de impacto das gotas de chuva na superfície do solo e as forças associadas ao escoamento são função daquele. Na USLE o factor S é determinado pela equação:

$$S = 65,41 \times \sin^2 \theta + 4,56 \times \sin \theta + 0,065$$

onde θ representa o ângulo da encosta.

Aplicando a equação anterior, determinaram-se os valores de S nas diferentes classes de declive. No Quadro seguinte apresentam-se os valores de S e os valores do factor topográfico (LxS).

Quadro 24 - Valores do factor S e factor topográfico (L.S)

Declive (%)	S	L.S
0 ≤ 1	0,1	0,2
1 ≤ 3,5	0,2	0,5
3,5 ≤ 5	0,4	1,2
5 ≤ 15	1,3	5,1
15 ≤ 30	4,5	17,6
> 30	8,8	34,3

5.3.2.4. Factor de Cultura (C)

O factor de cobertura representa o efeito das culturas e práticas culturais na taxa de erosão baseando-se, como outros factores da USLE, num conceito de desvio em relação a uma situação padrão que, neste caso, se refere a um solo mantido continuamente nu. A taxa de perda de solo corresponde assim, à relação entre as perdas de solo verificadas com uma determinada situação e a que se obteria com as condições de referência.

A intensidade da função anti-erosiva da cobertura vegetal varia segundo o estado de desenvolvimento da cultura assim como do período do ciclo vegetativo durante o qual a chuva cai mais intensamente. Desta interacção cultura-clima distinguem-se cinco fases segundo o estado de desenvolvimento da cultura, partindo-se do princípio que a cobertura vegetal e as operações que esta necessita sejam aproximadamente constantes em cada período considerado.

A duração de cada período varia com a cultura, clima e trabalhos agrícolas que por si só determinam as condições específicas para um determinado terreno numa dada área geográfica.

A metodologia, para o cálculo do factor de cultura C, exige um conhecimento das culturas e práticas agrícolas da zona em que se pretende quantificar a erosão, tendo-se para a identificação do coberto vegetal, na bacia hidrográfica em estudo, recorrido às Cartas de Ocupação do Solo do SNIG (escala 1:25000), a qual permite uma grande variedade de combinações entre os vários tipos de cobertura, e às Cartas CORINE Land Cover (escala 1:100000). Nos Quadros que se seguem, baseados na legenda do SNIG, apresentam-se os valores do factor (C) para as diversas ocupações do solo existentes na bacia hidrográfica em estudo.

Quadro 25 - Classes de ocupação do solo e respectivos valores do factor de cultura C (COS)

Descrição	C
1 – Áreas artificiais	
1.1 – Espaço Urbano	
1.1.1 – Tecido urbano contínuo	0,005
1.1.2 – Tecido urbano descontínuo	0,01
1.1.3 – Outros espaços fora do tecido urbano consolidado	0,01
1.2 – Infra-estruturas e Equipamentos	
1.2.1 – Zonas industriais e comerciais	0,01
1.2.2 – Vias de comunicação (rodoviárias e ferroviárias)	0,01
1.2.3 – Zonas portuárias	0,01
1.2.4 – Aeroportos	0,01
1.2.6 – Outras infra-estruturas e equipamentos	0,01
1.3 – Improdutivos	
1.3.1 – Pedreiras, saibreiras, minas a céu aberto	0,5
1.4 – Espaços verdes artificiais	
1.4.1 – Espaços verdes urbanos (florestais)	0,02
1.4.2 – Espaços verdes (não florestais) para as actividades desportivas e de lazer	0,02
2 – Áreas Agrícolas	
2.1 – Terras aráveis – Culturas anuais	
2.1.1 – Sequeiro	0,4
2.1.2 – Regadio	0,2
2.1.3 – Arrozaís	0,05
2.1.4 – Outros (estufas, viveiros, etc)	0,001
2.2 – Culturas permanentes	
2.2.1 – Vinha	0,2
2.2.1/2 – Vinha + Pomar	0,15
2.2.1/3 – Vinha + Olival	0,2
2.2.2.1 – Citrinos	0,05
2.2.2.2 – Pomoideas	0,05
2.2.2.7 – Outros pomares	0,05
2.2.2.x – Mistos de pomares	0,05
2.2.2/1 – Pomar + Vinha	0,1
2.2.3 – Olival	0,1
2.2.3/0 – Olival + Cultura anual	0,2
2.2.3/1 – Olival + Vinha	0,1
2.2.3/2 – Olival + Pomar	0,1
2.3 – Prados permanentes	
2.3.1 – Prados e lameiros	0,02
2.4 – Áreas agrícolas heterogéneas	
2.4.1 – Culturas anuais associadas a culturas permanentes	0,4

Descrição	C
2.4.1/1 – Culturas anuais + Vinha	0,3
2.4.1/2 – Culturas anuais + Pomar	0,2
2.4.1/3 – Cultura anuais + Olival	0,2
2.4.2 – Sistemas culturais e parcelares complexos	0,2
2.5 – Territórios agro-florestais	
2.5.1/1-8 – Culturas anuais + espécie florestal	0,3
3 – Floresta	
3.1 – Folhosas	
3.1.5 – Carvalho	0,1
3.1.6 – Eucalipto	0,2
3.1.7 – Outras folhosas	0,1
3.2 – Resinosas	
3.2.1 – Pinheiro bravo	0,05
3.2.3 – Outras resinosas	0,05
3.3 – Povoamento florestal misto (Folhosas + Resinosas)	0,05
4 – Meios semi-naturais	
4.1 – Ocupação arbustiva e herbácea	
4.1.1 – Pastagens naturais pobres	0,05
4.1.2 – Vegetação arbustiva baixa-matos	0,02
4.1.3 – Vegetação esclerofítica-carrascal	0,02
4.1.4 – Vegetação arbustiva alta e floresta degradada ou de transição	0,1
4.2 – Áreas descobertas sem ou com pouca vegetação	0,4
4.2.1 – Praia, dunas, areais e solos sem cobertura vegetal	0,05
4.2.2 – Rocha nua	0,01
6.1.1 – Cursos de água	0
6.1.2 – Lagoas e albufeiras	0

Quadro 26 - Classes de ocupação do solo e respectivos valores do factor de cultura C (CORINE)

Descrição	C
Territórios artificiais	
Zonas com dominância de habitações	
1110 – Tecido urbano contínuo	0,005
1120 – Tecido urbano descontínuo	0,01
Zonas artificialmente sem vegetação	
1310 – Pedreiras, zonas de extracção de areia, minas a céu aberto	0,5
Áreas com ocupação agrícola	
Culturas permanentes	
2210 – Vinhas	0,2
2212 – Vinha + Olival	0,2
2220 – Pomares	0,05
2230 – Olivais	0,1
Pastagens	
2310 – Pastagens permanentes	0,02
Zonas agrícolas heterogéneas	
2410 – Culturas anuais associadas às culturas permanentes	0,4
2420 – Sistemas culturais e parcelares complexos	0,2
2430 – Terras ocupadas principalmente por agricultura com espaços naturais importantes	0,3
Florestas e meios semi-naturais	
Florestas	
3121 – Pinheiro bravo	0,05
3130 – Floresta com mistura de várias espécies florestais	0,05
Zonas com vegetação arbustiva ou herbácea	

Descrição	C
3220 – Landes e matagal	0,02
3230 – Vegetação esclerofítica (maquial, carrascal e esteval)	0,02
3240 – Espaços florestais degradados	0,1
Zonas descobertas sem ou com pouca vegetação	
3320 – Rochas nuas	0,01
3340 – Zonas incendiadas recentemente	0,5

5.3.2.5. Factor de Práticas Conservativas (P)

O factor de práticas conservativas pretende reflectir o efeito de práticas consideradas conservativas que, alterando o escoamento superficial, controlam a erosão do solo. É quantificado pela taxa de perda de solo consequente de determinada prática conservativa, tomando como referência a correspondente perda de solo quando este é lavrado no sentido do maior declive, varia entre 0 e 1.

Para solos agrícolas, as práticas de conservação consideradas mais importantes são: lavouras realizadas segundo as curvas de nível (lavouras em contorno), culturas em faixas perpendiculares ao maior declive do terreno e terraceamento.

Outras práticas que poderão ser conservativas ou melhoradoras, não são consideradas por este factor por se enquadrarem no factor de cobertura do solo (C), tais como: a mobilização reduzida, a mobilização nula (sementeira directa), as rotações, a fertilização, e a permanência de resíduos sobre o solo (Wischmeier e Smith, 1978).

Para a área em estudo adopta-se o valor de P igual a 1 (erosão máxima) tendo por base a baixa representatividade das práticas de conservação do solo que pontualmente possam ser usadas.

5.3.2.6. Erosão Específica

Aplicando a metodologia atrás descrita obteve-se os valores médios da perda anual de solo (ton/ha.ano), para diferentes secções na bacia hidrográfica:

- 13,6 considerando toda a bacia do rio Lis, ou seja, na sua foz;
- 9,36 considerando a sub-bacia do colector de Amor; e
- 3,64 considerando a sub-bacia na “secção da Aroeira”, ou seja, no início do Colector de Monte Redondo/Carreira.

Para estabelecimento de conclusões a partir de resultados da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), consideraram-se seis classes erosivas de terreno, para as quais foram determinadas as áreas e sua representatividade na bacia em estudo, para as três situações referidas no parágrafo anterior.

Quadro 27 - Área que as classes de erosão ocupam na bacia hidrográfica

Classes de Erosão [ton/(ha.ano)]	Bacia Hidrográfica do rio Lis		Bacia Hidrográfica do colector de Amor		Bacia Hidrográfica da “secção da Aroeira”	
	Área (ha)	% da bacia	Área (ha)	% da bacia	Área (ha)	% da bacia
0 – 5	56720	69,5%	6392	73,3%	10704	87,6%
5 – 10	7549	9,3%	932	10,7%	461	3,8%
10 – 20	6913	8,5%	568	6,5%	844	6,9%
20 – 30	2652	3,3%	280	3,2%	12	0,1%
30 – 40	906	1,1%	32	0,4%	24	0,2%
> 40	6872	8,4%	516	5,9%	172	1,4%

Como se pode verificar, pelo quadro anterior, é a classe 0-5 [ton/(ha.ano)] que apresenta maior representatividade, cobrindo, 69,5% da área total, no caso da bacia hidrográfica do rio Lis, 73,3% no caso da bacia hidrográfica do colector de Amor e 87,6% para a bacia hidrográfica da “secção da Aroeira”.

Observa-se também, pela análise do quadro anterior, que 87% da bacia do rio Lis é representada pelas classes erosivas mais baixas (abaixo da classe 20-30 [ton/(ha.ano)], exclusive). Nas sub-bacias analisadas, do Colector de Amor e “secção da Aroeira”, observa-se um aumento desta área para 90% e 98,4%, respectivamente, reflectindo os seus menores valores de perda anual de solo.

As classes erosivas mais altas (acima da classe 20-30 [ton/(ha.ano)], inclusive), são ainda bastante expressivas na bacia do rio Lis e bacia do Colector de Amor, representando 13% e 9,5% das suas áreas, sendo responsáveis por grande parte do valor da perda anual de solo, ao contrário do que sucede na bacia da “secção da Aroeira” onde as classes agora referidas são as menos expressivas.

5.3.2.7. Produção de Sedimentos

Uma vez que a parte do solo erodido acaba por se depositar ao longo das encostas, interessa determinar a parcela de material erodido que é depositado nas linhas de água, dado que só uma parte do material erodido chega às linhas de água, sendo do ponto de vista prático necessário quantificar essa parcela, por razões que se prendem com o assoreamento. Assim, para determinar a produção de sedimentos a partir da erosão específica dada pela USLE, recorre-se a um coeficiente de produção de sedimentos.

A equação para o cálculo da produção de sedimentos, A_e , é a seguinte:

$$A_e = C_{ps} \times A / 100$$

em que C_{ps} é o coeficiente de produção de sedimentos expresso em percentagem e que, por sua vez, se pode calcular pela seguinte expressão:

$$\log(C_{ps}) = 1,714 - 0,339 \times \log(A_b)$$

onde A_b representa a área da bacia hidrográfica expressa em km^2 .

Da aplicação das expressões anteriores resulta, para as secções anteriormente referidas, uma produção de sedimentos teórica de:

- 0,72 [ton/(ha.ano)], na foz do rio Lis resultante da contribuição de toda a bacia;
- 1,06 [ton/(ha.ano)], para a bacia hidrográfica do Colector de Amor; e
- 0,37 [ton/(ha.ano)], para a bacia hidrográfica da “secção da Aroeira”.

5.4. Metodologia de Avaliação do Transporte Sólido

5.4.1. Considerações gerais

Nas tarefas anteriores analisou-se a intervenção da água no processo de erosão do solo. Nesta tarefa ir-se-á abordar as metodologias utilizadas na intervenção da água no processo de transporte do material resultante da mesma erosão.

Assim, parte deste material, ao ser arrastado pela água durante as chuvadas, fica logo retido na própria encosta de origem, ou em valas do sistema de drenagem natural. Outra parte atingirá as linhas de água, constituindo uma parcela da respectiva carga sólida; as restantes parcelas da carga sólida provêm da desagregação das rochas do leito, do transporte eólico, etc.

Esta carga sólida da rede hidrográfica, ao ser deslocada pelos respectivos escoamentos líquidos, dará origem ao transporte sólido, que é função das características da linha de água. Enquanto a capacidade de transporte sólido for superior à carga sólida, o escoamento na linha de água disporá de capacidade energética para continuar a escavar o próprio leito; em caso contrário, haverá deposição de material e o leito terá tendência para subir a sua cota. A verificação de uma tendência a longo prazo no domínio dos fenómenos referidos, medida em termos de balanço, não exclui a possibilidade da ocorrência temporária de deposições ou erosões em sentido contrário ao processo geral.

Quando a capacidade de transporte sólido for equivalente à carga sólida existente na linha de água em análise, esta estará em equilíbrio, em termos de modificação da forma do respectivo leito.

As condições existentes num dado curso de água, de equilíbrio, assoreamento ou erosão, podem ser modificadas, por vezes, por obras que não têm sequer essa finalidade. A construção de um açude, por exemplo, modifica as condições de transporte sólido pré-existent: aumentarão as deposições na zona da albufeira, por retenção da carga sólida e, visto que as águas saíam da albufeira menos carregadas do que anteriormente, aumentará também a capacidade de transporte sólido para jusante.

O transporte sólido nos cursos de água pode ser feito, basicamente, de duas formas: em suspensão na massa líquida ou por arrastamento no fundo.

No transporte em suspensão, as partículas sólidas são deslocadas no seio da água, sem contacto com o leito, e a respectiva sustentação é devida às componentes verticais das forças de turbulência que ocorrem no escoamento. Em condições constantes de escoamento, a velocidade das partículas em

suspensão não varia sensivelmente, e o seu valor médio é próximo do da velocidade média do escoamento.

No transporte por arrastamento, as partículas transportadas são deslocadas rolando ou escorregando sobre as partículas que constituem o leito, e sem perderem o contacto com este. Em geral, os períodos em que as partículas transportadas se deslocam alternam com outros em que elas se mantêm paradas, muitas vezes debaixo de outras partículas que se deslocaram posteriormente. Nesta forma de transporte sólido, as partículas têm pois uma velocidade de deslocação irregular, com um valor médio muito inferior à velocidade de escoamento.

Nos escoamentos sobre fundo móvel não existe, por vezes, uma distinção nítida entre o transporte em suspensão e o transporte por arrastamento, pelo que pode também ser considerada uma forma de transporte de características intermédias, o transporte por saltação. Neste, as partículas deslocam-se por saltos, alternando-se as fases de transporte em suspensão.

Quando as velocidades são pequenas e, conseqüentemente, as forças hidrodinâmicas que se exercem sobre as partículas do material não coerente que se encontra depositado no leito do curso de água são também pequenas, as partículas permanecem estáveis.

No entanto, à medida que a intensidade das forças hidrodinâmicas aumenta, é, eventualmente, atingida uma situação para a qual as partículas são deslocadas da sua posição inicial e se movem com o escoamento. O movimento não é, contudo, generalizado instantaneamente a todas as partículas, por um aumento gradual das forças hidrodinâmicas. Efectivamente, o carácter aleatório da intensidade das forças hidrodinâmicas, típico dos escoamentos turbulentos, determina que o início do processo de deslocação das partículas seja também aleatório.

Contudo, as partículas menos pesadas são, em média, deslocadas das suas posições iniciais mais rapidamente. Eventualmente, se os pesos das partículas que constituem o material incoerente for bastante variado, poderá ser atingida uma situação em que apenas se movem as partículas mais leves.

A avaliação do transporte sólido, ou seja da capacidade de transporte do curso de água, é baseada em formulação, tendo em atenção o facto de que todas as diferentes formulações para o cálculo do transporte sólido representam aproximações limitadas ao fenómeno, pelo que deverão ser avaliados os diferentes resultados decorrentes da aplicação dessa mesma formulação considerando-se nessa avaliação a existência das seguintes etapas:

- Avaliação da curva de vazão para fundo móvel;
- Quantificação do caudal sólido por arrastamento;
- Quantificação do caudal sólido por suspensão; e
- Quantificação do caudal sólido total.

A avaliação do transporte sólido incidiu fundamentalmente em troços seleccionados que foram identificados como zonas onde existe correntemente deposição de sedimentos.

5.4.2. Curva de vazão para fundo móvel

Existem vários critérios de estimação da resistência ao escoamento em leitos aluvionares. Estes critérios podem ser classificados em dois grupos: critérios empíricos e critérios racionais. Segundo Rodrigo Oliveira e António Cardoso, 1990, os critérios empíricos tratam a fronteira do escoamento como fixa e consistem na aplicação das fórmulas do tipo de Gauckler-Manning-Strickler ou de Chesy. Os critérios racionais consistem na aplicação de processos interactivos que procuram atender ao facto dos escoamentos em fundo móvel serem automodeláveis, ou seja, das características do escoamento e da fronteira se ajustarem entre si.

Na figura seguinte apresenta-se as curvas de vazão obtidas para troços do Colector de Amor, do Colector de Monte Redondo/Carreira e do Colector do Boco, segundo a formulação baseada nos critérios empíricos.

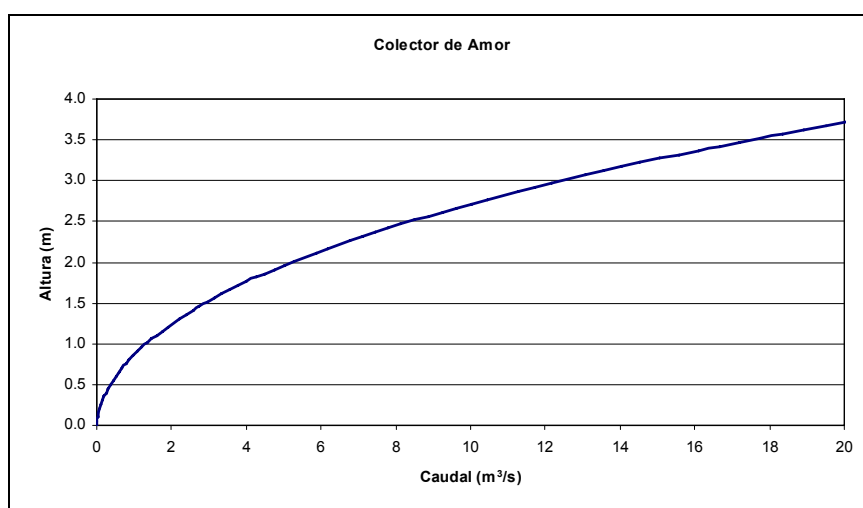


Figura 3 – Curva de vazão de fundo móvel ao longo do Colector de Amor

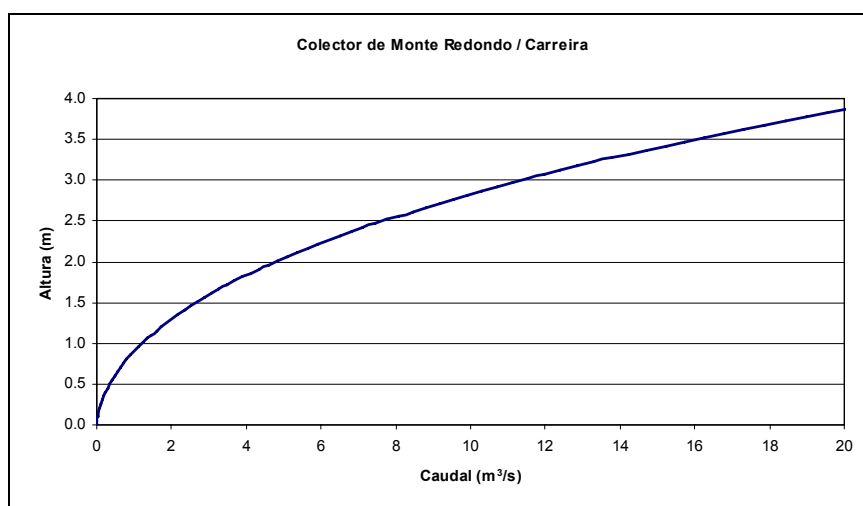


Figura 4 – Curva de vazão de fundo móvel ao longo do Colector de Monte Redondo / Carreira

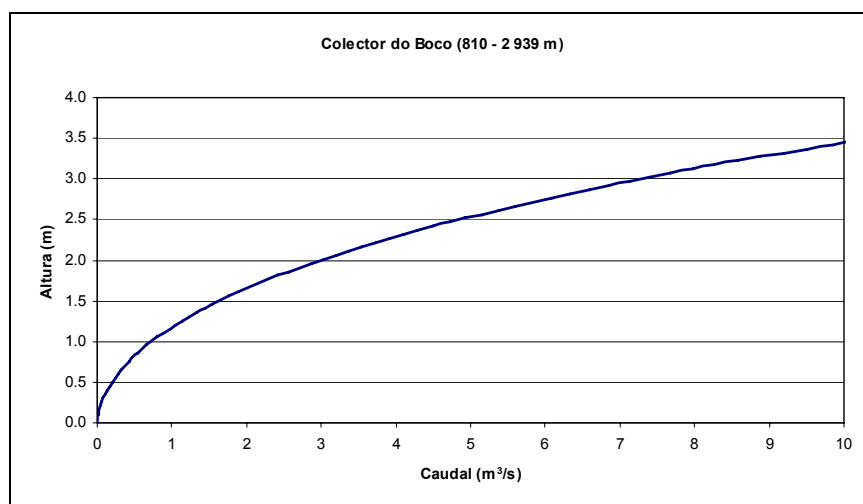


Figura 5 – Curva de vazão de fundo móvel no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)

5.4.3. Transporte sólido por arrastamento

Na prática, não é fácil avaliar separadamente o transporte sólido por arrastamento, e em suspensão pelo que é usual considerar em conjunto.

Os métodos de cálculo do caudal sólido agrupam-se do seguinte modo:

- fórmulas de caudal sólido por arrastamento;
- fórmulas de caudal sólido em suspensão; e
- fórmulas de caudal sólido total, que não distinguem o modo de transporte.

No presente estudo avalia-se o caudal sólido total por recurso ao somatório do caudal sólido por arrastamento e por suspensão.

A metodologia de cálculo do caudal sólido por arrastamento, utilizada no presente estudo foi a de Meyer-Peter e Müller, segundo a qual a fórmula de transporte sólido por arrastamento apresenta a seguinte formulação:

$$\left(\frac{K_s}{K_r}\right)^{3/2} \times \gamma \times R \times J = 0,047 \times \gamma'_{sp} \times d + 0,25 \times \left(\frac{\gamma}{g}\right)^{1/3} \frac{(q'_{sp})^{2/3}}{\gamma'_s \times d}$$

- K_s o coeficiente de Manning-Strickler ($m^{1/3}/s$);
- K_r o coeficiente de Manning-Strickler igual K_s em fundo plano ($m^{1/3}/s$);
- γ o peso volúmico da água (N/m^3);
- J a perda de carga unitária (m/m);
- γ'_{sp} o peso volúmico do grão do material sólido submerso (N/m^3);
- q'_{sp} o caudal sólido arrastado por unidade de largura (peso submerso) ($m^3/s/m$); e
- d o diâmetro das partículas (m).

sendo que:

$$q'_{sp} = 8 \times \left(\frac{g}{\gamma}\right)^{1/2} \times (\tau_e - \tau_c)^{3/2};$$

$$K_s = \frac{U}{R^{2/3} \times J^{1/2}}; e$$

$$K_r = \frac{26}{D_{90}^{1/6}}$$

- τ_e a tensão tangencial corrigida da fórmula de Meyer-Peter e Müller (N/m^2);
- τ_c a tensão de arrastamento crítica (N/m^2).
- U a velocidade média do escoamento (m/s);
- R o raio hidráulico (m).

As relações entre caudais líquidos e sólidos por arrastamento obtidas apresentam-se nas figuras seguintes.

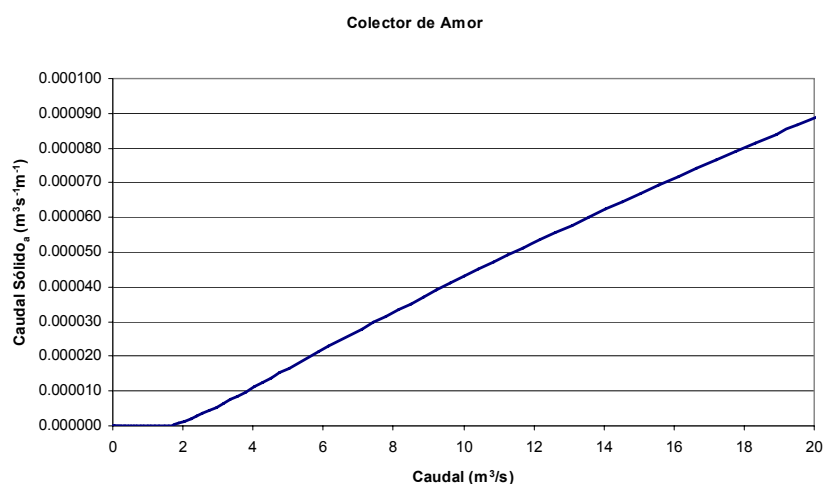


Figura 6 – Relação entre caudal líquido e sólido por arrastamento ao longo do Colector de Amor

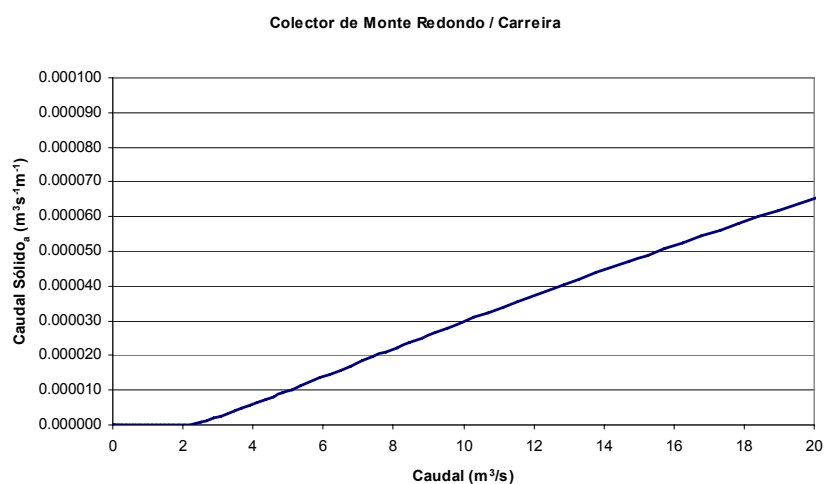


Figura 7 – Relação entre caudal líquido e sólido por arrastamento ao longo do Colector de Monte Redondo / Carreira

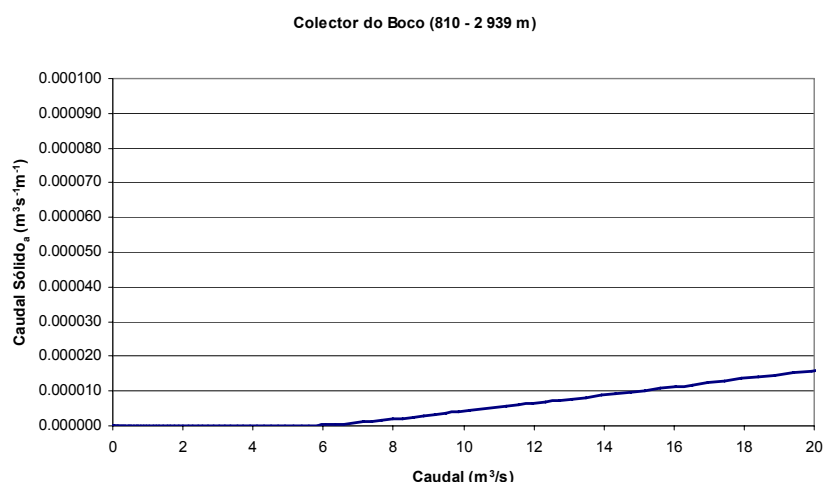


Figura 8 – Relação entre caudal líquido e sólido por arrastamento no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)

5.4.4. Transporte sólido em suspensão

Para a avaliação do caudal sólido em suspensão utiliza-se a metodologia de Einstein.

O caudal sólido em suspensão por unidade de largura obtém-se integrando em toda a altura do escoamento o produto da concentração de sedimentos pela velocidade, isto é:

$$q_{ss} = \int_0^h Cs \times u \times dy$$

Com Cs e u obtidos a partir das respectivas leis de distribuição. Na equação anterior, h deve ser substituído pelo raio hidráulico do fundo, R_b , em todas as situações em que o canal não se possa considerar muito largo.

Einstein utilizou a lei de distribuição de concentração de Rouse para definir a distribuição da concentração, dada pela seguinte expressão:

$$\frac{Cs}{(Cs)_{y_0}} = \left(\frac{h-y}{y} \times \frac{y_0}{h-y_0} \right)^{y^*}$$

Cs a concentração do material sólido total transportado em suspensão;

- h altura do escoamento (m);
- y a distância ao fundo (m)
- y^* número de Rouse;

sendo y_0 a distância do fundo para a qual se supõe conhecida a concentração de referência, e a distribuição de velocidade de Von Karman dada pela fórmula:

$$\frac{u}{u_*} = 5,75 \times \log \left(30,2 \times \frac{y \times \chi}{d_{65}} \right)$$

- u a velocidade média pontual segundo x (ms^{-1});
- χ o coeficiente de correlação da fórmula logarítmica de resistência ao escoamento devido a Einstein e Barbarossa;
- d_{65} (m) é o diâmetro de peneiração do material do fundo tal que 65% em peso é mais fina;

Assim, Einstein obteve a seguinte expressão para o cálculo do caudal sólido em suspensão:

$$q_{ss} = 11,6 \times u_*' \times (Cs)_{y_0} \times y_0 \times \left[\left(2,3 \times \log \frac{30,2 \times \chi \times h}{d_{65}} \right) \times l_1 + l_2 \right]$$

Os valores de l_1 e l_2 estão traduzidos graficamente em Cardoso 1998.

As relações entre caudais líquidos e sólidos por suspensão obtidos apresentam-se nas figuras seguintes.

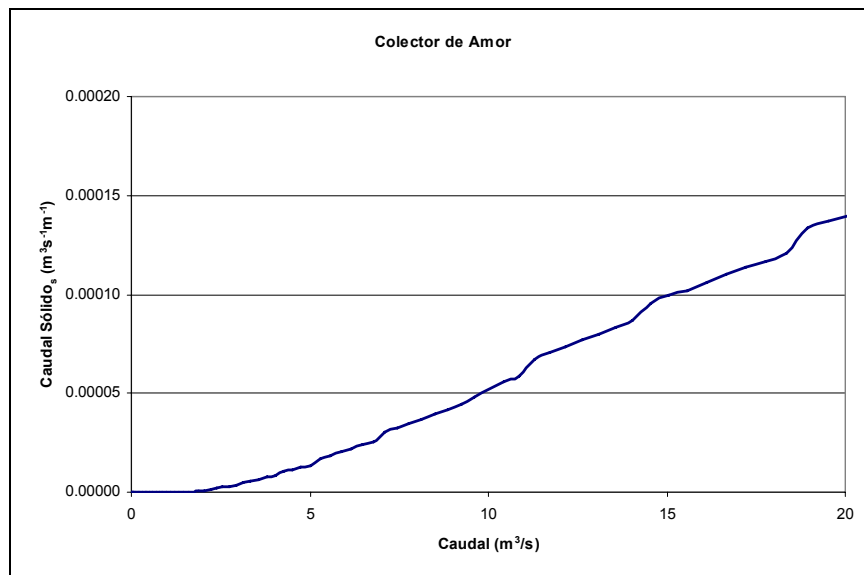


Figura 9 – Relação entre caudal líquido e sólido por suspensão ao longo do Colector de Amor

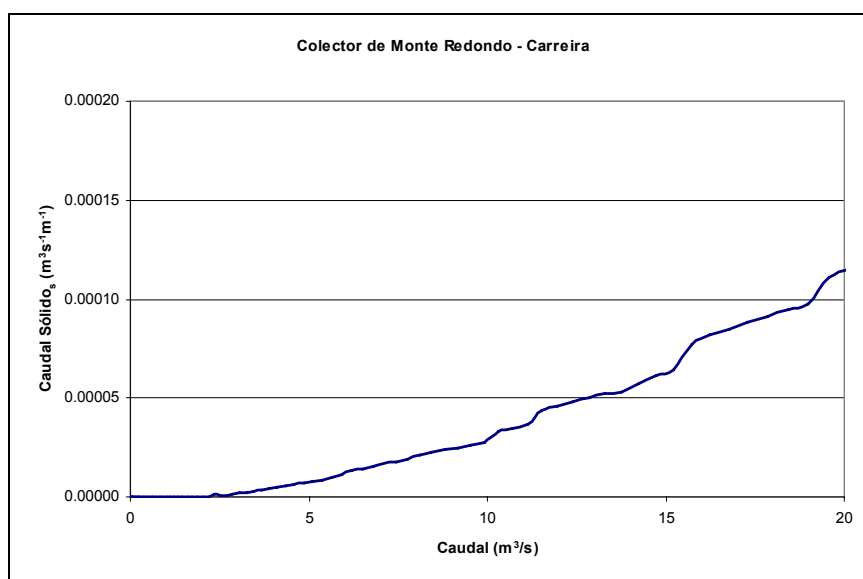


Figura 10 – Relação entre caudal líquido e sólido por suspensão ao longo do Colector de Monte Redondo - Carreira

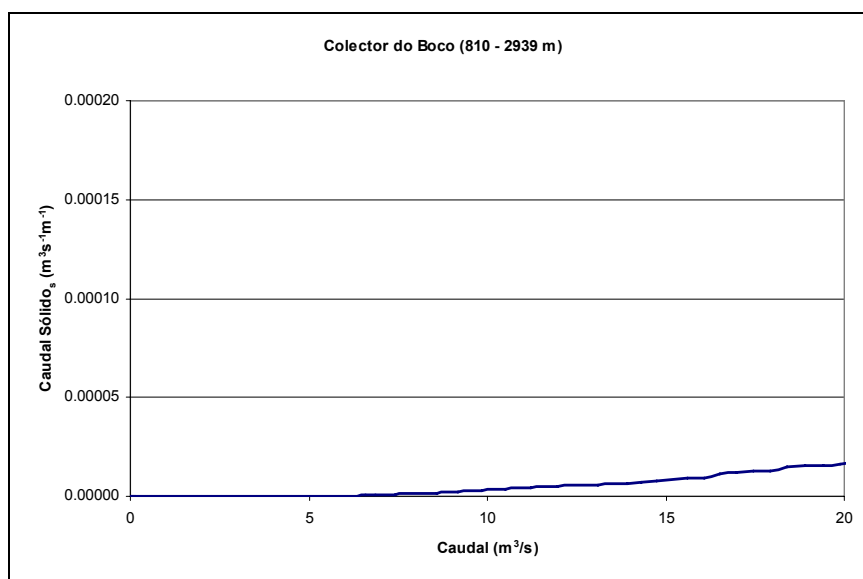


Figura 11 – Relação entre caudal líquido e sólido por suspensão no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)

5.4.5. Transporte sólido total

O caudal sólido total foi avaliado pelo somatório das duas modalidades de transporte sólido descrito anteriormente. As relações entre caudais líquidos e sólidos totais apresentam-se nas figuras seguintes.

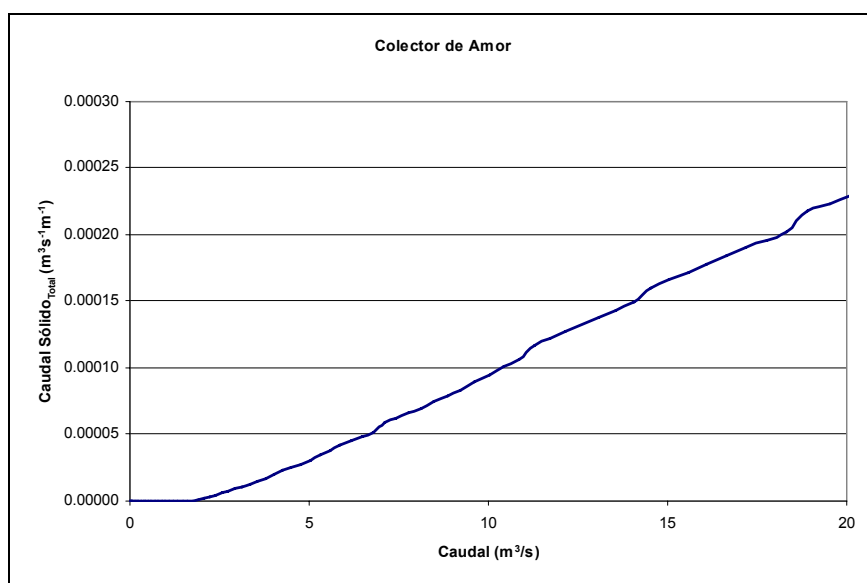


Figura 12 – Relação entre caudal líquido e sólido total ao longo do Colector de Amor

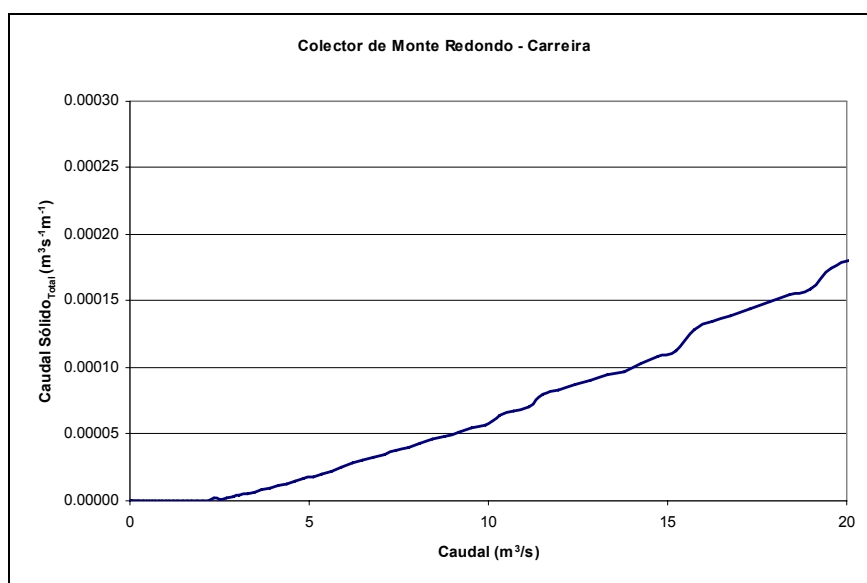


Figura 13 – Relação entre caudal líquido e sólido total ao longo do Colector de Monte Redondo / Carreira

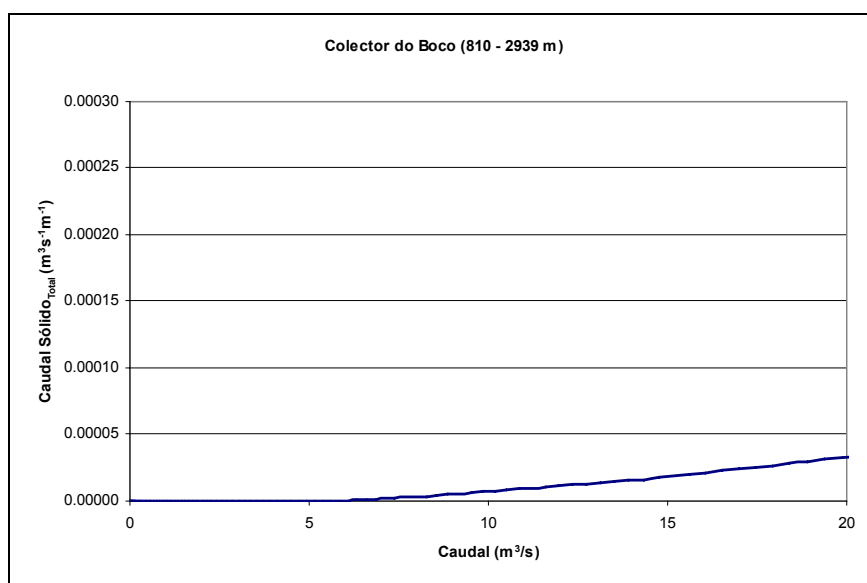


Figura 14 – Relação entre caudal líquido e sólido total no troço 810 m a 2939 m do Colector do Boco (sentido de jusante para montante)

Para análise dos valores obtidos para o transporte de sólidos e para a produção de sedimentos, recorreu-se à noção de caudal modelador (ou líquido dominante). É este que pode ser usado para determinar o equilíbrio, podendo estimar-se da forma seguinte:

$$Q_{\text{modelador}} = \frac{\frac{Q_{T=2\text{anos}}}{2} + \frac{\bar{H}_{\text{bacia}} \times A_{\text{bacia}}}{365 \times 24 \times 3600}}{2}$$

Considerou-se haver equilíbrio, erosão ou assoreamento se a relação entre o volume de sedimentos transportados num ano pelo caudal modelador e a produção de sedimentos num ano for a seguinte:

$$\text{Se } \begin{cases} 0,8 P_s < V_t < 1,2 P_s \Rightarrow \text{Equilíbrio} \\ V_t > 1,2 P_s \Rightarrow \text{Erosão} \\ V_t < 0,8 P_s \Rightarrow \text{Assoreamento} \end{cases}$$

Da análise dos valores obtidos, verifica-se, ao longo do Colector de Amor, um grande potencial de assoreamento na confluência do ribeiro do Fagundo (volume de sedimentos da ordem de 1500 m³/ano), um equilíbrio no transporte e afluências de sedimentos na confluência do ribeiro de Amor e um potencial de erosão a jusante da Confluência do ribeiro da Marinha e da Vala de Cintura da Marinha no colector.

No Colector de Monte Redondo / Carreira observa-se um potencial de erosão generalizado, mesmo que se contabilizasse o transporte de todos os sedimentos produzidos até à secção da Aroeira, onde a probabilidade maior é a retenção de parte dos mesmos.

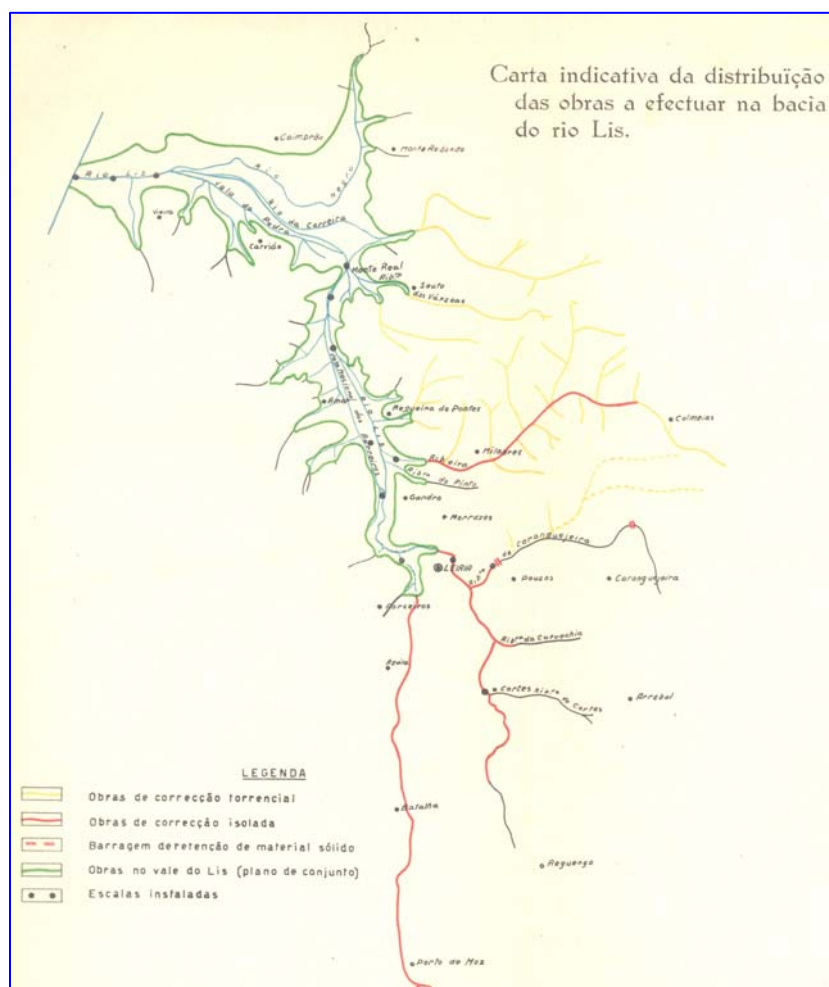
No Colector do Boco, a jusante da confluência do ribeiro de Moinhos de Carvide, localiza-se um troço com potencial de assoreamento, com volumes de sedimentos da ordem de 700 m³/ano.

É necessário ter em consideração que os elementos referidos pressupõem a inexistência de obras de retenção e deposição de sedimentos.

5.5. Medidas de Controlo a Adoptar na Bacia de Modo a Minimizar o Assoreamento das Linhas de Água na Área do AHVL

Como enquadramento é de referir que no Plano Geral da Obra do Lis foram identificadas como principais causas da desordem hidráulica do Vale do Lis o volume enorme do material sólido transportado, a abundância de descarregadores e derivações ao longo do leito principal, factores estes que conjugados, dando lugar a uma grande diminuição da força de transporte, provocavam um alteamento cada vez maior do álveo, e, finalmente, o estado de obstrução em que se encontrava a foz, obrigando a uma acumulação das cheias antes do seu escoamento para o mar e dando origem ao assoreamento regressivo do leito.

Figura 15 – Carta da distribuição das obras a efectuar na bacia do rio Lis (desenho n.º 9/REH/1941)



Também se chegou à conclusão de que o melhor método de correcção seria o rebaixamento geral do leito do rio dando-lhe um perfil conveniente, a regularização do seu leito, dividido em maior e menor, a concentração de todas as águas neste leito e como condições indispensáveis do êxito e conservação destas disposições, a completa correcção das bacias secundárias e a desobstrução permanente da foz, situação que se veio a concretizar com a realização da Obra.

Foi posta de parte qualquer ideia de redução dos caudais de cheia por recurso a albufeiras criadas por barragens/açudes de retenção, não só por falta absoluta de condições geológicas apropriadas, mas também por se entender que, em face dos caudais líquidos e sólidos constatados, tal redução poderia ser prejudicial.

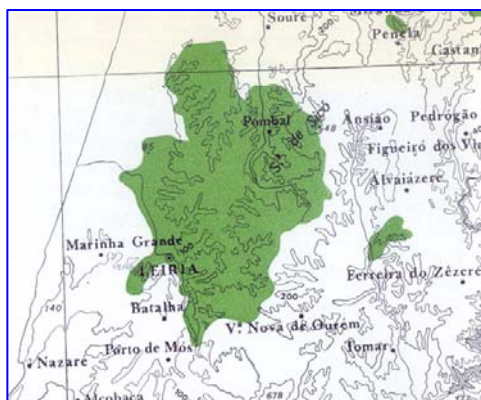
Para as conclusões obtidas contribui o reconhecimento da bacia e a identificação das sub-bacias em que eram necessárias intervenções de correcção torrencial generalizadas e os trechos fluviais que justificavam intervenções localizadas. A principal origem dos sedimentos seriam os barrancos existentes na zona de terrenos pliocénicos na margem direita do rio, a jusante de Leiria. Para diminuir a erosão das margens, foram idealizadas correcções de curvas, defesa marginal e regularização de confluências.

Para cada situação, apresentaram-se diversas hipóteses de intervenção, preconizando a execução das obras de correcção torrencial por fases: 1ª fase – obras relativas à redução da produção de sedimentos; 2ª fase – obras de correcção dos perfis longitudinais das linhas de água, os quais, tal como as secções transversais, constam de elevado número de desenhos; e 3ª fase – obras de fixação definitiva dos leitos e dos terrenos.



Como sequência foram realizadas na década de 40-60 muitas intervenções na bacia tendo em vista a correcção torrencial em linhas de água secundárias, conforme se identifica em quadro anexo e se localizam também nas peças desenhadas em anexo.

Figura 16 – Zona de Intervenção de Correção Torrencial (Fonte: Direcção-Geral das Florestas, 1982)



Naturalmente, na actualidade as medidas de controlo a adoptar na bacia hidrográfica de modo a minimizar o assoreamento das linhas de água na área do AHVL devem ser enquadráveis pelos planos de ordenamento em vigor com influência directa e indirecta nessa problemática.

Nesse enquadramento, é de salientar fundamentalmente o PBHL, documento por excelência orientador de todas as intervenções principais neste domínio ao nível da bacia hidrográfica, aos quais se seguirão a muito breve prazo o Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica e os Planos Específicos que o complementam.

Naturalmente foi essa a grande conclusão do PBHL de ser necessário desenvolver os estudos de erosão e assoreamento, no sentido de um melhor conhecimento da sua dinâmica, e em particular ao nível da erosão e assoreamento dos leitos das linhas de água, estimando, à data, custos da ordem dos 150 mil euros para o efeito em termos de estudos, de modo a que venham a ser desenvolvidos os planos de intervenção com vários níveis de aplicação e estabelecimento de medidas conforme a gravidade da situação.

Esses planos de intervenção estão pensados para se iniciarem pela análise dos riscos de erosão hídrica, ao nível da bacia hidrográfica, desenvolvendo-se uma metodologia de cálculo calibrada pelos dados obtidos pela rede de medição de caudal sólido, aquando da sua implementação (englobado no denominado projecto “Rede de Monitorização de Caudal Sólido” também identificado no PBHL onde se preconizam três estações de observação sedimentológica com observações mensais: Açude do Arrabalde, Açude de “Requeixada” e Açude de “Leiria/Turismo”). Esse mesmo projecto prevê ainda a identificação de zonas críticas de erosão ou deposição de sedimentos, ao nível a rede hidrográfica, onde serão realizados balanços sedimentares entre o caudal sólido afluente e o caudal sólido efluente em troços críticos das linhas de água, nomeadamente troços de maior declive ou de declives muito suaves, a jusante de estruturas de retenção de água, junto à foz ou albufeiras, zonas de extracção de inertes ou de alimentação de caudal sólido.

Por fim, é equacionada também a realização de propostas de medidas correctivas aos problemas de erosão e assoreamento tais como: técnicas físicas (construção de terraços e socacos), técnicas vegetativas (florestação das áreas com risco de erosão, cobertura do solo nos períodos de chuva), práticas

de conservação dos solos (lavragem segundo as curvas de nível), retenção de sedimentos (açudes), regularização fluvial (correções de traçado, definição de secções transversais de equilíbrio, construção de esporões, diques longitudinais, soleiras transversais, painéis de fundo e de revestimentos de fundo e das margens, realização de dragagens), entre outras.

Integrados naturalmente no conjunto vasto de intervenções a realizar a coberto dos planos mencionados para a Bacia Hidrográfica, encontram-se já identificados os pontos críticos de retenção de sedimentos no sistema de defesa contra cheias do Vale do Lis e em particular da área de influência do AHVL, de que são exemplos a Aroeira (no início do Colector de Monte Redondo/Carreira) e o Tanque do Fagundo (na ligação inicial ao Colector de Amor), onde as estruturas já hoje existentes devem ser reabilitadas com soluções que permitam reduzir as condições para o assoreamento das linhas de água que se desenvolvem a jusante desses pontos, mas forçosamente integrados em acções consistentes de manutenção e conservação dos sistemas de defesa e controlo de cheias em que se integram.

5.6. Condições para a Existência de Actividade de Exploração de Inertes nos Locais de Desassoreamento

As extracções de inertes, ou seja, a intervenção de desassoreamento das zonas de escoamento e de expansão das águas de superfície são regulamentadas pelo Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro de 1994. As normas técnicas para a elaboração dos planos específicos para a gestão da extracção de inertes em meio hídrico são regulamentadas pelo Despacho Normativo n.º 14/2003, de 14 de Março de 2003.

O Decreto-Lei n.º 46/94, de 2 de Fevereiro de 1994, define o conceito de extracção de inertes, os requisitos técnicos gerais aplicáveis a este tipo de operação e as regras para o licenciamento da operação em terrenos públicos e privados estabelecendo também o conteúdo da respectiva licença.

Considerando que: a extracção de inertes está sujeita a obtenção de licença; essa extracção só é permitida quando existam planos específicos que definam os locais potenciais de extracção; na ausência de planos específicos a extracção só deve ser autorizada quando justificada por razões de ordem técnica, ambiental e paisagística; não deverá ter como objectivo prioritário atender às necessidades de mercado. O Despacho Normativo n.º 14/2003, de 14 de Março de 2003, situa o problema da extracção de inertes ao nível da gestão racional dos recursos das bacias hidrográficas e da política geral da extracção de inertes e ambas no quadro global da conservação e utilização dos recursos naturais. Em anexo a este Despacho Normativo são definidas as normas técnicas para a elaboração de um plano específico de gestão da extracção de inertes em meio hídrico.

No âmbito do enquadramento legal referem-se os PDM, que apresentam, entre outros, condicionantes à localização dos depósitos de inertes.

Simultaneamente, a recente Lei da Água em articulação com o Regime Económico e Financeiro para o usos eficiente da água, também perspectiva introduzir factores económicos para a realização desta actividade.

Em termos sócio-económicos, refira-se que o principal consumidor do material inerte retirado das linhas de água é a indústria da construção civil e obras públicas sendo aplicado na produção de betão, do cimento e da argamassa, na pavimentação rodoviária e ferroviária, como acabamento final em rebocos interiores e exteriores, na indústria da cerâmica, como material de enchimento em esporões e quebra mares, entre outros.

Refira-se que a maioria das empresas do sector de pré-fabricados de betão consome areias provenientes do domínio terrestre, justificando serem mais resistentes, menos sujas e com uma granulometria mais precisas que as areias de rio.

Ao equacionar-se a viabilidade de implementação de uma actividade de extracção de inertes, em macro análise, associada ao sistema de defesa contra cheias e drenagem no Vale do Lis na sua maior amplitude, é necessário ter como base de sustentação que essa actividade terá que ser economicamente viável, ou seja, os interessados (procura) intervêm numa perspectiva fundamental de enquadramento num plano de negócio, enquadrando a oferta (da responsabilidade da Entidade(s) Gestora(s) sobre o domínio hídrico em causa).

Entre outros inúmeros factores que estão associados a esse plano de negócio, um factor base é certamente a existência de mercado para o produto e, cumulativamente, que o produto exista com as garantias adequadas para o efeito, seja nos aspectos quantitativos e qualitativos, e de forma consistente.

Por outro lado, como todos os demais negócios, o mesmo necessita de reger-se obrigatoriamente pela regulamentação em vigor e enquadrada no mercado de inertes (em Portugal existem cerca de centena e meia de empresas legalizadas) tendo igualmente em consideração que esta é uma actividade que pode potenciar impactes ambientais relevantes, directos e indirectos, que obviamente necessitam de ser tidos em consideração.

Também é necessário equacionar que os volumes a movimentar em cada troço de rio têm que ser proporcionais às afluências de sedimentos esperadas a esse troço e às características sedimentares e hidrodinâmicas do próprio troço.

Na verdade o sistema fluvial, no seu estado natural, apresenta uma grande variabilidade espacial e temporal, própria da dinâmica particular que o caracteriza. Ao contrário do que à partida possa parecer, a morfologia dos leitos aluvionares não está unicamente dependente dos fenómenos puramente hidráulicos. Com efeito, a presença de seres vivos num sistema fluvial é determinante para a sua sustentabilidade e equilíbrio dinâmico. Os ecossistemas ribeirinhos são muito ricos sob o ponto de vista biológico e condicionam profundamente as margens e zonas húmidas adjacentes, o curso do próprio rio e a qualidade das suas águas entre outros factores.

Actualmente é frequente observar-se ao nível dos sistemas fluviais, uma crescente intervenção de natureza antropogénica, que se manifesta não só em alterações de natureza física, decorrentes de intervenções associadas à engenharia fluvial, mas também biológica. Estas intervenções são responsáveis

pela perturbação dos ecossistemas e por questões de natureza ecológica, relacionadas com a variabilidade espaço-temporal do meio e com os mecanismos de interacção biótica e abiótica.

Perante o quadro legal altamente restritivo que se apresenta para a implementação de uma exploração de inertes de forma consistente, e tendo por base os volumes estimados a extrair nos principais locais identificados para a retenção de sedimentos de forma controlada, não se perspectiva potencialidades para uma efectiva extracção comercial de inertes nos tanques de desassoreamento.

Naturalmente que as acções de desassoreamento continuarão a ter que ser executadas, mas sempre num âmbito de necessidade técnica e não de exploração comercial.

6. CONCLUSÕES

No que respeita às principais conclusões dos elementos analisados, nomeadamente tendo em vista a projecção dos sistemas para os Cenários de Evolução Futura, conforme identificados no ponto 4.1, é necessário ter em consideração que os mesmos são diferentes entre si no facto de existir, ou não, intervenção de conservação e manutenção nos sistemas de defesa e drenagem, nomeadamente na perspectiva particular dos troços que possam ser considerados da responsabilidade da Entidade Gestora do AHVL.

Na realidade, o sistema de defesa contra cheias e de drenagem está naturalmente interligado nas suas três componentes essenciais: rios Lis e Lena, colectores de encosta e valas de drenagem, sendo em termos funcionais difícil de isolar cada um deles dadas as interdependências entre si.

Contudo, no que respeita às intervenções no sistema de defesa contra cheias, é possível distinguir os colectores de encosta do conjunto dos rios Lis e Lena.

Relativamente aos rios, verifica-se que a inexistência de condições de manutenção e conservação potencia as seguintes situações:

- a) Diminuição das capacidades de escoamento das linhas de água por obstrução e/ou diminuição da secção de vazão, tendo em consideração o crescimento natural da vegetação e o depósito de sedimentos, sendo que esta última ocorrência depende também das acções de conservação e manutenção que possam ser efectuadas nos principais colectores onde a situação do transporte sólido é mais relevante, conforme observado no capítulo 5, embora a temática da erosão seja marcadamente influenciada pelas condições naturais das sub-bacias hidrográficas a montante do AHVL;
- b) Reflexos nas linhas de água afluentes, nomeadamente nos colectores de encosta, ao verificar-se a diminuição de escoamento dos caudais afluentes por eles produzidos, aumentando as probabilidades de inundação das zonas envolventes, potenciada igualmente pelo incremento das possibilidades de existência de situações de ruptura no sistema, perspectivando a ocorrência de situações extremas com maiores frequências;
- c) A degradação gradual dos sistemas, mais ou menos acelerada, dependendo nesse enquadramento fundamentalmente de ocorrências de situações hidrológicas de maior gravidade (entenda-se maior pluviosidade concentrada no tempo) ocasionará com maior frequência as rupturas funcionais no sistema com a agravante de não ser necessário a ocorrência de situações hidrológicas consideradas extremas;
- d) Simultaneamente, aumentará o período temporal para que, de forma natural, a reposição das condições iniciais do sistema de drenagem sejam atingidas, penalizando o retomar de todas as actividades que possam ser condicionadas por essa ruptura frequente do sistema;

- e) Na hipótese mais extrema, as condições de reposição do funcionamento de partida do sistema de defesa contra cheias poderão não ser alcançadas de forma consistente, evoluindo o sistema e a zona de intervenção por si dominada, conforme se pode observar nas plantas anexas respeitantes aos planos de inundação do vale, para zonas naturalizadas com evidentes reflexos na sua utilização actual, incluindo a não agrícola.

No que respeita aos colectores de encosta, a inexistência de condições de manutenção e conservação potenciará situações semelhantes às referidas para as linhas de água principais ao nível das sub-zonas por si dominadas, com a particularidade da ocorrência probabilística ser maior, dadas as capacidades de vazão dos colectores serem, comparativamente às linhas de água principais, inferiores em termos de período de retorno.

Nos colectores em que a relevância do transporte sólido se faz sentir com maior incidência, os problemas serão agravados dada a diminuição acelerada da secção hidráulica e, simultaneamente, o contributo para a diminuição da secção nas linhas de água principais, nomeadamente do rio Lis, com inerentes reflexos no seu funcionamento já referidos anteriormente.

Na situação em que não existe intervenção no sistema de drenagem, entendido como respeitante à rede de valas existentes ao longo do vale do Lis abrangidas pelo AHVL, ocasionará em curtíssimo prazo o desequilíbrio hidráulico funcional desse mesmo sistema de drenagem, dados os períodos temporais de referência desses sistemas.

Esse desequilíbrio provocará e induzirá as seguintes situações:

- a) Diminuição das capacidades de escoamento da rede de drenagem por obstrução e/ou diminuição da secção de vazão das linhas de água, tendo em consideração o crescimento natural da vegetação;
- b) Aumento das probabilidades de inundação das zonas envolventes dominadas pelo sistema, potenciada igualmente pelo incremento das possibilidades de existência de situações de ruptura que se podem considerar como de elevada probabilidade de ocorrência;
- c) Para além da afectação das actividades nas zonas de intervenção do sistema, surgirá o aumento da afectação das infra-estruturas complementares, nomeadamente passagens hidráulicas, que pode ocasionar a sua operacionalidade funcional, com reflexos directos e indirectos também ao nível da transitabilidade na rede viária e da respectiva degradação.

Relativamente à necessidade de intervenções de reabilitação do sistema de defesa contra cheias é de salientar o facto do mesmo não estar enquadrado em programas de acções de conservação e manutenção periódicos.

Existem fundamentalmente acções baseadas em intervenções pontuais, associadas muitas vezes a ocorrências de emergência (veja-se o ocorrido em fins de Outubro de 2006), situação que urge ultrapassar com o estabelecimento de um programa que vise, pelo menos, dois níveis de acção prioritários:

- 1) Restabelecimento das condições de base funcional em zonas degradadas; e
- 2) Acção periódica de conservação e manutenção para as adequadas condições de escoamento.

A aparente, ou talvez real, dissociação de responsabilidades das Entidades no cumprimento das suas obrigações, que a legislação assim o exige e as acções jurídicas o confirmam, coloca em risco a protecção de bens e pessoas, aspecto inquestionavelmente relevante na problemática do controlo de cheias.

Assim, a médio prazo será fundamental que ao nível da região hidrográfica que abrangerá a zona de intervenção da bacia hidrográfica do Lis, sejam prioritárias as intervenções, de vária ordem, tendo em vista restabelecer o equilíbrio funcional do sistema de defesa contra cheias que está actualmente desprovido da capacidade funcional para as situações em que o mesmo necessita de funcionar, ou seja, para as situações hidrológicas extremas consideradas mínimas para defesa da zona de intervenção.

Contudo, a curto prazo urge inverter o distanciamento dessas mesmas Entidades da sua efectiva responsabilidade perante um cenário de intervenção que, naturalmente, a não se inverter, potenciará a ocorrência de “Outubros de 2006” com maiores frequências, mesmo para pluviometrias de menor intensidade.

ANEXO A - QUADROS

ANEXO B – CALIBRAÇÕES

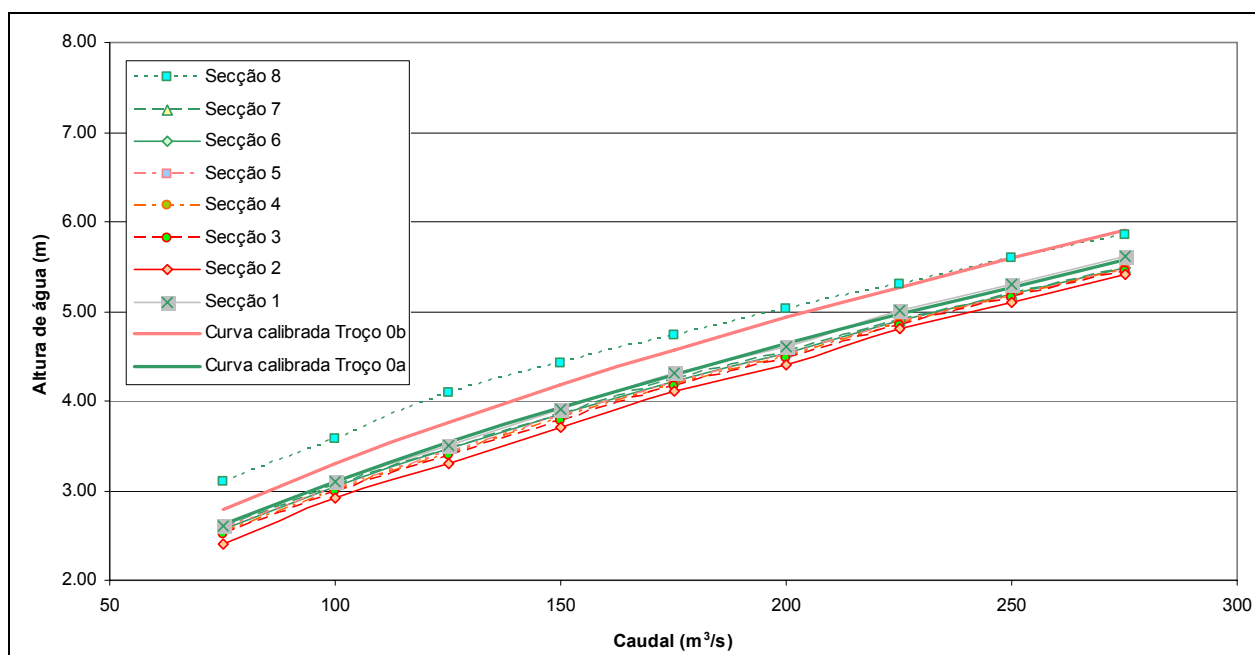


Gráfico A1 - Calibração das curvas para os troços entre as secções 1 e 8
 Troço 0a entre as secções 1 a 7 e Troço 0b entre as secções 7 a 8

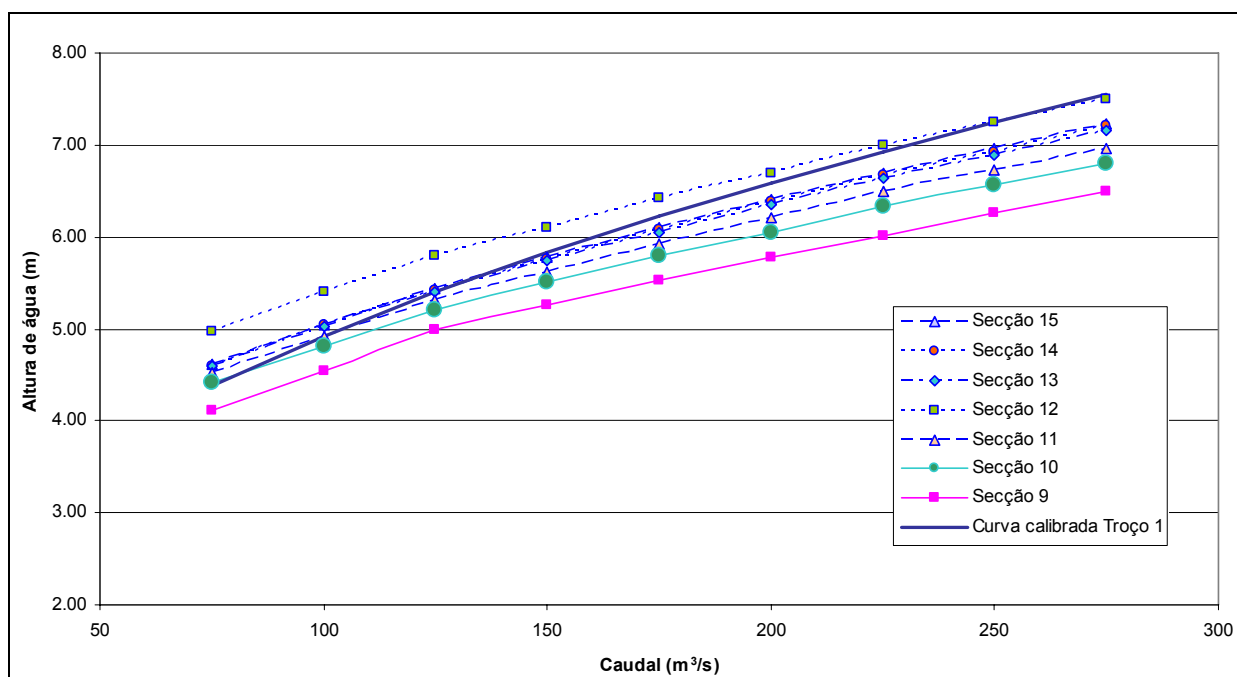


Gráfico A2 - Calibração das curvas para os troços entre as secções 8 e 15
 Troço 1 entre as secções 8 a 15

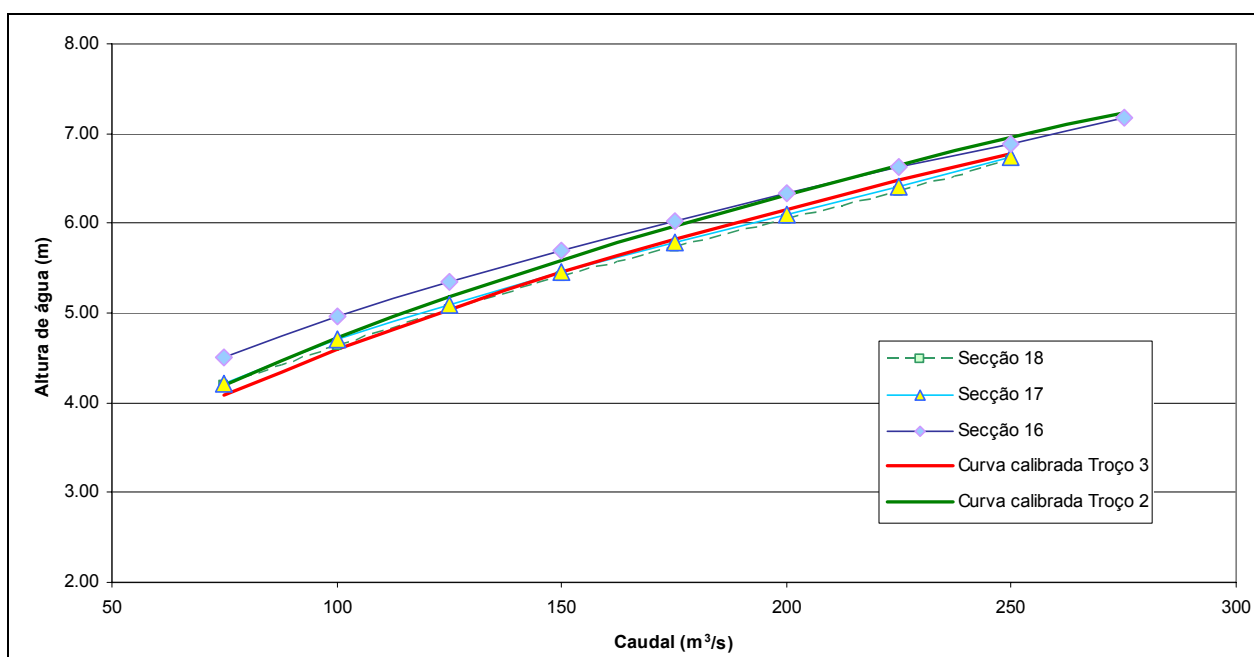


Gráfico A3 - Calibração das curvas para os troços entre as secções 15 e 18
 Troço 2 entre as secções 15 a 16 e Troço 3 entre as secções 16 a 18

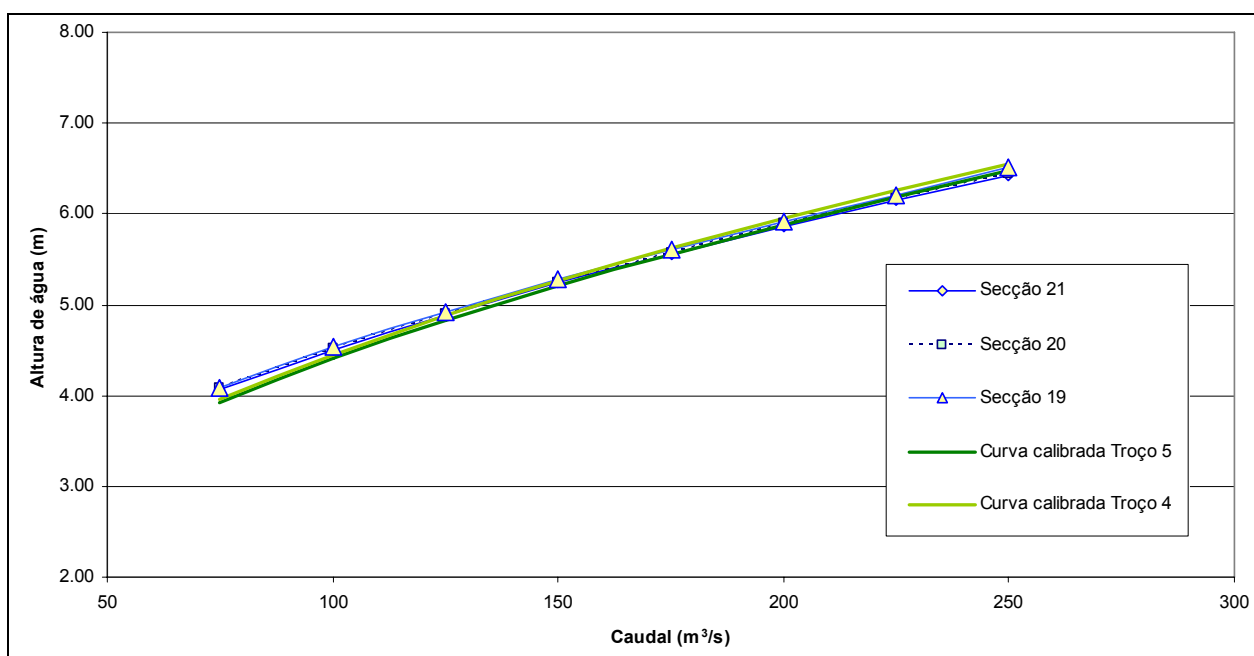


Gráfico A4 - Calibração das curvas para os troços entre as secções 18 e 21
 Troço 4 entre as secções 18 a 20 e Troço 5 entre as secções 20 a 21

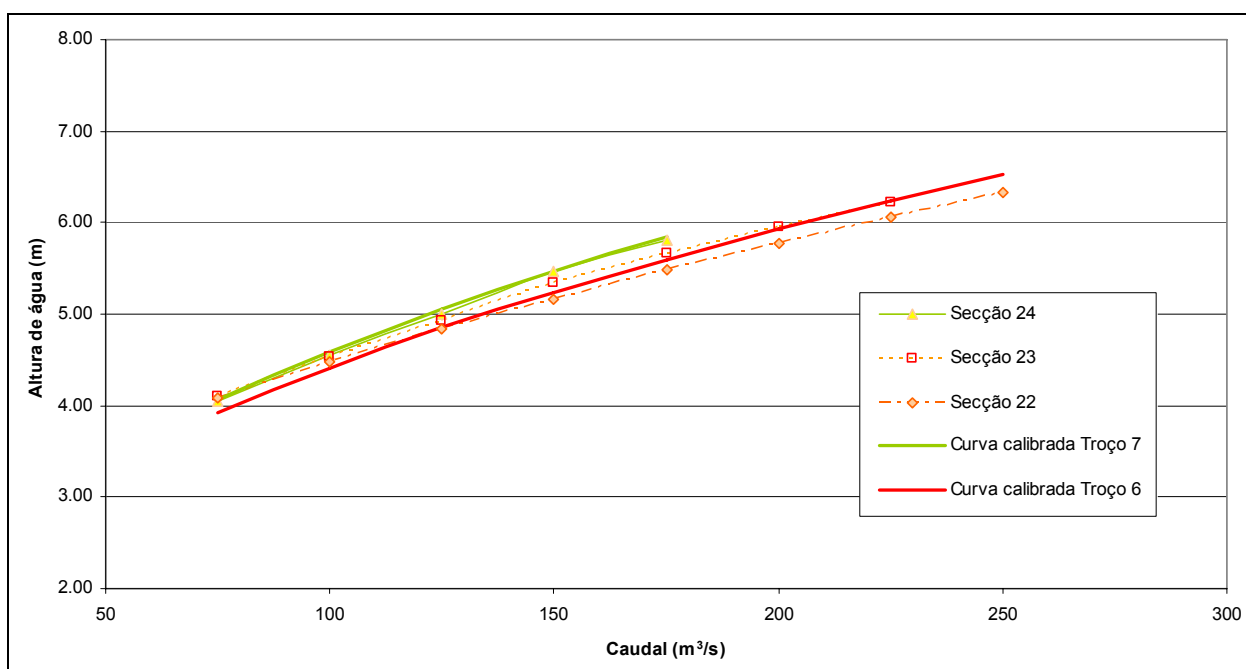


Gráfico A5 - Calibração das curvas para os troços entre as secções 21 e 24
 Troço 6 entre as secções 21 a 23 e Troço 7 entre as secções 23 a 24

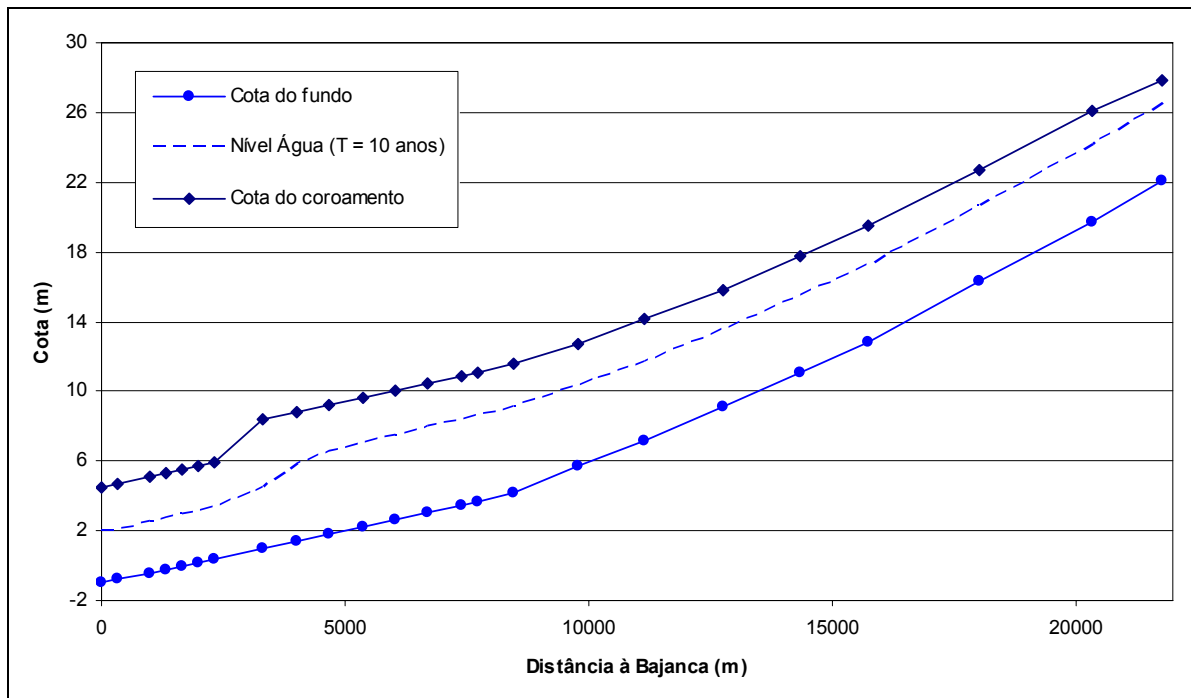


Gráfico A6 - Curva de regolfo com simulações para os caudais com período de retorno de 10 anos

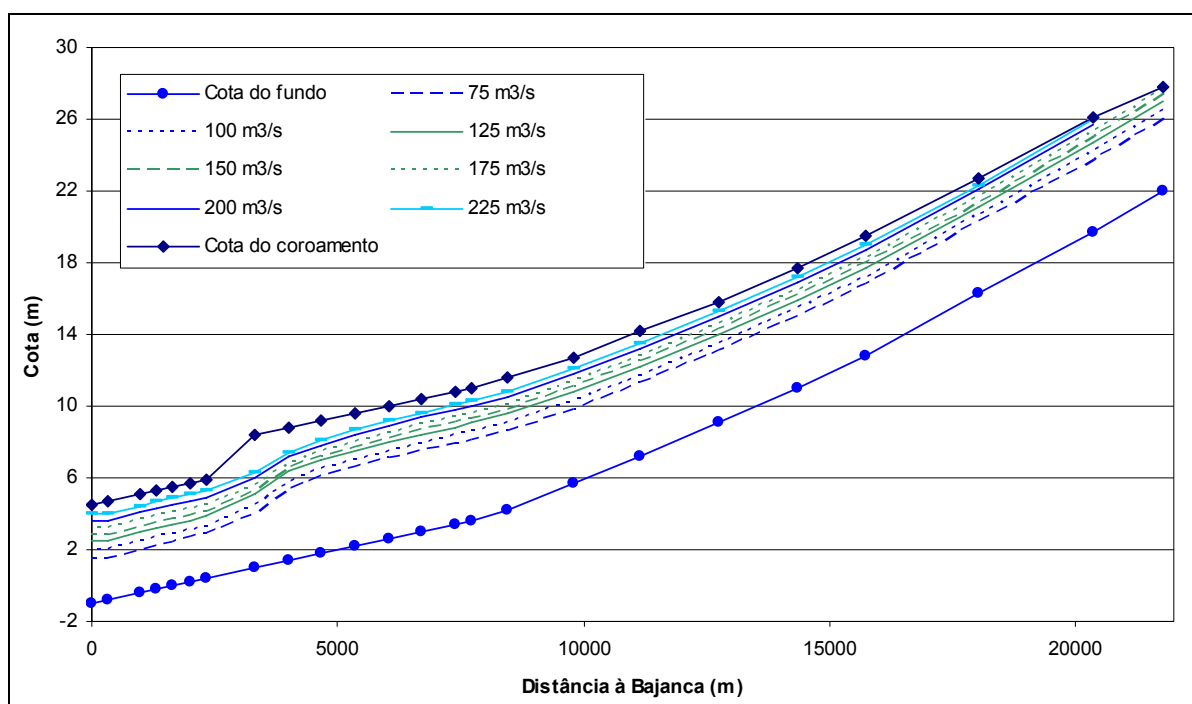


Gráfico A7 - Curvas de regolho das simulações no modelo com vários caudais

ANEXO C – ELEMENTOS TOPOGRÁFICOS

ANEXO D – LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS CHEIAS NO VALE DO LIS EM OUTUBRO 2006 (COM O APOIO DOS ELEMENTOS FORNECIDOS PELA COMISSÃO ADMINISTRATIVA DA ARBVL)

ANEXO E – FIGURAS